

Ядерные испытания СССР

Мирные ядерные взрывы

ИЗДАТ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ
ПРИ МИНИСТЕРСТВЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

МИРНЫЕ ЯДЕРНЫЕ ВЗРЫВЫ

Обеспечение общей и радиационной безопасности
при их проведении

ФАКТЫ
СВИДЕТЕЛЬСТВА
ВОСПОМИНАНИЯ

Москва

ИздАТ

2001

Посвящается российским женщинам -
матерям, женам и подругам, участвовавшим
и неучаствовавшим в проведении ядерных
испытаний и мирных ядерных взрывов, но
всегда ждавших нас дома с любовью и заботой

Монография "Мирные ядерные взрывы: обеспечение общей и радиационной безопасности при их проведении" подготовлена под руководством профессора В.А. Логачева редакционной группой, состоящей из специалистов Федерального управления медико-биологических и экстремальных проблем при Министерстве здравоохранения Российской Федерации, Министерства Российской Федерации по атомной энергии, Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и других ведомств.

Состав редакционной группы: Н.П. Волошин, Ю.В. Дубасов, Э.П. Корнилович, Б.В. Литвинов, В.А. Логачев, А.М. Матушенко, Л. А. Михалихина-Логачева, К.В. Мясников, В.Д. Рева, А.К. Седнев, Ю.А. Трутнев, А.К. Чернышев, О.И. Шамов.

При подготовке монографии использованы материалы, в разработке которых принимали участие: В.Б. Адамский, В.В. Адушкин, Н.В. Безумов, А.К. Гуськова, В.И. Жучихин, А.Б. Иванов, Ю.А. Израэль, К.К. Кадыржанов, В.В. Касаткин, В.И. Кацапов, О.Л. Кедровский, В.И. Клишин, А.П. Коренков, А.С. Кривохатский, В.М. Лоборев, П.Б. Малахов, В.Н. - Михайлов, Н.К. Приходько, В.Г. Савоненков, Н.В. Скирда, Н.В. Сковородкин, Ю.С. Степанов, Е.Д. Стукин, С.Г. Чухин.

Предоставили материалы с воспоминаниями и дали комментарии: Е.Б. Антипин, Д.Г. Гильманов, В.И. Казаков, В.М. Михайлов, С.Г. Смагулов, И.Ф. Турчин, Г.А. Цырков.

Эксперты: В.Д. Ахунов, А.П. Васильев, И.Я. Василенко, М.Л. Глинский, М.И. Гнеушев, А.А. Искра, Ю.А. Наглис, С.А. Орлов, Ю.Н. Смирнов, Д.С. Степулло, В.И. Федин.

УДК 621.039.9
ББК 31.4
М 63

М 63 **Мирные ядерные взрывы: обеспечение общей и радиационной безопасности при их проведении.** / Кол. авторов под рук. проф. В.А. Логачева — М.: Изд.АТ, 2001. — 519 с., ил.

ISBN 5-86656-116-6

Монография, посвященная проблеме обеспечения общей и радиационной безопасности при подготовке и проведении в 1965-1988 гг. на территории бывшего СССР подземных ядерных взрывов для различных промышленных целей, подготовлена специалистами ряда министерств и ведомств Российской Федерации - непосредственными участниками происходивших событий. В процессе работы над монографией были использованы архивные материалы с результатами радиозоологических обследований объектов окружающей среды, которые проводились в течение длительного времени.

Книга подготовлена и издана при содействии руководства Минатома России и Федерального управления "Медбиоэкстрем".

Для широкого круга читателей

УДК 621.039.9
ББК 31.4

ISBN 5-86656-116-6

© Авторы, 2001
© Оформление ИздАТ, 2001

Настоящее издание по своему замыслу должно дополнить сведения, изложенные в серии книг "Ядерные испытания СССР", в монографиях "Семипалатинский полигон: обеспечение общей и радиационной безопасности ядерных испытаний" (издание 1997 г.), "Новоземельский полигон: обеспечение общей и радиационной безопасности ядерных испытаний" (издание 2000 г.), а также в книге "Мирное использование подземных ядерных взрывов. Справочная информация" (издание 1994 г.).

В монографии "Мирные ядерные взрывы: обеспечение общей и радиационной безопасности при их проведении" по возможности объективно и исторически последовательно изложены весьма сложные вопросы, которые имели самое непосредственное отношение к проблеме обеспечения радиационной безопасности в период разработки специальных ядерных технологий и их применения в мирных целях. При подготовке монографии было использовано большое количество различных архивных материалов - это научные отчеты, данные радиоэкологических обследований, результаты физических и медико-биологических исследований, официальные и другие документы, имеющие отношение к рассматриваемой проблеме, а также материалы с воспоминаниями участников работ, связанных с использованием ядерно-взрывных технологий в промышленных целях. Необходимо отметить, что очень интересные материалы содержатся в главе 3 "Разработка специальных ядерных зарядов, предназначенных для использования в промышленных целях", которая подготовлена академиком Российской АН Б.В. Литвиновым - главным конструктором ядерных зарядов, создаваемых в Российском Федеральном ядерном центре - ВНИИТФ.

Авторы старались вести повествование таким образом, чтобы данная книга была интересна не только тем, кто участвовал в подготовке и проведении мирных ядерных взрывов, но и широкому кругу читателей. Большинство авторов верит в то, что накопленный богатый опыт использования в промышленности экономически выгодных и экологически приемлемых ядерно-взрывных технологий будет использован в будущем во благо мира и прогресса.

Подготовка и издание монографии осуществлены при финансовой поддержке Минздрава России и Минатома России, при непосредственной помощи издательства "ИздАТ", руководимого Г.Г. Малкиным.

Монография, содержащая сведения о реализации разработанной в бывшем СССР Государственной программы №7 "Ядерные взрывы для народного хозяйства", завершает серию книг, посвященных такой важной проблеме, как обеспечение общей и радиационной безопасности при использовании ядерно-взрывных технологий не только в интересах создания ядерного щита Родины, но и в промышленных и научных целях.

Книга в целом или какая-нибудь ее часть не может быть воспроизведена электронными, механическими, фотокопировальными или другими средствами без юридического разрешения издателя.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----------|
| ПРЕДИСЛОВИЕ..... | 11 |
| ВВЕДЕНИЕ..... | 18 |
| ЧАСТЬ I. ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ МИРНОГО (ПРОМЫШЛЕННОГО) ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ | 27 |
| Глава 1. | |
| Характеристика программ мирного использования ядерной энергии и основные особенности их реализации в СССР и США | 29 |
| 1.1. Исторические аспекты | 29 |
| 1.2. Основы концепции мирного использования ядерной энергии в СССР | 34 |
| 1.2.1. Классификация мирных ядерных взрывов | 36 |
| 1.2.2. Программа СССР | 37 |
| 1.2.3. Принципы обеспечения безопасности при проведении мирных ядерных взрывов | 49 |
| 1.2.4. Обеспечение радиационной безопасности при проведении взрывов | 51 |
| 1.2.5. Обеспечение радиационной безопасности при освоении объектов, созданных с помощью ядерных взрывов | 52 |
| 1.2.6. Радиационное и технологическое состояние эксплуатируемых объектов | 53 |
| 1.2.7. Радиационное и технологическое состояние законсервированных и закрытых объектов | 55 |
| 1.2.8. Основы нормативно-правовой базы в области использования в Российской Федерации ядерно-взрывных технологий в мирных целях | 56 |
| 1.2.9. О некоторых недостатках советской программы мирного использования ядерных взрывов | 58 |
| 1.3. Программа мирного использования ядерной энергии в США .. | 59 |
| 1.3.1. Разработка специальных ядерных зарядов | 61 |
| 1.3.2. Проекты промышленного использования ядерных взрывов | 69 |
| Литература к главе 1 | 74 |
| Глава 2. | |
| Общая характеристика промышленных ядерных взрывов. Основные принципы обеспечения сейсмической и радиационной безопасности ... | 77 |
| 2.1. Классификация промышленных подземных ядерных взрывов | 78 |
| 2.2. Развитие камуфлетных ядерных взрывов и основные последствия их проведения | 82 |
| 2.2.1. Виды энергии, выделяемой взрывом, и последовательность воздействия их на окружающую среду | 83 |
| 2.2.2. Фазы развития камуфлетных ядерных взрывов | 84 |
| 2.2.3. Влияние электрической поляризации горных пород на их фильтрационные свойства | 88 |
| 2.2.4. Механическое преобразование горных пород | 90 |
| 2.2.5. Тепловое возмущение | 92 |
| 2.2.6. Образование новых химических веществ | 92 |
| 2.2.7. Сейсмическое возмущение среды | 95 |
| 2.2.8. Принципы обеспечения радиационной безопасности при проведении камуфлетных ядерных взрывов | 99 |

| | |
|---|-----|
| 2.3. Особенности развития подземных ядерных взрывов наружного действия | 106 |
| 2.3.1. Механизм образования воронки взрыва | 107 |
| 2.3.2. Особенности обеспечения радиационной безопасности при проведении экскавационных взрывов | 111 |
| Литература к главе 2 | 113 |
| Глава 3. | |
| Разработка специальных ядерных зарядов, предназначенных для использования в промышленных и научных целях | 115 |
| 3.1. Что такое "ядерное взрывное устройство" | 116 |
| 3.2. Задачи создания ядерных взрывных устройств для промышленного применения | 117 |
| 3.3. Технические требования к ядерным взрывным устройствам .. | 120 |
| 3.4. Ядерные взрывные устройства, применяемые при подземных ядерных взрывах наружного действия | 134 |
| 3.5. Ядерные взрывные устройства для камуфлетных взрывов | 143 |
| 3.6. Полигонная отработка ядерных зарядов для ЯВУ всех типов .. | 147 |
| 3.7. Лабораторно-конструкторская отработка ядерных зарядов для ЯВУ промышленного назначения | 151 |
| 3.8. Обеспечение безопасности при транспортировке ЯВУ и подготовке их к применению на месте взрыва | 153 |
| Литература к главе 3 | 165 |

ЧАСТЬ II. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСКАВАЦИОННЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ

| | |
|--|-----|
| Глава 4. | |
| Основы радиационной безопасности при проведении подземных ядерных взрывов с выбросом грунта | 169 |
| 4.1. Закономерности формирования следа радиоактивного загрязнения | 170 |
| 4.1.1. Свойства радиоактивных выпадений | 171 |
| 4.1.2. Степень радиационной опасности в период формирования следа | 178 |
| 4.2. Концепции радиационной безопасности и охраны окружающей среды | 183 |
| 4.3. Система обеспечения радиационной безопасности | 187 |
| 4.4. Зоны радиационного воздействия | 190 |
| 4.5. Контроль за радиационной обстановкой на территории СССР .. | 194 |
| Литература к главе 4 | 197 |
| Глава 5. | |
| Радиационная обстановка после проведения первого опытно- промышленного взрыва "Чаган" и особенности обеспечения безопасности населения и персонала | 199 |
| 5.1. Основные характеристики взрыва "Чаган" | 202 |
| 5.2. Обеспечение безопасности при проведении эксперимента "Чаган" | 210 |
| 5.3. Принципы защиты населения | 219 |
| 5.4. Характеристика частиц радиоактивных выпадений и их распределение на местности | 221 |
| 5.4.1. Структура радиоактивных частиц | 222 |
| 5.4.2. Пространственное распределение радиоактивных продуктов | 223 |

| | |
|--|-----|
| 5.5. Радиационно-гигиеническая обстановка на радиоактивном следе | 226 |
| 5.5.1. Общая характеристика радиационно-гигиенической обстановки | 226 |
| 5.5.2. Особенности радиоактивного загрязнения растительности | 228 |
| 5.5.3. Радиоактивное загрязнение животных | 229 |
| 5.6. Дозы облучения населения, проживавшего на загрязненной территории | 231 |
| 5.6.1. Дозы внешнего облучения | 231 |
| 5.6.2. Дозы внутреннего облучения | 233 |
| 5.7. Обеспечение безопасности и основные гигиенические аспекты создания водохранилища | 235 |
| 5.7.1. Строительство канала | 236 |
| 5.7.2. Содержание радионуклидов в воде водохранилища | 238 |
| 5.7.3. Содержание радионуклидов в пробах донных отложений, рыбы и водоплавающей птицы | 241 |
| 5.8. К вопросу о рекультивации и придании статуса памятника территории искусственно созданного объекта "Чаган" | 242 |
| Литература к главе 5 | 245 |

Глава 6.

| | |
|--|-----|
| Особенности обеспечения безопасности при проведении отдельных подземных ядерных взрывов наружного действия | 249 |
| 6.1. Одиночные подземные ядерные взрывы с выбросом грунта | 250 |
| 6.1.1. Взрыв в скважине 1003 | 250 |
| 6.1.2. Взрыв "Телькем-1" | 265 |
| 6.2. Групповые подземные ядерные взрывы с выбросом грунта | 268 |
| 6.2.1. Взрыв "Телькем-2" | 269 |
| 6.2.2. Взрыв "Тайга" | 271 |
| 6.3. Ядерные взрывы неполного камуфлетного действия | 277 |
| 6.3.1. Взрыв "Кристалл" | 278 |
| 6.3.2. Взрыв "Лазурит" | 282 |
| 6.3.3. Провальные воронки на полуострове Мангышлак | 283 |
| Литература к главе 6 | 285 |

| | |
|--|------------|
| ЧАСТЬ III. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ ВНУТРЕННЕГО ДЕЙСТВИЯ | 287 |
|--|------------|

Глава 7.

| | |
|--|-----|
| Подземные ядерные взрывы для создания полостей-хранилищ | 288 |
| 7.1. Краткая характеристика подземных ядерных взрывов и районов, в которых создавались полости-хранилища | 289 |
| 7.1.1. Солянокупольное месторождение Большой Азгир | 294 |
| 7.1.2. Месторождение в Оренбургской области | 297 |
| 7.1.3. Астраханское газоконденсатное месторождение | 299 |
| 7.1.4. Карачаганакское месторождение в Казахстане | 299 |
| 7.2. Особенности радиационной обстановки в период проведения ядерных взрывов | 300 |
| 7.2.1. Контроль радиационной обстановки в эпицентральной и ближней зонах взрыва | 301 |
| 7.2.2. Измерение уровней радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды | 303 |

| | |
|--|-----|
| 7.2.3. Результаты оценки последствий подземных ядерных взрывов по данным наблюдений. Нештатные радиационные ситуации | 305 |
| 7.3. Радиационная обстановка при проведении работ по промышленному освоению центральных зон взрывов | 312 |
| 7.3.1. Период вскрытия полости и выпуска в атмосферу находящихся в ней газов | 313 |
| 7.3.2. Бурение в полость взрывов и обследование полостей | 320 |
| 7.3.3. Образование радиоактивных отходов и пути их удаления .. | 323 |
| 7.4. Радиационная обстановка на объекте "Галит" после проведения на его площадках повторных взрывов и исследовательских работ | 324 |
| 7.4.1. Повторные взрывы и экспрессный отбор газовых проб.... | 324 |
| 7.4.2. Радиоактивные отходы и их хранение на объекте "Галит" ... | 328 |
| 7.5. Радиационные аспекты эксплуатации подземных полостей-хранилищ | 329 |
| Литература к главе 7 | 333 |
| Глава 8. | |
| Обеспечение безопасности при проведении работ по глубинному сейсмическому зондированию земной коры с использованием ядерно-взрывных технологий | 335 |
| 8.1. Основные особенности проведения работ по сейсмическому зондированию земной коры | 336 |
| 8.2. Объект "Глобус-1" | 342 |
| 8.3. Объект "Кратон-3" | 347 |
| Литература к главе 8 | 354 |
| Глава 9. | |
| Обеспечение безопасности при проведении подземных ядерных взрывов для интенсификации добычи нефти и газа, а также тушения газовых фонтанов | 356 |
| 9.1. Особенности технологии осуществления ядерных взрывов | 358 |
| 9.2. Интенсификация добычи нефти и газа с помощью ядерных взрывов | 361 |
| 9.2.1. Объект "Бутан" | 361 |
| 9.2.2. Объект "Грифон" | 365 |
| 9.2.3. Объекты "Бензол" и "Ангара" | 367 |
| 9.2.4. Объект "Гелий" | 367 |
| 9.2.5. Проект "Нева" | 368 |
| 9.2.6. Проект "Тахта-Кугульта" | 372 |
| 9.3. Перекрытие скважин аварийных газовых фонтанов | 373 |
| 9.3.1. Объект "Урта-Булак" | 375 |
| 9.3.2. Объект "Памук" | 379 |
| 9.3.3. Объекты "Кратер" и "Факел" | 382 |
| 9.3.4. Объект "Пирит" | 382 |
| 9.4. Радиационная опасность эксплуатации объектов топливно-энергетического комплекса | 384 |
| 9.4.1. Добыча нефти | 385 |
| 9.4.2. Добыча и сжигание газа | 385 |
| 9.4.3. Угольный топливный цикл | 386 |
| Литература к главе 9 | 388 |

Глава 10.

| | |
|--|-----|
| Обеспечение радиационной безопасности при проведении ядерных взрывов для дробления рудных тел, предотвращения выбросов угля и газа, а также захоронения жидких промышленных отходов в подземных горизонтах | 390 |
| 10.1. Опыты по самозахоронению радиоактивных продуктов взрывов и основные результаты экспериментов "Днепр" | 391 |
| 10.1.1. Обеспечение радиационной безопасности при проведении опытов "Днепр-1" и "Днепр-2" | 392 |
| 10.1.2. Радиационная обстановка на объектах "Днепр" после взрывов | 397 |
| 10.1.3. Современное состояние объектов "Днепр" | 400 |
| 10.2. Обеспечение радиационной безопасности при проведении работ по предотвращению выбросов угля и газа | 401 |
| 10.2.1. Проблемы аварийности на угольных шахтах | 402 |
| 10.2.2. Радиационная обстановка на объекте "Кливаж" | 402 |
| 10.3. Особенности использования ядерно-взрывных технологий при захоронении опасных промстоков | 407 |
| 10.4. Результаты работ по захоронению промстоков | |
| 10.4.1. Объект "Кама-2" | 411 |
| 10.4.2. Объект "Кама-1" | 415 |
| 10.5. Кратко о быте участников работ, связанных с проведением промышленных ядерных взрывов | 417 |
| Литература к главе 10 | 423 |

Глава 11.

| | |
|--|-----|
| Нереализованные проекты | 425 |
| 11.1. Проект проведения подземных ядерных взрывов для вскрышных работ на Удоканском месторождении меди | 426 |
| 11.2. Проект проведения подземных ядерных взрывов для уничтожения химических и радиоактивных отходов | 428 |
| Литература к главе 11 | 435 |

Глава 12.

| | |
|---|-----|
| Оценка степени влияния промышленных ядерных взрывов на здоровье персонала и населения | 436 |
| 12.1. Социальная и экономическая значимость здоровья. Показатели здоровья | 437 |
| 12.2. Основные факторы риска | 442 |
| 12.2.1. Радиационный риск | 443 |
| 12.2.2. Риски, связанные с нерадиационными факторами | 449 |
| 12.3. О возможном влиянии мирных ядерных взрывов на здоровье человека | 460 |
| 12.4. Вопросы социальной защиты участников работ, связанных с проведением промышленных подземных ядерных взрывов, и населения | 463 |
| Литература к главе 12 | 467 |

| | |
|------------------|-----|
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 470 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ | 477 |

ПРЕДИСЛОВИЕ

ЗАМЕСТИТЕЛЯ МИНИСТРА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
ПРОФЕССОРА Г.М. ПЕТРОВА

Ушел XX век - столетие, которое было ознаменованно не только великими открытиями в различных областях науки и техники, но, к сожалению, и разрушительными войнами, природными катаклизмами, различного рода авариями, неизвестными ранее болезнями... Этот век стал веком развития ядерной энергетики, веком создания ядерного оружия - самого разрушительного оружия за все время существования человечества, веком испытания этого вида оружия и даже его применения, веком использования ядерно-взрывных технологий в промышленных целях... В значительной степени все это определило тот большой интерес, который проявляется в мире к истории развития атомной науки и техники, а также к возможным последствиям для окружающей среды и здоровья населения применения ядерно-взрывных технологий как в целях совершенствования ядерного оружия, так и в народнохозяйственных целях.

Кроме того, XX век характеризовался периодом длительного напряжения в международных отношениях - периодом холодной войны, с окончанием которой появилась возможность перейти от обсуждения важности проблемы ядерных вооружений к решению таких вопросов, как возможность использования подземных ядерных взрывов в промышленности.

Как известно, наиболее обширные программы применения ядерно-взрывных технологий в мирных целях разрабатывались в бывшем СССР и в США. Большинство проектов, входивших в такие программы, были успешно реализованы в этих странах, а полученные результаты привлекли внимание широкой международной общественности.

Первые подземные ядерные взрывы были осуществлены на рубеже 50-60-х годов в США, а затем и в СССР. В ходе их проведения была получена обширная информация о физике воздействия взрыва на окружающую среду, выявлены основные закономерности, сопровождавшие эти взрывы, а также определены объемы необходимых мероприятий, способных обеспечить безопасность использования подземных ядерных взрывов в народном хозяйстве. Так, идеи применения ядерно-взрывных технологий в различных отраслях промышленности приобрели аргументированную научно-техническую базу.

Большой объем промышленного строительства в бывшем СССР, тяжелый труд освоения крупнейших месторождений полезных ископаемых в малонаселенных регионах, необходимость создания водоемов в засушливых районах страны и многие другие виды работ требовали разработки и применения новых технологий, в

частности, и ядерно-взрывных. Приобретенный к середине 60-х годов опыт в подготовке и проведении крупномасштабных взрывов химических ВВ и подземных испытаний ядерного оружия создали широкие предпосылки для успешного использования подземных ядерных взрывов в промышленных целях.

Известный ученый в области теоретической физики и создатель мощного термоядерного заряда Андрей Дмитриевич Сахаров в сборнике "Наука будущего. Некоторые прогнозы о перспективах развития науки" (1966 г.), вышедшем ограниченным тиражом, с оптимизмом писал о перспективах мирного использования подземных ядерных взрывов. Он был полон оптимизма и веры в то, что с помощью таких взрывов реализация проектов создания искусственных водохранилищ и подземных хранилищ, освоения месторождений полезных ископаемых и других интересных и важных для народного хозяйства страны проектов станет реальностью. Так, двадцатью годами позже А. Д. Сахаров предложил использовать сверхмощные подземные термоядерные взрывы для предотвращения возникновения возможных катастрофических землетрясений и снятия в земной коре опасных или критических напряжений.

Однако в 80-е годы в связи с подготовкой "Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний" проблема мирного использования ядерных взрывов становится больше политической, чем научной или технической. Все работы по разработке и реализации программ использования ядерно-взрывных технологий в целях народного хозяйства были остановлены, причем даже несмотря на то, что уже были получены результаты, подтверждающие перспективность становления таких технологий.

Настоящая монография подготовлена по результатам изучения, обобщения и анализа обширного архивного материала, содержащего сведения о проводимых в бывшем СССР промышленных подземных ядерных взрывах. В ней представлена объективная информация, характеризующая различные стороны истории подготовки и реализации программы мирного использования ядерно-взрывных технологий в Советском Союзе, а также осуществления при этом основных мероприятий, обеспечивающих общую и радиационную безопасность населения и персонала.

В авторский коллектив, руководимый профессором В.А. Логачевым, вошли специалисты Министерства Здравоохранения России и Министерства Российской Федерации по атомной энергии, которые, используя результаты научных исследований и архивные данные, сумели в полной мере изложить основные научно-технические факты из истории применения ядерных взрывов в мирных целях.

В монографии, состоящей из 12 глав, приводятся данные о разработанных в СССР и США программах мирного использования ядерной энергии и об особенностях реализации этих программ. В ней отмечается, что в период реализации программы применения

ядерно-взрывных технологий в мирных целях для проведения каждого промышленного ядерного взрыва создавалась Государственная комиссия, основной задачей работы которой было обеспечение общей и радиационной безопасности населения и персонала. В состав Комиссии обязательно входил представитель Минздрава СССР, в основном это были специалисты бывшего 3-го Главного управления при Минздраве СССР (ныне Федеральное управление медико-биологических и экстремальных проблем при Минздраве Российской Федерации) или Института биофизики Минздрава СССР (ныне ГНЦ-Институт биофизики). Представитель Минздрава СССР контролировал решение всех вопросов, связанных с обеспечением радиационной безопасности и оказанием в случае необходимости медицинской помощи населению и персоналу.

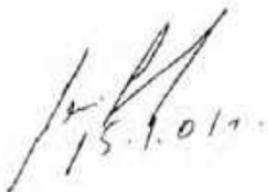
При проведении промышленных подземных ядерных взрывов вполне обоснованно считалось, что уровень безопасности, необходимый для защиты человека, является достаточным для защиты других живых существ и растений (фауны и флоры), а также окружающей среды от радиоактивного загрязнения.

В одной из последних глав монографии представлены материалы с результатами оценки степени влияния проведенных в СССР промышленных подземных ядерных взрывов на здоровье населения и персонала. В ней отмечается, и это следует признать, что в последние годы на здоровье населения России оказывает влияние целый комплекс негативных факторов, среди которых ухудшение социально-экономических условий и состояния окружающей среды, увеличение стрессовых ситуаций и многие другие. Поэтому важно понимать, что каждый человек должен внимательно относиться к своему здоровью и стараться побеждать болезнь в самом ее начале, для чего необходимо своевременно обращаться к врачу, который может оказать квалифицированную помощь или дать необходимые рекомендации.

На все вопросы о степени влияния промышленных ядерных взрывов на здоровье населения отвечает данная монография, которая является третьей в ряду изданий, посвященных проблемам безопасности применения ядерно-взрывных технологий, из них первые две были посвящены обеспечению безопасности при проведении ядерных испытаний на Семипалатинском и Новоземельском полигонах.

Следует поддержать инициативу руководства Федерального управления "Медбиоекстрем" в подготовке монографии о мирных ядерных взрывах и обеспечении безопасности при их осуществлении.

Авторам монографии желаю крепкого здоровья и дальнейших творческих успехов!



15.1.017

ПРЕДИСЛОВИЕ

ЗАМЕСТИТЕЛЯ МИНИСТРА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО АТОМНОЙ
ЭНЕРГИИ, ПРОФЕССОРА В.А. ЛЕБЕДЕВА

Проблема влияния на окружающую среду механических и радиационных факторов ядерных взрывов всегда была острой и требовала проведения широких скоординированных научных исследований, а также пристального внимания руководителей, призванных принимать обоснованные решения при реализации проектов использования ядерно-взрывных технологий (ЯВТ) в промышленных целях, то есть в рамках выполнения Государственной программы № 7 "Ядерные взрывы для народного хозяйства". При этом особое внимание приходилось уделять решению социальных проблем, актуальность которых остается и сегодня, несмотря на практическое закрытие этой Программы, которая выполнялась в СССР в 1965-1988 гг.

Академик Юлий Борисович Харитон очень образно отобразил свою позицию по вопросу мирного использования ядерных взрывов: *"Мне довелось видеть не в кино, а наяву ядерный взрыв. Это был ад... И американские физики, описывающие первые испытания ядерного оружия, подчеркивали, что им было очень страшно... Много лет я занимался взрывами... И дело не в страхе; не забывайте, что у нас была сверхзадача: в кратчайшие сроки создать оружие, которое смогло бы защитить нашу Родину! Когда удалось решить эту проблему, мы почувствовали облегчение, даже счастье - ведь, овладев таким оружием, мы лишали возможности применить его против СССР безнаказанно, а значит оно служило миру и безопасности. Все, кто принимал участие в "урановом проекте", не считались ни со временем, ни с силами, ни с трудностями..."*

Ну, а ядерный взрыв? У него есть и мирные профессии. Он способен созидать - с его помощью можно делать подземные хранилища, укрощать газовые фонтаны, создавать в пустынях искусственные водоемы и многое другое..."

И такие проекты "полезных дел подземных ядерных взрывов" разрабатывались, проверялись и выполнялись в США (Программа "Плашсер"- "Лемех", 1961-1973 гг.) и в СССР (Государственная программа № 7, 1965-1988 гг.).

В 2000 г. в Москве во Дворце науки Российской Академии Наук состоялись две знаковые международные конференции: 24-26 апреля "Радиоактивность при ядерных взрывах и авариях" и 28 ноября-2 декабря "Радиоактивное наследие XX века. Восстановление окружающей среды" (RADLEG-2000). На пленарных и секционных заседаниях обеих конференций обсуждались высококвалифицированно и заинтересованно ключевые вопросы, в том числе

и связанные с последствиями использования ядерно-взрывных технологий в промышленных целях.

В этой связи основные фрагменты настоящей книги, иллюстрирующие отношение ее авторов к проблеме обеспечения общей и радиационной безопасности при проведении мирных ядерных взрывов, были признаны соответствующими уровню современных воззрений и научно-технических решений. Вместе с тем, было отмечено, что для оценки долговременных последствий в районах проведения мирных ядерных взрывов (МЯВ) предстоит еще выполнить целый ряд радиоэкологических исследований, ибо уникальное "радиационное наследство" - это серьезная и не очень простая проблема для ряда конкретных объектов, созданных с помощью ядерных взрывов.

В настоящее время известно более 3000 публикаций по вопросам МЯВ, в числе которых особо следует отметить первый сборник "Мирное использование ядерных взрывов. Справочная информация., 1994 г.", положивший начало обобщению информации в этой сфере деятельности многих НИИ и КБ из разных министерств и ведомств СССР (Мингео, Миннефтепром, Мингазпром, Минсредмаш, Минэнерго, Минцветмет, Минхимпром, Минудобрений, Минуглепром). В этом сборнике впервые были опубликованы сведения о МЯВ, осуществленных в различных регионах СССР. Так, на территории Российской Федерации было произведено 80 мирных ядерных взрывов, Казахстана - 39, по два взрыва на территориях Узбекистана и Украины и один взрыв в Туркмении. С помощью этих взрывов были решены задачи по 12 промышленным, опытным и научно-практическим направлениям: глубинное сейсмозондирование земной коры, интенсификация добычи нефти и газа, создание подземных емкостей-хранилищ высокотоксичных промышленных отходов, тушение газовых фонтанов, дробление массивов руды и масштабные вскрышные работы, создание водоемов...

Выход данной книги, написанной в стиле научно-публицистического жанра, - это еще одна возможность развенчать "миф" о том, что в отношении МЯВ сохраняется до настоящего времени излишняя секретность. Вдумчивый читатель несомненно отметит как положительный факт не только освещение этого вопроса, но также такой важной проблемы, имеющей социальный аспект, как степень негативных воздействий МЯВ непосредственно в период их проведения в различных условиях. В книге на многие вопросы даны объективные и достоверные ответы. И это очень важно, если развивать тему о МЯВ, задаваясь сейчас, возможно, философским вопросом: "Быть или не быть?", то есть вопросом: есть ли будущее у проектов использования ядерных взрывов в народнохозяйственных целях?.. В этой связи следует вспомнить 1996 г. На проходившей 23-27 сентября 1996 г. в г.Снежинске в РФЯЦ-ВНИИТФ между-

народной научной конференции "Космическая защита Земли" широко обсуждалась возможность организации системы защиты нашей Планеты от опасных космических объектов (ОКО), основанной именно на использовании энергии ядерных взрывов в космическом пространстве для разрушения или отклонения ОКО.

Известны также предложения ученых РФЯЦ-ВНИИЭФ использовать энергию подземных ядерных взрывов для уничтожения запасов химического оружия, а специалистов ЦФТИ МО РФ - для захоронения радиоактивных отходов атомной энергетики. Кроме того, в РФЯЦ-ВНИИТФ предлагают для получения тепловой и электрической энергии периодически проводить ядерные взрывы с термоядерной реакцией дейтерия...

Потребностей в МЯВ можно назвать много, но и проблем также не счесть. Поэтому мировое сообщество столь осторожно и весьма корректно зафиксировало в Договоре о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ) ряд положений. Например, в соответствии со статьей VIII предусматривается проведение каждые 10 лет конференций по рассмотрению действия ДВЗЯИ, на которых по просьбе любого участника может быть принята рекомендация о внесении поправки к Договору, которая разрешила бы проведение МЯВ, но при исключении получения военных выгод от такого взрыва.

Согласно статье VII поправка к Договору принимается консенсусом.

Этот Договор 24 сентября 1996 г. был открыт для подписания. В Российской Федерации он был ратифицирован 27 мая 2000 г.

В принятом на 8-ом пленарном заседании Межпарламентской Ассамблеи государств-участников СНГ Рекомендательном законодательном акте "Об экологической безопасности" (Постановление МПА от 2 ноября 1996 г. № 8-12) в главе VI, статье 14 записано: *"Органам государственной власти, органам местного самоуправления и их должностным лицам запрещается принимать и реализовывать решения, допускающие осуществление экологически опасной деятельности, в том числе: проведение ... ядерных взрывов в мирных целях, ... за исключением случаев, установленных международными договорами государств в области экологической безопасности"* (Информ. бюлл. МПА, 1997, № 12, с. 215.). Так что дело здесь состоит в подготовке надлежащих предложений для Конференции государств-участников ДВЗЯИ.

Можно полагать, что наиболее заинтересованные в этом ученые, специалисты, государственные деятели сохранят оптимизм в отношении положительного решения "проблемы МЯВ". По этому поводу академик Борис Васильевич Литвинов высказал следующее на Слушаниях Всемирного Русского Народного Собора, проходившего в Москве 12 ноября 1996 г.: *"...А мы, работая над*

ядерным арсеналом, думали и о том, как его применять в мирных целях, и в этой области тоже многое сделали. В этой области нас тоже очень многое отличает от американцев. Они покрутились только немного возле мирного применения и бросили, а после говорили в переговорах 70-х годов и сейчас говорят: "Это выгодно вам, значит, не выгодно нам, и мы будем все время возражать против мирных ядерных взрывов". А это ведь огромный потенциал развития!.. Достаточно сказать, что нам постоянно угрожает астероидная опасность, и нет другого способа с этим бороться, как только с помощью ядерных средств. То есть, у ядерного оружия есть увлекательная перспектива: работать на человечество, на людей, на Россию!"

Прошло чуть более 35 лет со времени проведения в СССР первого опытно-промышленного ядерного взрыва (15 января 1965 г.) для создания в засушливой казахстанской степи необыкновенного полноводного водоема с поэтическим названием "Озеро Чаган". Отрадно отметить, что это озеро вошло в историю как музейный объект техносферной деятельности в области ЯВТ, включенный в реестр памятников атомной науки и техники (См. "Памятники науки и техники отечественной атомной отрасли". М.: Мемориальный гуманитарный фонд, "Знание", 1999.) в соответствии с рекомендациями российских и казахстанских ученых, опубликованными в 1994 г. в сборнике № 6 "Известия Национальной Академии Наук Республики Казахстан".

В заключении хотелось бы пожелать, чтобы эта книга о МЯВ нашла признательность у читателей, причем не только у тех, кто разделяет мнение о полезности и перспективности использования мирных ядерных взрывов, но и у тех, кому это мнение чуждо по разным причинам. Поэтому, возвращаясь к словам патриарха ядерных дел Ю. Б. Харитона, хочется согласиться с оптимизмом и его, и компетентных авторов книги, основанном на вере в то, что могучая и управляемая умными людьми энергия ядерных взрывов будет востребована и полезна всем как элемент высоких технологий... Пусть будет атом рабочим, а не солдатом.

Желаю также, чтобы воплотился замысел авторов о подготовке еще одной книги, посвященной проблеме долговременного состояния объектов, созданных с использованием ядерно-взрывных технологий, а также результатам радиоэкологического мониторинга и реабилитации зон проведения МЯВ. Этот опыт очень необходим, поскольку международный консенсус будет несомненно достигаться с его учетом. Желаю успехов в стольком ответственном и нужном деле.

 5.03.01

ВВЕДЕНИЕ

Двадцатый век - уже история. Каким он был? Вопрос, на который каждый человек, проживший большую часть своей жизни в 20 веке, ответит: " Разный. И век революций, и кровопролитных войн, и страшных катастроф, и ...". Но каждый согласится, что это был Век великих открытий, небывалых достижений в науке и технике. В этом Веке атом стал работать на человека, причем его стали использовать не только для создания ядерного оружия, но и заставили работать на благо Мира. Ядерно-взрывные технологии стали использовать в народнохозяйственных целях.

Однако понятие "ядерный взрыв" у большинства людей ассоциируется с ядерным оружием, то есть с тем необходимым злом, которое призвано удерживать мир в состоянии равновесия. Известный ученый, создатель ядерных зарядов, академик РАН, научный руководитель РФЯЦ-ВНИИ экспериментальной физики В.Н. Михайлов по этому поводу заметил: *"Россия - великая держава уже по одной только причине, что у нее есть ядерное оружие. Но есть и другие факторы. Величие России - в ее природных богатствах, в культурном и научном наследии... Любое новшество, связанное с научно-техническим прогрессом, всегда имело двойное использование - военное и гражданское"*. Таким "гражданским" применением ядерных взрывов в бывшем СССР стала реализация государственной программы № 7 "Ядерные взрывы для народного хозяйства".

Следует отметить, что ядерные взрывы для "военных" целей осуществлялись на Семипалатинском и Новоземельском испытательных полигонах, а для промышленных или народнохозяйственных целей - на территориях многих регионов бывшего Советского Союза. В ходе реализации Программы № 7 было осуществлено 124 промышленных ядерных взрыва с подрывом 135 зарядов, при этом 130 ядерных зарядов были взорваны в скважинах, 4 - в штольнях и один заряд - в шахте. Из 124 взрывов, произведенных в СССР, 80 с подрывом в них 84 ядерных зарядов были осуществлены на территории Российской Федерации; 39 взрывов с подрывом 46 зарядов - на территории Казахской ССР, причем из них 7 взрывов (9 зарядов) были произведены на Семипалатинском полигоне; по 2 взрыва - на территориях Украинской ССР и Узбекской ССР и один взрыв - на территории Туркменской ССР. В основном это были камуфлетные взрывы, то есть без выброса в атмосферу радиоактивных продуктов, а значит и без образования локальных следов, и лишь пять взрывов - экскавационные (См. Приложение 1.1.), четыре из которых были произведены на Семипалатинском полигоне ("Чаган", "Сары-Узень", "Телькем-1" и "Телькем-2"). Один подземный взрыв с выбросом грунта

("Тайга"), когда было подорвано сразу 3 ядерных заряда, был осуществлен на территории Российской Федерации на трассе проектируемого, но непостроенного, канала для переброски вод северных рек в бассейн Каспия.

Результаты первого промышленного ядерного взрыва с выбросом грунта, который был произведен 15.01.1965 г. в месте слияния рек Чаган и Аши-Су в урочище Балапан, расположенном на Семипалатинском испытательном полигоне, свидетельствовали о возможности и экономической целесообразности использования подземных ядерных зарядов для создания водохранилищ в засушливых районах страны. Кроме того, стал рассматриваться вопрос о возможности применения экскавационных ядерных взрывов для строительства каналов, проведения вскрышных работ при открытой добычи полезных ископаемых и для других видов работ, а камуфлетных взрывов - для интенсификации добычи нефти и газа, создания подземных полостей для их хранения, ликвидации газовых и нефтяных фонтанов, зондирования земной коры, захоронения опасных промышленных отходов и других видов работ.

Так, с помощью 39 подземных ядерных взрывов была проведена большая работа по глубинному сейсмическому зондированию земной коры в целях поиска структур перспективных ископаемых, 17 взрывов были осуществлены специально для создания подземных резервуаров в залежах каменной соли, 2 взрыва - для захоронения в глубоких геологических формациях биологически опасных промышленных стоков нефтехимических производств, 5 взрывов - для ликвидации аварийных газовых фонтанов. Кроме того, большое количество подземных ядерных взрывов было произведено в опытно-промышленных и опытных целях. Так, из 46 опытно-промышленных взрывов 25 были осуществлены для создания подземных емкостей в различных горных породах и 21 - для интенсификации притоков нефти и газа. Осуществление опытных взрывов было связано с решением таких важных промышленных задач, как дробление руды (2 взрыва), предупреждение внезапных выбросов угольной пыли и метана (1 взрыв), создание плотин рыхлением пород (1 взрыв), создание траншеи-выемки (канала) для переброски воды из одного района в другой (1 взрыв), отработка методов создания провальных воронок для водохранилищ, а также с решением вопросов инженерной сейсмологии (3 взрыва).

По масштабам средств, вложенных в разработку и реализацию программы "Ядерные взрывы для народного хозяйства", по числу министерств, ведомств, научных учреждений, а также по количеству специалистов, участвовавших в работах по выполнению программы, и по полученным в ходе ее реализации результатам эта программа может быть вполне сравнима с космической

программой СССР. Такой программы не было ни у одной ядерной державы мира.

Когда зарубежные специалисты были ознакомлены только с частью этой программы, рассекречивание которой санкционировал первый и последний президент бывшего СССР М.С. Горбачев, то их удивлению не было предела. И это можно понять. Сейсмические станции всего мира регистрировали советские подземные ядерные взрывы, поэтому считалось, что Советский Союз проводит испытания боевых зарядов. Реальные же результаты, полученные в ходе выполнения программы использования ядерно-взрывных технологий в промышленных целях, стали подлинным откровением для мировой общественности.

Иллюстрацией значимости полученных результатов в ходе реализации Программы № 7 могут служить итоги работы Специальной региональной геофизической экспедиции Министерства геологии СССР (в настоящее время это Центр "ГЕОН"), которая была создана в 1968 г. для изучения строения земной коры. Она являлась одним из крупнейших заказчиков проведения ядерных взрывов для сейсмического зондирования земной коры. По заказу этой экспедиции было осуществлено 39 подземных ядерных взрывов на 14 профилях изучения глубинного строения Земли. Эти профили протянулись на 70 тыс. км от побережья Северного Ледовитого океана до южных границ бывшего Советского Союза, от Каспия до Сахалина. В ходе этих работ была получена уникальная информация о геологическом строении огромных территорий. Можно сказать, что в границах бывшего СССР Землю тщательно "прозвонили" вглубь на несколько сот километров.

В ходе изучения глубинного строения земной коры с помощью ядерных взрывов, которые использовались в качестве мощного источника сейсмических колебаний, было подтверждено наличие 10 газовых и газоконденсатных месторождений на 15 разведочных площадках в Енисей-Хатангской впадине и еще 10 месторождений газа и нефти на разбуриваемых площадках Вилуйской синеклизы. За этой информацией после "падения железного занавеса" началась настоящая охота, которая продолжается и в настоящее время. Связано это с тем, что предприниматели сырьевого бизнеса всеми силами стараются получить концессии на разработку нефтяных, газовых, алмазных и прочих месторождений на территориях бывших союзных республик.

Область успешного применения уникальных отечественных ядерно-взрывных технологий в народнохозяйственных целях, естественно, и это отмечалось выше, не ограничивалась только сейсмическим зондированием земной коры. Так, с помощью ядерных взрывов были погашены пять газовых фонтанов, один из

которых на месторождении Урта-Булак, где ежедневно выгорало до 14 млн. м³ газа, не могли погасить в течение трех лет.

Энергия подземного ядерного взрыва была использована для захоронения биологически вредных стоков в глубоко залегающих геологических формациях. Как известно, количество токсичных промышленных отходов с каждым годом растет в геометрической прогрессии, поэтому избавление от вредных стоков является одной из главных задач обеспечения экологической безопасности жителей крупных промышленных центров страны. Большая часть могильников переполнена, может стать так, что в ближайшее десятилетие отходы некуда будет девать. Поэтому, как это не парадоксально, но самым надежным, самым безопасным и экологически чистым способом захоронения токсичных промышленных отходов является способ, основанный на использовании... ядерного взрыва. С помощью подземного ядерного взрыва может быть увеличена зона фильтрации, а это даст возможность значительно увеличить производительность скважин, по которым сточные воды будут закачиваться глубоко под землю. При этом полость взрыва и столб обрушения вместе с зоной трещиноватости станут той зоной фильтрации, которая способна "поглощать" большое количество отходов.

Возможно, такой способ подземного захоронения биологически опасных промышленных отходов в перспективе получит широкое применение. Результаты исследований геологического строения земной коры на значительной части территории Российской Федерации показали, что подземные поглощающие горизонты на глубине 1-2 км могут быть использованы для сооружения таких объектов.

Следует признать, что не всегда применение ядерных взрывов в промышленных целях может быть экономически выгодно. Так, экскавационные ядерные взрывы становятся экономически оправданными только тогда, когда мощность одиночного взрыва превышает 10 кт. Однако при этом возможно выпадение радиоактивных веществ за пределами границ государства, что является нарушением Московского договора 1963 г. Поэтому в начале 70-х годов перестали проводить такие взрывы. Последний промышленный экскавационный ядерный взрыв "Тайга" был осуществлен 23.03.1971 г. в Пермской области на трассе проектируемого Печоро-Колвинского канала.

Не в полной мере оправдали себя ядерные взрывы, предназначенные для дробления апатитовой руды, в частности, в Мурманской области на месторождении Куэльпор. По этому поводу академик РАН В.Н. Михайлов, который в 1992-1998 гг. был министром Российской Федерации по атомной энергии, заметил на встрече представителей движения "Врачи мира против ядерной войны": *"Ожидаемого эффекта не получилось, а радиоактивность осталась"*.

Были недостатки и при реализации проектов, направленных на интенсификацию добычи газонефтяного сырья с помощью подземных ядерных взрывов. Так, на относительно большой площади Осинского нефтяного месторождения после взрыва произошло радиоактивное загрязнение углеводородной продукции и частично воды из подземных источников. Однако, и это необходимо отметить, уровни загрязнения, как правило, не превышали допустимых санитарных норм.

Особое внимание организаторы реализации советской программы использования ядерных взрывов в промышленных целях уделяли вопросам обеспечения безопасности проведения таких взрывов. При создании объектов с помощью подземных ядерных взрывов, прежде всего, необходимо было обеспечить сейсмическую безопасность в населенных пунктах, расположенных вблизи района проведения взрывных работ, а также исключить возможность попадания людей в радиационно опасную зону. Кроме того, необходимо было в течение длительного времени после ввода в действие объектов, созданных с использованием ядерно-взрывных технологий, обеспечивать локализацию в пределах горных массивов различных радиоактивных отходов и продуктов взрыва.

Если проблема сейсмической безопасности решалась достаточно просто, а именно, ограничивалась в основном выбором расстояния от места взрыва до населенных пунктов, обращением к населению о выходе на короткое время из своих домов и, при необходимости, небольшим ремонтом поврежденных строений, то проблема обеспечения радиационной безопасности требовала решения целого ряда сложных задач, даже если проводился определенный проектом камуфлетный ядерный взрыв. Следует отметить, что система обеспечения радиационной безопасности - это комплекс мероприятий по защите населения от воздействия радиации и обязательный контроль за радиационной обстановкой. В этот комплекс входили также разработка мероприятий и их выполнение на всех стадиях технологического процесса, причем учитывался не только нормальный ход этого процесса, но и случаи возникновения аварийных ситуаций. Важным было то, что выполнение мероприятий по обеспечению радиационной безопасности населения осуществлялось под строгим контролем представителей местных санитарных служб и органов власти различного уровня. В целом, концепция безопасности применения ядерных взрывов в промышленных целях базировалась на приемлемости этого вида технологии обществом.

Естественно, в процессе эксплуатации объектов, созданных с помощью ядерных взрывов, величины доз облучения персонала и населения, проживавшего вблизи таких объектов, не должны

были превышать установленные нормы, а уровень радиоактивного загрязнения окружающей среды не превышать санитарные нормативы.

Проблема обеспечения радиационной безопасности при использовании ядерно-взрывных технологий в промышленных целях требовала решения такого важного вопроса, как прогноз поведения долгоживущих радионуклидов в течение длительного времени. Поскольку прогнозировать поведение таких радионуклидов на сто и более лет вперед невозможно, то авторы сошлись во мнении, что в данной монографии сведения об обеспечении радиационной безопасности на объектах, созданных с помощью ядерных взрывов, должны характеризовать эту проблему в основном за период от начала разработки проекта создания объекта и до сдачи его в опытно-промышленную эксплуатацию.

По мнению многих специалистов проблема радиационной защиты при использовании ядерных взрывов в мирных целях - это проблема "малых доз". К "малым дозам" предлагается относить величины эффективных доз до 100 мЗв (10 бэр) при кратковременном облучении и до 200-500 мЗв (20-50 бэр) при хроническом. Дозы облучения ниже указанных величин не могут быть причиной возникновения наследственных нарушений или злокачественных новообразований. Краткие сведения о влиянии малых доз на здоровье людей приведены в главе 12 данной монографии.

Радиационная защита при проведении ядерных взрывов в промышленных целях должна была обеспечиваться выполнением трех важных условий, а именно:

- использованием горного массива в качестве главного защитного барьера и фиксатора активности на длительное время;
- применением специальных ядерных зарядов, после взрыва которых образуется минимум биологически опасных радионуклидов;
- управляемостью и контролируемостью всех процессов технологической цепочки по фактору радиационной опасности.

На созданном с помощью ядерного взрыва объекте на период его эксплуатации обязательно создавалась объединенная служба радиационной безопасности из специалистов Заказчика конкретного объекта (какого-либо союзного министерства) и таких профильных организаций Минсредмаша СССР, как ВНИПИпромтехнологии и (или) Радиевый институт, которые занимались обеспечением безопасности при выполнении работ в течение длительного времени по типовой схеме, принятой для радиационно опасных объектов.

Контроль за соблюдением правил и норм радиационной безопасности и охраны окружающей среды при проведении работ, связанных с использованием ядерно-взрывных технологий в промышленных целях, постоянно осуществлялся представителями 3-го Главного

управления при Минздраве СССР, Санэпиднадзора СССР и Госкомгидромета СССР. Следует отметить, что за всю почти четвертьвековую историю проведения промышленных ядерных взрывов не было случаев облучения населения выше установленных нормативов.

Данная монография состоит из трех частей.

Часть 1 посвящена общим проблемам мирного использования ядерной энергии. Она состоит из трех глав, в которых представлены сведения, характеризующие промышленные ядерные взрывы, основные принципы обеспечения сейсмической и радиационной безопасности при их проведении, а также данные о ядерных зарядах, разрабатываемых специально для использования в промышленных и научных целях.

Часть 2, которая также состоит из трех глав, содержит сведения об основах радиационной безопасности при проведении экскавационных ядерных взрывов. В одной из глав достаточно подробно изложены принципы обеспечения безопасности населения и персонала при создании искусственного водоема "Чаган" с помощью мощного подземного ядерного взрыва с выбросом грунта.

Часть 3, состоящая из шести глав, посвящена вопросам обеспечения безопасности при подготовке и проведении подземных ядерных взрывов внутреннего действия, то есть камуфлетных взрывов. В последней главе этой части монографии содержатся сведения о степени влияния осуществлявшихся в СССР промышленных ядерных взрывов на здоровье персонала и населения.

Авторы монографии выражают глубокую благодарность за предоставленные материалы всем своим коллегам, с которыми посчастливилось работать и решать такие сложные задачи, как обеспечение безопасности при проведении ядерных взрывов в народнохозяйственных целях.

Подготовка материалов монографии находила постоянную поддержку со стороны дирекции ГНЦ - Институт биофизики, особенно заместителей директора А.А. Иванова и М.Н. Савкина, руководителей Федерального управления "Медбиоэкстрем" при Минздраве России В.Д. Ревы, М.Ф. Киселева, М.Б. Мурина, О.И. Шамова, сотрудников управления В.Ф. Казинашева, Ю.А. Соловьева, В.М. Литовченко, Е.Б. Антипина, В.И. Федина, а также со стороны специалистов ряда организаций Минатома России и ветеранов-участников проведения мирных ядерных взрывов.

Особую признательность за помощь и поддержку следует выразить бывшему министру Российской Федерации по атомной энергии Е.О. Адамову, директору Института стратегической стабильности, академику РАН В.Н. Михайлову, а также директору Конструкторского бюро автотранспортного оборудования (КБ АТО) Э.П. Корниловичу.

Трудно переоценить вклад в подготовку материалов монографии специалистов Минатома России Н.П. Волошина, А.М. Матущенко, В.М. Михайлова, С.А. Орлова.

Большое значение для правильного освещения в монографии вопросов, связанных с использованием ядерно-взрывных технологий в мирных целях, имели работы сотрудников ВНИПИпромтехнологии О.Л. Кедровского, К.В. Мясникова, Е.Г. Леонова, Ю.А. Валентинова, В.И. Клишина, Г.А. Никифорова и других, которым авторы монографии выражают благодарность за возможность использовать результаты этих работ.

Авторы признательны ветеранам атомной отрасли, таким высококвалифицированным специалистам, как С.П. Попов, В.И. Жучихин, В.И. Казаков, А.К. Седнев, Н.А. Ерохин, В.М. Чесноков, Э.В. Плотников, К.Н. Бобров, Е.А. Иванов, В.А. Лопатин, К.Д. Швильдадзе, Ю.Н. Чухонцев и многим другим, внесшим большой вклад в организацию, подготовку и проведение мирных ядерных взрывов, за возможность использовать в монографии материалы из их трудов и воспоминаний.

Слова большой благодарности за внимательное научно-литературное редактирование и компьютерную подготовку монографии к печати следует высказать в адрес Л.А. Михалихиной-Логачевой, за помощь в поиске и подборке исходного архивного материала – в адрес сотрудников архива Федерального управления "Медбиоэкстрем" М.В. Хаврониной и М.В. Телешовой, за подготовку рукописи к изданию – Г.П. Конюховой.

Авторы старались сделать текст монографии доступным широкому кругу читателей, интересующихся историей проведения ядерных взрывов в мирных целях. Разумеется, эту книгу нельзя отнести к разряду развлекательных, но усилия и время, затраченные читателями будут компенсированы тем, что они смогут познакомиться с уникальными материалами, содержащими сведения о том, где и когда применялись ядерно-взрывные технологии в народном хозяйстве страны, задуматься над существом многих сложных проблем современности и, возможно, принять участие в дискуссии по проблеме мирного использования ядерной энергии.

Понимая всю сложность проблемы, которой посвящена данная монография, ее авторы отдают отчет в том, что не сумели дать исчерпывающих ответов на целый ряд вопросов, в частности, на вопрос о поведении в течение длительного времени долгоживущих радионуклидов на объектах, созданных с помощью ядерных взрывов. Однако авторы надеются, что книга будет полезна специалистам, имеющим отношение к проблеме обеспечения общей и радиационной безопасности при использовании ядерно-взрывных технологий, а также интересна широкому кругу читателей.

* * *

В монографии сохранены внесистемные единицы измерения (рентген, бэр, кюри и др.), что имеет чисто историческое значение. Условно принимается, что для основного фактора радиационного воздействия - гамма-излучения $1 \text{ Р (рентген)} \approx 1 \text{ бэр} \approx 1 \text{ сЗв (сантисиверт)} \approx 1 \text{ сГр (сантигрэй)}$). При этом для образования кратных и дольных могут использоваться соответствующие приставки и множители, а также применяться приведенные ниже соотношения между единицами СИ и внесистемными единицами измерения радиоактивности и доз ионизирующих излучений (Табл. В.1 и В.2).

Таблица В.1.

Множители и приставки для образования кратных и дольных единиц

| Множитель | Приставка | Обозначение приставки | Множитель | Приставка | Обозначение приставки |
|-----------|-----------|-----------------------|------------|-----------|-----------------------|
| 10^{18} | экса | Э | 10^{-1} | деци | д |
| 10^{15} | пета | П | 10^{-2} | санتي | с |
| 10^{12} | тера | Т | 10^{-3} | милли | м |
| 10^9 | гига | Г | 10^{-6} | микро | мк |
| 10^6 | мега | М | 10^{-9} | нано | н |
| 10^3 | кило | к | 10^{-12} | пико | п |
| 10^2 | гекто | г | 10^{-15} | фемто | ф |
| 10^1 | дека | да | 10^{-18} | атто | а |

Таблица В.2.

Соотношение между единицами СИ (Международная система единиц) и внесистемными единицами

| Величина | Наименование и обозначение единиц | | Соотношение между единицами |
|------------------------------|---|-------------------------|--|
| | Единица СИ | Внесистемная единица | |
| Активность радионуклида | беккерель (Бк) | кюри (Ки) | $1 \text{ Ки} = 3,7 \times 10^{10} \text{ расп/с} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Бк}$, $1 \text{ Бк} = 1 \text{ расп/с}$ |
| Доза экспозиционная | кулон на килограмм (Кл/кг) | рентген (Р) | $1 \text{ Р} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ Кл/кг}$ |
| Мощность экспозиционной дозы | кулон на килограмм в секунду (Кл/(кг×с)), ампер на килограмм (А/кг) | рентген в секунду (Р/с) | $1 \text{ Р/с} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ Кл}/(\text{кг} \times \text{с}) = 2,58 \times 10^{-4} \text{ А/кг}$ |
| Доза поглощенная | грей (Гр) | рад | $1 \text{ рад} = 100 \text{ эрг/г} = 1 \times 10^{-2} \text{ Дж/кг} = 1 \times 10^{-2} \text{ Гр}$, $1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад}$ |
| Мощность поглощенной дозы | грей в секунду (Гр/с) | рад в секунду (рад/с) | $1 \text{ рад/с} = 1 \times 10^{-2} \text{ Дж}/(\text{кг} \times \text{с}) = 1 \times 10^{-2} \text{ Гр/с}$ |
| Доза эквивалентная | зиверт (Зв) | бэр | $1 \text{ бэр} = 1 \text{ рад} \times \text{К} = 1 \times 10^{-2} \text{ Гр} \times \text{К} = 1 \times 10^{-2} \text{ Зв}$ |

Примечание. К - коэффициент качества излучения. Для рентгеновского, бета- и гамма-излучения $\text{К} = 1$; для альфа излучения $\text{К} = 20$; для нейтронного излучения $\text{К} = 10$.

Часть 1

ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ МИРНОГО (ПРОМЫШЛЕННОГО) ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ

В результате научно-технического прогресса в наиболее развитых странах было создано ядерное оружие и проведены его испытания в атмосфере и под землей [1-6]. Вместе с этим человечество получило в руки ключ к новому, практически неисчерпаемому источнику энергии - энергии атомного ядра, которую можно использовать и в мирных (промышленных) целях. Пристальное внимание широкой общественности в различных странах мира привлекали ранее и продолжают привлекать в настоящее время работы, расширяющие познания в области народнохозяйственного использования ядерной энергии [7,8].

Состоявшиеся в феврале 1970 г. в Москве советско-американские технические переговоры по вопросам использования ядерных взрывов в мирных целях выявили единство взглядов на возможность эффективного использования таких взрывов в различных областях промышленности, например, в нефтяной и газовой для интенсификации добычи нефти и газа, создания подземных полостей для их хранения, ликвидации газовых и нефтяных фонтанов. Кроме того, рассматривался вопрос о возможности применения ядерных взрывов для создания искусственных водохранилищ и строительства каналов в засушливых районах, проведения вскрышных работ при открытой добыче полезных ископаемых, а также для других видов работ [9,10].

Главной проблемой при использовании ядерно-взрывных технологий в промышленных целях была и остается проблема снижения степени воздействия сейсмического фактора и радиоактивного загрязнения окружающей среды, например, загрязнения горных пород при осуществлении подземных ядерных взрывов в скважинах или штольнях, а также возможность предотвращения аварийного выхода радиоактивных веществ в атмосферу, которые могут стать причиной загрязнения местности и объектов внешней среды.

Поэтому проблема применения ядерных взрывов в народном хозяйстве требовала решения вопросов обеспечения как радиационной, так и сейсмической безопасности при их проведении. Разработке мер безопасности придавалось большое значение, тем более что при этом можно было использовать уже накопленный в ходе ядерных испытаний в атмосфере большой опыт в обеспечении безопасности их осуществления.

Следует отметить, что программы мирного использования ядерной энергии разрабатывались и реализовывались главным образом в СССР (Государственная программа №7 "Ядерные взрывы для народного хозяйства") и в США (Проект "Плаушер"). Специалисты этих стран в основном осуществляли на практике как научно-теоретическую, так и промышленную часть своих замыслов. Поэтому в данной главе основное внимание уделено особенностям выполнения программ использования ядерно-взрывных технологий в мирных целях как в СССР, так и в США.

Глава 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММ МИРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ И ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ В СССР И США

В настоящее время имеется большое количество публикаций, посвященных вопросам использования ядерно-взрывных технологий в мирных (промышленных) целях. Значительная их часть содержится в журналах "Геология", "Нефть и газ", "Атомная энергия", в специальных выпусках "Горного журнала", в бюллетенях Центра общественной информации по атомной энергии, а также в многочисленных изданиях Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), созданного в 1957 г. как независимая международная организация [11]. К сожалению, следует отметить, что основная часть всех публикаций принадлежит зарубежным специалистам.

Программы мирного использования ядерной энергии как в СССР, так и в США составлялись и реализовывались с учетом требований Московского договора 1963 г. о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, в космическом пространстве и под водой, а также других международных договоров и соглашений.

Ниже представлены сведения из истории разработки и реализации таких программ и в СССР, и в США.

1.1. ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

В зарубежной литературе имеются высказывания американских специалистов о приоритете СССР в осуществлении идеи использования ядерных взрывов в промышленных и научных целях [12]. В историческом аспекте первое официальное заявление о перспективах мирного применения ядерных взрывов было сделано руководителем советской делегации А.Я. Вышинским на Ассамблее

ООН в ноябре 1949 г., то есть вскоре после успешного проведения в СССР первого ядерного испытания, 50-летие которого Россия отметила в августе 1999 г. В этом заявлении А. Я. Вышинский, говоря об успехах Советского Союза в создании собственного ядерного потенциала, риторически отметил: *"Советский Союз не использовал атомную энергию для накопления арсеналов атомных бомб..., он использует атомную энергию для задач своей собственной экономики: для снесения гор, изменения течения рек, орошения пустынь, прокладки новых путей в тех краях, куда еще не ступала нога человека."*[13].

Первая в мире научная публикация о потенциальных возможностях и преимуществах использования в промышленных целях ядерных взрывов появилась спустя пять лет после первого испытания ядерного оружия в СССР. Это была опубликованная в 1954 г. в журнале "Техника - молодежи" статья известного советского ученого, профессора Г.И. Покровского [14]. Он писал: *"Прогрессивная наука утверждает, что можно использовать благие силы взрыва в мирных целях... С помощью направленного взрыва можно выпрямлять русла больших рек,... создавать гигантские плотины,... прорывать каналы... Действительно, открываемые новой атомной энергией перспективы безграничны."* Некоторые статьи, написанные в конце 40-х и начале 50-х годов, содержали конкретные идеи, показывающие возможность применения разрушительной силы ядерных взрывов для изменения ландшафта или природы геологических формаций глубоко под землей. В 1956 г. Г.И. Покровский вновь в "Горном журнале" говорит в том, что ядерные заряды в руках человека-творца могут стать производительной силой, которая будет служить созидательным целям человечества: *"На основе имеющихся данных можно сказать, что радиоактивное загрязнение при ядерном взрыве не следует рассматривать как непреодолимое препятствие для использования таких взрывов в горных работах и в строительстве. На основе многих преимуществ ядерных взрывов мы приходим к заключению, что пришло время для начала реальных экспериментов в этой области."*[15].

Такая инициатива со стороны СССР заставила США, по признанию американских специалистов, начать проведение систематических исследований в решении вопросов использования ядерных взрывов в мирных целях. Для этого Комиссия по атомной энергии США летом 1957 г. приняла программу невоенного использования ядерных взрывов под названием "Проект Плаушер" (плаушер - это плуг; такое название происходит из библейского выражения "...они перековали свои мечи на орала"). Осенью

1957 г. в США был произведен первый в мире подземный ядерный взрыв "Рейнир" мощностью 1,7 кт на глубине 274 м в туннеле на полигоне в штате Невада. Фактически это было испытание боевого ядерного заряда, однако основная цель эксперимента состояла в документировании эффектов подземного ядерного взрыва и подтверждении результатов теоретических расчетов о взаимодействии таких взрывов с окружающей средой, в частности, с грунтом. Итоги испытания "Рейнир" способствовали подъему энтузиазма среди участников реализации проекта "Плаушер" и вызвали у них уверенность в возможности мирного использования ядерных взрывов с относительно безопасным их осуществлением для окружающей среды. Более подробные сведения о выполнении американской программы "Плаушер" представлены ниже.

... Советский Союз инициативу США в деле реализации проекта "Плаушер" принял сдержанно и не считал необходимым немедленно приступать к разработке отечественной программы использования ядерно-взрывных технологий в мирных (промышленных) целях. Этому, вероятно, способствовала политическая позиция руководства СССР в поддержку Договора о всеобщем запрещении ядерных испытаний, на основании которого мировая общественность могла требовать прекращения проведения ядерных взрывов даже в мирных целях [16].

Важно отметить, что при использовании ядерно-взрывных технологий возникали не только научные и технические проблемы, но и политические, связанные с вопросами нераспространения ядерного оружия. Существуют очевидные различия в характеристиках ядерных зарядов, используемых в мирных и военных целях. Однако любая страна, овладевшая ядерно-взрывной технологией для применения ее в какой-либо области промышленности и при этом сама производящая ядерные устройства для этих целей, может в достаточно короткий срок овладеть и технологией производства ядерных зарядов для военных целей [17]. Именно для предотвращения возможности распространения ядерного оружия под предлогом отработки ядерно-взрывных технологий в национальных интересах в Договор 1968 г. о нераспространении ядерного оружия была специально включена статья V [18].

Статья V Договора о нераспространении ядерного оружия:

"Каждый из участников настоящего Договора обязуется принять соответствующие меры с целью обеспечения того, чтобы в соответствии с настоящим Договором, под соответствующим международным наблюдением и посредством соответствующих международных процедур потенциальные блага от любого мирного применения ядерных взрывов были доступны государствам -

участникам настоящего Договора, не обладающим ядерным оружием, на недискриминационной основе, и чтобы стоимость используемых взрывных устройств для таких участников Договора была такой низкой, как только это возможно, и не включала расходы по их исследованию и усовершенствованию. Государства - участники настоящего Договора, не обладающие ядерным оружием, будут в состоянии получать такие блага в соответствии со специальным международным соглашением или соглашениями через соответствующий международный орган, в котором должным образом представлены государства, не обладающие ядерным оружием. Переговоры по этому вопросу начнутся так скоро, как это возможно, после вступления в силу настоящего Договора. Государства - участники настоящего Договора, не обладающие ядерным оружием, которые пожелают этого, могут также получать такие блага в соответствии с двухсторонними соглашениями."

Подписание Договора о нераспространении ядерного оружия открыло широкую перспективу международного сотрудничества в мирном использовании ядерных взрывов. Естественно, что речь шла только о подземных ядерных взрывах, поскольку, как известно, действовал подписанный СССР и США в 1963 г. в Москве Договор о запрещении проведения ядерных испытаний в атмосфере, в космическом пространстве и под водой.

О популярности в 60-е и 70-е годы идеи промышленного использования ядерно- взрывных технологий свидетельствуют результаты той большой работы, которую проводили специалисты МАГАТЭ по внедрению этой идеи в жизнь. Так, с 1970 г. по 1976 г. МАГАТЭ провело пять симпозиумов, посвященных вопросам применения ядерных взрывов в мирных целях. На этих симпозиумах выступили с научными докладами представители Австралии, Франции, Индии, Японии, Южной Африки, Швеции, СССР, Англии, США, Венесуэлы, Египта и других стран.

Еще в ходе проведения первых теоретических работ по мирному использованию ядерных взрывов стало ясно, что промышленное применение ядерно-взрывных технологий потребует разработки и реализации сложных мер безопасности: сейсмической - во время проведения взрыва и радиационной - как во время взрыва, так и в течение достаточно продолжительного времени после него.

Обеспечение сейсмической безопасности при промышленных взрывах заключалось в основном в прогнозировании сейсмической обстановки в районах их проведения, в разработке и осуществлении мероприятий по предотвращению опасного воздействия ударной волны на население и снижению степени повреждения зданий, сооружений и их отдельных элементов. Но главное

внимание уделялось не повреждающему действию сейсмической волны, а воздействию радиационного фактора. Одной из основных задач, решаемых при разработке и применении ядерных зарядов в промышленности, было обеспечение радиационной безопасности на всех стадиях жизненного цикла объекта, создаваемого с использованием ядерно-взрывной технологии, а именно, при проведении взрыва, освоении, эксплуатации и консервации объекта.

Известно, что наибольшая радиационная опасность связана с осуществлением подземных ядерных взрывов с выбросом грунта (экскавационный взрыв) [7,8,19]. На начальной стадии работ по реализации советской программы №7 и американской программы "Плашер" основное внимание уделялось использованию мощных ядерных зарядов (100 кт и более) для создания грандиозных сооружений, например, для переброски части стока северных рек в Волгу, для строительства нового Панамского канала, канала через перешеек Кра в Таиланде, Каттарского гидроэнергетического комплекса в Египте, канала между реками Ориноко и Рио-Негру в Венесуэле и т.д.[20]. Специалисты считали, что мощные ядерные взрывы экономически выгодны, так как чем больше мощность заряда, тем меньше стоимость и единицы ядерной энергии, и выемки из воронки одного кубического метра грунта. Результаты такой оценки представлены в табл. 1.1

Таблица 1.1.

Стоимость экскавационных работ при применении подземных ядерных взрывов (по состоянию на середину 70-х годов) [21]

| Энерговыделение ядерного заряда (мощность), кт ТЭ | Стоимость, | | | | |
|---|-------------------|-----------------------------------|--------------------------|---------|-------------------------------------|
| | тыс. долларов США | | | | доллары США |
| | заряда | скважины и установки заряда в ней | обеспечения безопасности | общая | выемки одного м ³ грунта |
| 10 | 350 | 85 | 300 | 735 | 1,42 |
| 20 | 380 | 120 | 300 | 800 | 0,85 |
| 40 | 415 | 150 | 300 | 865 | 0,50 |
| 70 | 440 | 160 | 400 | 1000 | 0,32 |
| 100 | 460 | 170 | 400 | 1030 | 0,25 |
| 150 | 480 | 220 | 400 | 1100 | 0,18 |
| 2000 | 600000 | 400000 | 500000 | 1500000 | 0,025 |

Данные табл. 1.1 свидетельствуют о том, что основные затраты приходятся на обеспечение радиационной безопасности персонала и населения в зоне формирования ближнего следа после осуществления подземных ядерных взрывов с выбросом грунта. Эти затраты могут достигать 35-40% от общей стоимости работ.

Результаты проведения крупномасштабных опытных и опытно-промышленных экскавационных ядерных взрывов показали, что с помощью таких взрывов можно перемещать большие массы горных пород. Однако выброшенный при этом грунт и прилегающая к выемке (воронке) территория загрязняются радиоактивными продуктами взрыва (радионуклидами деления и активации), а по направлению движения облака взрыва формируется след радиоактивного загрязнения. Таким образом, объективно было установлено, что основным фактором, определяющим возможность внедрения новой технологии, являются радиационные последствия ядерного взрыва, а именно, радиоактивное загрязнение окружающей среды и добываемой или хранимой продукции.

Выводы о высокой степени радиационной опасности при экскавационных взрывах, а также все прогрессирующее развитие горной техники для открытых работ могли свести на нет перспективы использования подземных ядерных взрывов с выбросом грунта в промышленных целях. Но все это не могло остановить ни отечественных, ни зарубежных специалистов - энтузиастов реализации благородной идеи - идеи мирного использования нового источника большого количества энергии.

В СССР к осуществлению экспериментальных исследований, связанных с возможностью использования ядерной энергии в мирных целях, приступили почти на четыре года позже США. Однако количество проведенных Советским Союзом опытных, опытно-промышленных и промышленных взрывов почти в 5 раз (4,6 раза) превысило количество мирных взрывов в США. Об этом свидетельствуют приведенные в табл. 1.2 обобщенные данные о мирных ядерных взрывах, произведенных этими странами.

Использование ядерно-взрывных технологий в промышленных целях позволило создать в ряде регионов мира целую сеть каналов, хранилищ газа и нефти, а также других промышленно-хозяйственных объектов. Подробные сведения о советской и американской программах мирного использования ядерной энергии представлены в последующих разделах данной главы.

1.2. ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ МИРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ В СССР

В 50-60-е годы в Советском Союзе для решения ряда народно-хозяйственных задач стали разрабатываться новые научные направления, одному из которых был присвоен шифр АН-19, а само направление получило название "Использование подземных ядерных

**Общие сведения о мирных ядерных взрывах,
осуществленных в мире**

| Наименование параметра | Страна | | | Всего в мире |
|--|---------------|---------------|---------------|--------------------|
| | СССР | США | Индия | |
| Общее число мирных ядерных взрывов (экспериментов) | 124 | 27 | 1 | 152 |
| Общее число взорванных ядерных зарядов | 135 | 33 | 1 | 178 |
| Дата проведения первого мирного ядерного взрыва | 15.01.1965 г. | 10.11.1961 г. | 18.05.1974 г. | |
| Дата проведения последнего мирного ядерного взрыва | 06.09.1988 г. | 17.05.1973 г. | | |
| Суммарная мощность всех мирных ядерных взрывов | около 1,6 Мт | 0,62-0,98 Мт | 12 кт | 2,34 - 2,70 Мт |

Примечание: Число мирных ядерных взрывов не равно числу взорванных ядерных зарядов, так как для одного взрыва (эксперимента) могло быть использовано несколько ядерных зарядов.

взрывов в народном хозяйстве и для производства делящихся трансурановых элементов". Одним из основных подразделов этого направления была программа "Разработка способов использования взрывов наружного действия в горном деле и строительстве с целью снижения стоимости экскавационных работ, сокращения сроков разработки месторождений и строительства объектов". Эта программа в последующем стала называться Государственная программа №7 "Ядерные взрывы для народного хозяйства". Руководителем Программы №7 был назначен профессор, доктор технических наук А. Д. Захаренков, а научным руководителем - профессор, доктор технических наук О. Л. Кедровский [20].

В разработке программы мирного использования ядерной энергии в СССР, в ее реализации, а также в решении возникающих при этом разнообразных проблем, включая и проблемы обеспечения радиационной безопасности при проведении ядерных взрывов в мирных целях, принимали участие специалисты ВНИПИ протехнологии, НПО "Радиевый институт" им. В.Г. Хлопина, РФЯЦ-ВНИИЭФ, РФЯЦ-ВНИИТФ, Институт физики Земли АН СССР (ИФЗ), Институт биофизики Минздрава СССР (ИБФ), Институт прикладной геофизики им Е. К. Федорова (ИПГ), Горные институты Ленинграда (Санкт-Петербурга) и Москвы, Институт нефти и газа им. Губкина, отраслевые институты Мингазпрома, Миннефтепрома, Мингео, Минуглепрома, Минхимпрома СССР и др. Всего около 130 институтов.

Специалистами организаций этих и других министерств и ведомств было подготовлено большое количество различных научных разработок. Так, например, в период проведения мирных ядерных взрывов в СССР (1965-1988 гг.) только специалистами ведущего института в реализации программы №7 ВНИПИпромотехнологии было выпущено около 850 научных работ, 350 проектов, защищено 90 изобретений и много других разработок [8].

В СССР из всего многообразия направлений использования ядерных взрывов в промышленных целях получили развитие пять: это - глубинное сейсмическое зондирование Земли (ГСЗ), сооружение подземных резервуаров, захоронение промышленных стоков, ликвидация аварийных газовых фонтанов, интенсификация притоков нефти и газа. В опытно-промышленных целях такие взрывы использовались в основном для дробления руды, профилактики внезапных выбросов угля и газа, сооружения плотин и водохранилищ. Для проведения таких работ использовались в основном камуфлетные ядерные взрывы и взрывы с выбросом грунта.

1.2.1. КЛАССИФИКАЦИЯ МИРНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ

Как известно, для промышленных целей использовались только подземные ядерные взрывы, при осуществлении которых может происходить разной степени радиоактивное загрязнение окружающей среды. По степени такого загрязнения проведена классификация подземных ядерных взрывов, при этом за основу была принята зависимость интенсивности выхода радионуклидов в атмосферу от приведенной глубины взрыва \bar{H} и физико-механических свойств грунта. (Приведенная глубина взрыва H равна глубине заложения заряда H в метрах, отнесенной к корню третьей степени из мощности взрыва q в килотоннах $H = \frac{H}{\sqrt[3]{q}}$).

По мнению ряда специалистов существует пять категорий такой зависимости [22]:

1. Неглубокие взрывы с выбросом грунта и значительным выходом радиоактивных веществ в атмосферу.
2. Глубокие взрывы с выбросом грунта, после осуществления которых характерным является выход в атмосферу значительного количества лишь радионуклидов, имеющих газообразного предшественников, при относительно малом содержании радиоактивных веществ в выбросе грунта.
3. Камуфлетные взрывы с быстрым напорным истечением газов в атмосферу. После таких взрывов непосредственный выброс аэрозольных радиоактивных продуктов в атмосферу отсутствует,

однако возможен выход, в частности, йода-131, цезия-137 и других радионуклидов.

4. Вентилируемые камуфлетные взрывы, при осуществлении которых в атмосферу просачиваются лишь радионуклиды инертных газов, в том числе ксенон-133, ксенон-135.
5. Полностью камуфлетные взрывы, после проведения которых лишь через несколько дней или даже месяцев в атмосфере могут отмечаться очень малые концентрации отдельных радионуклидов.

Под камуфлетными ядерными взрывами здесь и в последующем следует понимать такие взрывы, при осуществлении которых не происходит вскрытия полости и выхода в атмосферу тугоплавких радионуклидов (цирконий-95, церий-144 и др.), неимеющих летучих предшественников,

Приведенная выше классификация подземных ядерных взрывов являлась основой при разработке программ мирного (промышленного) использования ядерной энергии в СССР.

1.2.2. ПРОГРАММА СССР

Началом реализации Программы №7 "Ядерные взрывы для народного хозяйства" можно считать осуществление 15.01.1965 г. подземного ядерного взрыва с выбросом грунта для создания искусственного водохранилища в одном из засушливых районов Казахстана - в районе слияния часто пересыхавших летом рек Чаган и Аши-Су.

В ходе подготовки этого взрыва был разработан специальный перечень мероприятий по обеспечению безопасности участников его проведения и населения, проживавшего вблизи района взрыва. В этом перечне на основе прогноза радиационной обстановки, разработанного с использованием экспериментальных данных о последствиях воздействия на окружающую среду сейсмического и радиационного факторов ядерных взрывов, были изложены основные требования к проведению мероприятий по защите персонала и населения от воздействия этих факторов.

Результаты взрыва и проведенных мероприятий по обеспечению безопасности при его осуществлении свидетельствовали о том, что применение ядерно-взрывных технологий в промышленных целях возможно и экономически обосновано.

В ноябре 1965 г. в Минсредмаше СССР состоялось совещание ведущих ученых-ядерщиков с участием академиков А.Д. Сахарова и Е.И. Забабахина. На этом совещании, которым руководил министр среднего машиностроения Е.П. Славский, рассматривался

вопрос о перспективах использования ядерных взрывов в мирных целях [20]. Участники совещания, особенно академик А. Д. Сахаров - один из создателей самого мощного оружия в мире, высказывали искреннее желание всеми силами способствовать успешному решению этого вопроса и использовать свои знания и опыт для создания специальных зарядов, обеспечивающих максимальную эффективность их применения в народном хозяйстве. На совещании были сформулированы основные требования к промышленным зарядам:

- минимальное выделение радиоактивных веществ,
- максимальное соответствие расчетной и фактической мощности заряда для достижения заданных целей,
- оптимальные габариты и форма ядерного устройства, соответствующие условиям его спуска в глубокие скважины и др.

Стоимость промышленных ядерных зарядов в отличие от стоимости обычных химических взрывчатых веществ (ВВ) должна была быть минимальной.

Аналогичные совещания неоднократно проводились и в ядерных центрах страны. На рис. 1.1 приведена фотография участников одного из совещаний в РФЯЦ-ВНИИТФ в г. Снежинске.

В ходе реализации Программы № 7 необходимо было решить ряд важнейших проблем, возникающих при использовании энергии подземных ядерных взрывов в мирных целях. Одной из них была проблема несовместимости гигантского энергетического потенциала ядерных взрывов, способных перемешать практически мгновенно большие массы грунта, с их вредным воздействием на окружающую среду. Поэтому программой предусматривалась разработка научно-технических основ ядерно-взрывных технологий, возможных путей и способов контроля и управления степенью воздействия полезных и вредных факторов взрыва:

- исследование основных процессов, происходящих при ядерных взрывах в различных природных средах, и эффектов, сопровождающих взрыв;
- изучение закономерностей проявления полезных эффектов взрыва для создания различных ядерно-взрывных технологий;
- опытно-промышленная проверка разработанных рекомендаций;
- оценка степени безопасности мирного использования ядерных взрывов;
- определение стоимости сооружений и продукции, создающихся с помощью ядерных взрывов.

Основной особенностью этой программы являлось то, что она была межотраслевой. Немного можно найти таких примеров, когда в реализации какой-либо программы принимали бы участие



Рис.1.1. Фотография участников совещания, организованного академиком Е.И. Забабахиным в РФЯЦ-ВНИИТФ (г.Снежинск) по вопросам реализации программы мирных ядерных взрывов. Слева направо: А.К. Седнев, В.М. Михайлов, С.Г. Чухин, Е.И. Парфенов, К.В. Мясников, В.И. Казаков, О.Л. Кедровский, А.П. Васильев, В.Ф. Дороднов, Ю.А. Валентинов.

специалисты учреждений и организаций более десяти министерств и ведомств.

Заказчиками опытно-промышленных и промышленных подземных ядерных взрывов были следующие отраслевые союзные министерства:

- Министерство геологии СССР - 43 взрыва (53%);
- Министерство газовой промышленности СССР - 19 взрывов (23%);
- Министерство нефтяной промышленности СССР - 13 взрывов (16%);

- Министерство удобрений СССР - 2 взрыва (2 %);
 - Министерство химической промышленности СССР,
Министерство нефтехимии СССР,
Министерство цветных металлов СССР и
Министерство водного хозяйства СССР
- } по одному
взрыву

Наибольший объем работ, заказы на которые поступали от отраслевых министерств, выполнялся специалистами организаций и учреждений, подчиненных бывшему Минсредмашу СССР, ныне Минатому России. Они занимались изготовлением специальных ядерных зарядов, осуществляли доставку их к месту работы, спуск в скважину и подрыв. Радиационная и сейсмическая безопасность во время взрывов обеспечивалась объединенными силами заказчика данной работы, местной администрации района, на территории которого осуществлялся взрыв, и служб Минсредмаша СССР [23]. В разработке мероприятий, обеспечивающих общую и радиационную безопасность участников работ и населения, проживавшего вблизи районов взрывов, и контроле за их выполнением активное участие принимал ответственный представитель Минздрава СССР, который был наделен всеми необходимыми для этого полномочиями. В своей работе он руководствовался "Санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений" № 333-60 и "Временными санитарными требованиями по обеспечению безопасности участников работ и населения при использовании энергии ядерных взрывов для нужд народного хозяйства".

Основное содержание программы мирных ядерных взрывов в СССР было доведено до международной общественности в 1970 г. на Первом симпозиуме МАГАТЭ в заявлении представителя Советского Союза О. Л. Кедровского [8].

С началом выполнения в СССР работ, определенных Программой № 7, встал вопрос о необходимости использования уже имеющихся, полученных в ходе проведения ядерных испытаний на Семипалатинском и Новоземельском полигонах экспериментальных данных о последствиях механического, сейсмического и радиационного воздействия взрывов, а также сбора новых данных о влиянии факторов ядерных взрывов на технологические процессы. Эти данные необходимы были для разработки концепции безопасности использования ядерно-взрывных технологий в промышленности. В основу концепции были положены два принципа, а именно: технико-экономическое обоснование использования конкретной ядерно-взрывной технологии и обеспечение сейсмической и радиационной безопасности при проведении подземных ядерных взрывов в мирных целях [8].

Принцип технико-экономического обоснования предусматривал использование ядерных взрывов в промышленных и научных целях лишь в тех случаях, когда поставленной цели трудно было достигнуть обычными средствами или когда можно было получить больший экономический эффект. Одновременно увеличивалась и возможность получения новых интересных научных данных о влиянии факторов ядерных взрывов на окружающую среду. Известно, что новые научные знания во всякой неизведанной области и науки, и техники требуют своих теоретических разработок и, конечно, практической проверки.

В бывшем СССР мирные (промышленные) ядерные взрывы осуществлялись с 1965 г. по 1988 г. За этот период было произведено 124 таких взрыва, при этом взорвано 135 ядерных зарядов. Из числа этих взрывов 81 был осуществлен на территории Российской Федерации, в них было использовано 84 заряда; на территории Казахстана было произведено 38 взрывов с заложением 46 зарядов; на Украине и в Узбекистане осуществлено по 2 взрыва с использованием 1 заряда в каждом взрыве; в Туркмении - 1 взрыв также с использованием 1 заряда.

На Семипалатинском полигоне за период с 1965 по 1974 гг. было произведено 7 экспериментальных мирных ядерных взрывов, при этом подверглось детонации 9 специальных зарядов. В ходе осуществления этих взрывов отработывались методики создания искусственных водохранилищ и каналов, изучалась технология самозахоронения радиоактивных продуктов взрыва, апробировался способ образования плотины сбросного типа. Кроме того, на этом полигоне для отработки специальных зарядов с максимальной долей выделения энергии за счет термоядерных реакций были испытаны 36 промышленных зарядов. Аналогичные два заряда были испытаны и на Новоземельском полигоне [4,24].

Следует отметить, что все мирные ядерные взрывы и взрывы в интересах отработки промышленных зарядов были подземными. Их тротильный эквивалент находился в пределах от 0,01 кт до 140 кт. Все технологические площадки, на которых осуществлялись мирные ядерные взрывы, располагались на территориях 63 районов бывшего СССР: 45 районов - в Российской Федерации, 13 - в Казахстане, 2 - на Украине, 2 - в Узбекистане и 1 район - в Туркмении. На рис. 1.2 представлена карта, на которой показаны места проведения мирных ядерных взрывов на территории бывшего СССР, а в табл. 1.3 - данные о времени проведения таких взрывов в Российской Федерации, регионы, на территориях которых они осуществлялись, условные названия взрывов и их основные параметры [23].

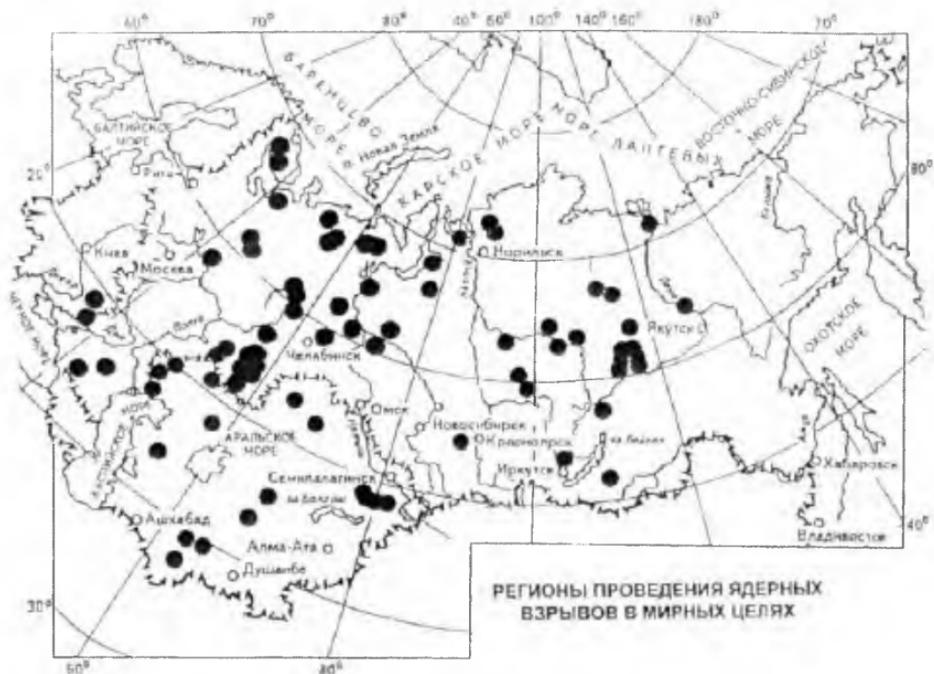


Рис 1.2. География подземных ядерных взрывов, произведенных в СССР в мирных целях (1965-1988 гг.)

Из всех осуществленных на территории Российской Федерации мирных ядерных взрывов, сведения о которых приведены в табл. 1.3, 79 взрывов (97%) были камуфлетными. Поскольку при проведении промышленных камуфлетных взрывов приведенная глубина заложения зарядов по линии наименьшего сопротивления была от 2 до 14 раз больше, чем при испытательных камуфлетных взрывах ядерного оружия на военных полигонах бывшего СССР, то при нормальных (штатных) условиях это практически должно было исключать выход радиоактивных продуктов взрыва в атмосферу.

Как известно, целевое назначение мирных ядерных взрывов, осуществленных на территории бывшего Советского Союза, было разное. С их помощью решались самые разнообразные промышленные задачи, о чем свидетельствуют данные табл. 1.4.

Из приведенных в табл. 1.4 данных следует, что на первом месте находится глубинное сейсмическое зондирование земной коры в интересах поиска перспективных месторождений полезных ископаемых. На решение этих задач приходится более 1/3 ядерных взрывов, осуществленных в СССР в мирных целях.

Основные данные о подземных ядерных взрывах, осуществленных на территории Российской Федерации в мирных целях

| №№ пп | Дата проведения взрыва | Район проведения и условное название взрыва | Энерговывделе- ние ядерного устройства, кт ТЭ | Глубина заложения ядерного устройства, м |
|----------|------------------------------|--|--|--|
| | | Архангельская область | | |
| 1. | 04.10.71 г. | “Глобус” (ГБ-2) | 2,3 | 595 |
| 2. | 25.05.81 г. | “Пирит”, скв. | 37,6 | 1511 |
| 3. | 19.07.85 г. | “Агаг”, скв. | 8,5 | 772 |
| 4. | 06.09.88 г. | “Рубин” (РН-1) | 8,5 | 820 |
| | | Астраханская область | | |
| 5. | 08.10.80 г. | “Вега”, скв. 1Т | 8,5 | 1050 |
| 6. | 26.09.81 г. | “Вега”, скв. 2Т/2 | 8,5 | 1050 |
| 7. | “ ” | “Вега”, скв. 4Т/2 | 8,5 | 1050 |
| 8. | 16.10.82 г. | “Вега”, скв. 3Т | 13,5 | 1057 |
| 9. | “ ” | “Вега”, скв. 5Т | 8,5 | 1100 |
| 10. | “ ” | “Вега”, скв. 6Т | 8,5 | 991 |
| 11. | “ ” | “Вега”, скв. 7Т | 8,5 | 947 |
| 12. | 24.09.83 г. | “Вега”, скв. 8РТ | 8,5 | 1050 |
| 13. | “ ” | “Вега”, скв. 9РТ | 8,5 | 1050 |
| 14. | “ ” | “Вега”, скв. 10РТ | 8,5 | 950 |
| 15. | “ ” | “Вега”, скв. 11РТ | 8,5 | 920 |
| 16. | “ ” | “Вега”, скв. 12РТ | 8,5 | 1100 |
| 17. | “ ” | “Вега”, скв. 13РТ | 8,5 | 1100 |
| 18. | 27.10.84 г. | “Вега”, скв. 14РТ | 3,2 | 1000 |
| 19. | “ ” | “Вега”, скв. 15РТ | 3,2 | 1000 |
| | | Башкортостан | | |
| 20. | 30.03.65 г. | “Бутан-1”, скв. 617 | 2,3 | 1341 |
| 21. | “ ” | “Бутан-2”, скв. 618 | 2,3 | 1375 |
| 22. | 10.06.65 г. | “Бутан”, скв. 622 | 7,6 | 1350 |
| 23. | 26.10.73 г. | “Кама-2”, скв. | 10 | 2026 |
| 24. | 08.07.74 г. | “Кама-1”, скв. | 10 | 2123 |
| 25. | 16.06.80 г. | “Бутан”, скв. 1 | 3,2 | 1400 |
| 26. | “ ” | “Бутан”, скв. 3 | 3,2 | 1390 |
| | | Ивановская область | | |
| 27. | 19.09.71 г. | “Глобус” (ГБ-1) | 2,3 | 610 |
| | | Иркутская область | | |
| 28. | 10.09.77 г. | “Метеорит” (М-4) | 7,6 | 550 |
| 29. | 31.07.82 г. | “Рифт” (РФ-3) | 8,5 | 554 |
| | | Калмыкия | | |
| 30. | 03.10.71 г. | “Регион” (Р-4) | 6,6 | 485 |
| | | Кемеровская область | | |
| 31. | 18.09.84 г. | “Кварц” (К-4) | 10 | 557 |
| | | Коми | | |
| 32. | 02.07.71 г. | “Глобус” (ГБ-4) | 2,3 | 542 |
| 33. | 10.07.71 г. | “Глобус” (ГБ-3) | 2,3 | 465 |
| 34. | 29.08.74 г. | “Горизонт” (Г-1) | 7,6 | 583 |
| 35. | 11.08.84 г. | “Кварц” (К-2) | 8,5 | 759 |

Таблица 1.3. (продолжение)

| №№ пп | Дата проведения взрыва | Район проведения и условное название взрыва | Энерговывделе- ние ядерного устройства, кТ ТЭ | Глубина заложения ядерного устройства, м |
|----------|------------------------------|--|--|--|
| | | Красноярский край | | |
| 36. | 29.09.75 г. | “Горизонт” (Г-3) | 7,6 | 834 |
| 37. | 26.07.77 г. | “Метеорит” (М-2) | 15 | 850 |
| 38. | 21.08.77 г. | “Метеорит” (М-3) | 8,5 | 600 |
| 39. | 21.0978 г. | “Кратон” (КР-2) | 15 | 886 |
| 40. | 06.09.79 г. | “Кимберлит”(КМ-3) | 8,5 | 599 |
| 41. | 01.11.80 г. | “Батолит” (БТ-1) | 8 | 720 |
| 42. | 22.10.81 г. | “Шпат” (ШП-2) | 8,5 | 581 |
| 43. | 04.09.82 г. | “Рифт” (РФ-1) | 16 | 960 |
| 44. | 25.09.82 г. | “Рифт” (РФ-4) | 8,5 | 554 |
| | | Мурманская область | | |
| 45. | 04.09.72 г. | “Днепр-1”, ш. | 2,1 | 131 |
| 46. | 27.08.84 г. | “Днепр-2”, ш. | 2×1,7 | 175 |
| | | Оренбургская область | | |
| 47. | 25.06.70 г. | “Магистраль”, скв. 1Т-2С | 2,3 | 702 |
| 48. | 22.10.71 г. | “Сапфир”, скв. Е-2 | 15 | 1140 |
| 49. | 21.09.72 г. | “Регион” (Р-1) | 2,3 | 485 |
| 50. | 24.11.72 г. | “Регион” (Р-2) | 2,3 | 675 |
| 51. | 30.09.73 г. | “Сапфир”, скв. Е-3 | 10 | 1145 |
| | | Пермская область | | |
| 52. | 02.09.69 г. | “Грифон”, скв. 1001 | 7,6 | 1212 |
| 53. | 08.09.69 г. | “Грифон”, скв. 1002 | 7,6 | 1208 |
| 54. | 23.03.71 г. | “Тайга”, скв. 1Б, 2Б, 3Б | 3×15 | 3×128 |
| 55. | 02.09.81 г. | “Гелий”, скв. 401 | 3,2 | 2088 |
| 56. | 28.08.84 г. | “Гелий”, скв. 402 | 3,2 | 2065 |
| 57. | “ ” | “Гелий”, скв. 403 | 3,2 | 2075 |
| 58. | 19.04.87 г. | “Гелий”, скв. 404 | 3,2 | 2015 |
| 59. | “ ” | “Гелий”, скв. 405 | 3,2 | 2055 |
| | | Ставропольский край | | |
| 60. | 26.09.69 г. | Тахта-Кугульта, скв. | 10 | 712 |
| | | Тюменская область | | |
| 61. | 06.10.67 г. | “Тавда”, скв. | 0,3 | 172 |
| 62. | 14.08.74 г. | “Горизонт” (Г-2) | 7,6 | 534 |
| 63. | 17.10.78 г. | “Кратон” (КР-1) | 22 | 593 |
| 64. | 04.10.79 г. | “Кимберлит” (КМ-1) | 22 | 837 |
| 65. | 10.12.80 г. | “Ангара”, скв. | 15 | 2485 |
| 66. | 25.08.84 г. | “Кварц” (К-3) | 8,5 | 726 |
| 67. | 18.06.85 г. | “Бензол”, скв. | 2,5 | 2850 |
| 68. | 22.08.88 г. | “Рубин” (РН-2) | 15 | 829 |
| | | Читинская область | | |
| 69. | 11.08.77 г. | “Метеорит” (М-5) | 8,5 | 494 |

Таблица 1.3. (окончание)

| №.№ пп | Дата проведения взрыва | Район проведения и условное название взрыва | Энерговывделе- ние ядерного устройства, кт ТЭ | Глубина заложения ядерного устройства, м |
|-----------|------------------------------|--|--|--|
| | | Саха (Якутия) | | |
| 70. | 02.10.74 г. | “Кристалл”, скв. | 1,7 | 98 |
| 71. | 12.08.75 г. | “Горизонт” (Г-4) | 7,6 | 496 |
| 72. | 05.11.76 г. | “Ока”, скв. 42 | 15 | 1522 |
| 73. | 09.08.78 г. | “Кратон” (КР-4) | 22 | 567 |
| 74. | 24.08.78 г. | “Кратон” (КР-3) | 22 | 577 |
| 75. | 08.10.78 г. | “Вятка”, скв. 43 | 15 | 1545 |
| 76. | 12.08.79 г. | “Кимберлит” (КМ-4) | 8,5 | 982 |
| 77. | 08.10.79г. | “Шексна”, скв. 47 | 15 | 1545 |
| 78. | 10.10.82 г. | “Нева”, скв. 66 | 15 | 1502 |
| 79. | 07.07.87 г. | “Нева”, скв. 68 | 15 | 1502 |
| 80. | 24.07.87 г. | “Нева”, скв. 61 | 15 | 1515 |
| 81. | 12.08.87 г. | “Нева”, скв. 101 | 3,2 | 815 |

Сейсмическое зондирование земной коры проводилось по совместным заказам бывшего Министерства геологии СССР и АН СССР. Программа зондирования предусматривала создание каркасных геофизических профилей (геотраверсов). Особенности формируемых подземными ядерными взрывами сейсмических сигналов позволяли (по сравнению со взрывами химических ВВ) существенно увеличивать глубину зондирования земной коры, улучшать качество получаемых данных и, что особенно важно, значительно сокращать сроки и стоимость проводимых работ [23].

Использование ядерных взрывов позволило увеличить глубину "просвечивания" земной коры до 50 км. Так, в ходе работ на глубоких горизонтах были обнаружены перспективные нефтегазовые отложения. В Якутии было найдено Мархинское алмазное поле с богатым содержанием этого ценного минерала. Таким образом, использование ядерно-взрывных технологий в промышленных целях позволяло получать уникальные научные данные для последующего расширения минерально-сырьевого потенциала страны. Всего с помощью мирных ядерных взрывов было построено 14 геологических профилей суммарной протяженностью около 70 тыс. км. Этот способ весьма прост, хорошо отработан, очень эффективен и заслуживает внимания с точки зрения дальнейшего его использования.

Второе место в целевом назначении мирных ядерных взрывов занимает технология создания с их помощью емкостей-хранилищ в массивах каменной соли для хранения газового конденсата.

Таблица 1.4.

**Распределение мирных ядерных взрывов, осуществленных в СССР,
по целевому назначению**

| Целевое назначение взрывов | Количество взрывов | Отношение к общему количеству взрывов, % | Шифры и (количество) взрывов |
|---|--------------------|--|---|
| 1. Опытно-промышленные и промышленные взрывы | | | |
| Глубинное сейсмическое зондирование | 39 | 31,4 | Глобус (4), Регион (5), Меридиан (3), Горизонт (4), Рубин (2), Кимберлит (3), Кратон (4), Батолит (2), Шпат, Рифт (3), Кварц (3), Агат. |
| Создание опытно-промышленных емкостей | 26 | 20,8 | Магистраль, Сапфир, Совхозное, Нева Дедуровка (2), Вега (15), Лира (6), Тавда |
| Интенсификация добычи нефти и газа | 21 | 16,8 | Буган (5), Грифон (2), Бензол, Гелий (5), Ангара, Ока, Вятка, Шексна, Нева (3), Тахта-Кугульта |
| Глушение газового фонтана | 5 | 3,9 | Урта-Булак, Памук, Кратер, Факел, Пирит |
| Создание провальных воронок для водохранилищ | 4 | 3,2 | 1-Т, 2-Т, 6-Т, А-9 |
| Дробление рудных тел | 2 | 1,6 | Днепр (2) |
| Захоронение в глубокозалегающие полезные горизонты | 2 | 1,6 | Кама (2) |
| Предупреждение внезапных выбросов в угольных пластах | 1 | 0,75 | Кливаж |
| Создание траншей-выемки | 1 | 0,75 | Тайга |
| Создание плотин-хвостохранилища | 1 | 0,75 | Кристалл |
| ИТОГО | 102 | | |
| 2. Опытные работы по отработке технологий и научные эксперименты | | | |
| Создание полезных емкостей | 9 | 7,2 | Азгир (9) |
| Создание водохранилищ | 4 | 3,2 | Семипалатинск (7) |
| Сброс грунта на склоне для строительства плотин | 1 | 0,75 | |
| Отработка технологии захоронения РВ | 2 | 1,6 | |
| Научные эксперименты | 6 | 4,8 | Азгир (6) |
| ИТОГО | 22 | | |
| ВСЕГО | 124 | 100 % | |

Эксплуатация в течение 20 лет двух емкостей на Оренбургском газоконденсатном месторождении позволила предотвратить потери большого количества газового конденсата и получить значительный экономический эффект, что свидетельствует, в принципе, об экономической целесообразности использования такой технологии.

Наибольшее количество емкостей в массивах каменной соли (15 из 26) было создано на Астраханском газоконденсатном месторождении. Две из этих емкостей были задействованы для освоения эксплуатационных скважин, семь - для пуска завода, а шесть незаполненных емкостей после длительного нахождения без внутреннего противодействия потеряли свое технологическое предназначение, поэтому разрабатывается проект их закрытия. Основной причиной потери объема и деформации ряда полостей Сеитовского соляного купола стали неблагоприятные геологические условия (повышенные температура и ползучесть каменной соли, пониженная прочность геологической структуры и др.), которые не были известны в период проектирования и создания полостей.

Третье место по степени использования ядерных взрывов в промышленных целях занимают работы по интенсификации добычи нефти и газа, которые выполнялись по заказам бывшего Министерства нефтяной промышленности СССР. При выполнении этих заказов основным разработчиком технологий повышения коэффициента извлечения нефти из промышленно освоенных нефтяных месторождений являлся Московский институт нефти и газа им. И.М. Губкина. С помощью ядерно-взрывных технологий проводились работы по разработке и увеличению добычи нефти на Грачевском месторождении в Башкортостане и на Осинском и Гежском в Пермской области. Следует отметить, что Грачевское и Осинское месторождения до проведения на них ядерных взрывов находились в эксплуатации более 10 лет. По состоянию на 1980 г. на этих месторождениях после взрывов дополнительно было добыто примерно по 300-400 тыс. тонн нефти, кроме того, ожидалось увеличение нефтеотдачи в конце разработки месторождений на 8-12 % [25].

По заказу бывшего Министерства геологии СССР были произведены семь ядерных взрывов в целях разработки технологии промышленного освоения забалансовых (малопродуктивных) месторождений природных углеводородов. Опробование этой технологии проводилось на территории Республики Саха (Якутия) на Средне-Ботуобинском и в Западной Сибири на Ем-Еговском-Пальяновском месторождениях. Однако большинство газовых

скважин не давали значимых притоков, что не позволяло передавать разведываемую залежь в промышленную разработку. Вместе с тем, в ряде скважин кроме газа были получены промышленно значимые притоки нефти (в среднем около 20 т/сутки), что позволяло сделать переоценку типа разведываемой залежи и определить ее как промышленную нефтегазовую.

На территории Башкортостана для улучшения экологической обстановки были произведены два подземных ядерных взрыва с целью захоронения промстоков от Салаватского нефтеперерабатывающего комбината "Оргсинтез" (объект "Кама-1") и Стерлитамакского содово-цементного комбината (объект "Кама-2"). В результате обработки горной породы подземными ядерными взрывами в районах, где размещались нагнетательные скважины, в несколько раз возрастала их приемистость. Увеличение емкости обуславливалось образованием большого объема пустот в столбе обрушения породы в полость взрыва, что позволяло снизить требования к закачиваемым растворам, а также способствовало улучшению экологической обстановки в регионе [26].

Кроме указанных выше направлений мирного использования ядерных взрывов определенный промышленный масштаб получило еще одно - это ликвидация аварийных газовых фонтанов. Все другие направления являлись опытно-промышленными или даже чисто научно-исследовательскими.

Интерес могут представлять сведения о распределении мирных ядерных взрывов по годам их проведения в бывшем СССР. Такие данные приведены в табл. 1.5.

Как свидетельствуют данные табл. 1.5, максимальное количество (11) ядерных взрывов в мирных целях приходится на 1984 г. Всего за период с 1965 г. по 1988 гг. было осуществлено 124 таких взрыва на 115 технологических площадках, расположенных в разных регионах бывшего СССР. Достаточно подробные сведения обо всех мирных ядерных взрывах с указанием места и времени их проведения, глубины заложения заряда и его энерговыделения, а также о радиационной обстановке и состоянии объекта после каждого такого взрыва представлены в Приложении 1.1.

Следует особо отметить, что ни одного мирного ядерного взрыва не проводилось без строго соблюдения требований безопасности, заложенных в технических проектах.

**Распределение мирных ядерных взрывов по годам их проведения
в Советском Союзе**

| Год | Количество взрывов | Щифр |
|--------------|--------------------|---|
| 1965 | 4 | СИП, СИП, Буган, Буган-1,2 |
| 1966 | 2 | Урта, Азгир |
| 1967 | 1 | Тавда |
| 1968 | 4 | СИП, СИП, Памук, Азгир |
| 1969 | 4 | Грифон, Грифон, Тахта-Кугульта, 2-Т |
| 1970 | 3 | Магистраль, 6-Т, 1-Т |
| 1971 | 8 | Тайга, СИП, Азгир, Сапфир, Глобус-1, Глобус-2, Глобус-3, Глобус-4 |
| 1972 | 8 | Кратер, Факел, Днепр-1, Регион-1, Регион-2, Регион-3, Регион-4, Регион-5 |
| 1973 | 5 | Кама-2, Сапфир, Меридиан-1, Меридиан-2, Меридиан-3 |
| 1974 | 6 | СИП, СИП, Кама-1, Горизонт-1, Горизонт-2, Кристалл |
| 1975 | 3 | Галит, Горизонт-3, Горизонт-4 |
| 1976 | 3 | Галит, Азгир, Ока |
| 1977 | 7 | Галит, Азгир, Метеорит-2, Метеорит-3, Метеорит-4, Метеорит-5 |
| 1978 | 9 | Галит, Галит, Галит, Азгир, Вятка, Кратон-1, Кратон-2, Кратон-3, Кратон-4 |
| 1979 | 9 | Галит, Кливаж, Азгир, Азгир, Азгир, Шексна, Кимберлит-1, Кимберлит-3, Кимберлит-4 |
| 1980 | 5 | Вега-1Т, Ангара, Буган, Буган, Батолит-1 |
| 1981 | 5 | Пирит, Вега-2Т, Вега-4Т, Гелий-1, Шпат-2 |
| 1982 | 8 | Вега-3Т, Вега-5Т, Вега-6Т, Вега-7Т, Нева-1, Рифт-1, Рифт-3, Рифт-4 |
| 1983 | 9 | Лира-1Т, Лира-2Т, Лира-3Т, Вега-8Т, Вега-9Т, Вега-10Т, Вега-11Т, Вега-12Т, Вега-13Т |
| 1984 | 11 | Днепр-2, Лира-4Т, Лира-5Т, Лира-6Т, Вега-14Т, Вега-15Т, Гелий-2, Гелий-3, Кварц-2, Кварц-3, Кварц-4 |
| 1985 | 2 | Бензол, Агат |
| 1986 | 0 | |
| 1987 | 6 | Гелий-4, Гелий-5, Нева-2, Нева-3, Нева-4, Батолит |
| 1988 | 2 | Рубин-1, Рубин-2 |
| ВСЕГО | 124 | |

1.2.3. ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МИРНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ

В Программе № 7, которая определяла объем и сроки реализации работ в промышленности с использованием ядерно-взрывных технологий, содержался большой раздел, посвященный вопросам обеспечения сейсмической и радиационной безопасности

при проведении ядерных взрывов. Основу безопасности составляли следующие принципы:

- обеспечить надежную защиту обслуживающего персонала и населения от вредного воздействия различных факторов в момент проведения промышленного подземного ядерного взрыва;
- исключить возможность облучения населения выше санитарно-гигиенических нормативов при эксплуатации созданных с помощью ядерных взрывов объектов и при потреблении продукции, поступающей с этих объектов;
- исключить возможность облучения выше допустимых нормативов персонала, обслуживающего объекты, созданные с использованием ядерно-взрывных технологий;
- не возлагать на будущие поколения необходимости соблюдения каких-либо ограничений или проведения каких-либо мероприятий по обеспечению радиационной безопасности при использовании территорий, на которых функционировали, а затем были ликвидированы или законсервированы объекты, созданные с помощью подземных ядерных взрывов;
- получить ощутимую выгоду и исключить ущерб в будущем от проведения промышленных ядерных взрывов.

В рамках реализации Программы №7 все работы по созданию и совершенствованию ядерно-взрывных технологий следовало вести как в направлении использования взрывов наружного действия (взрыв на выброс грунта), так и взрывов внутреннего действия (камуфлетных взрывов).

Необходимо отметить, что каждый ядерный взрыв на территории СССР осуществлялся только с разрешения (на основании постановлений) высших органов государственного управления и в соответствии с заранее разработанным проектом. Материалы проекта на каждом этапе его разработки рассматривались на заседаниях специальных межведомственных комиссий, в состав которых входили ведущие ученые и специалисты в области радиоэкологии, санитарии и гигиены, эпидемиологии и др. Для решения вопросов безопасности проведения каждого мирного ядерного взрыва создавалась особая комиссия, без положительного заключения которой не начиналось практическое выполнение ни одного этапа разработанного проекта.

Практическое осуществление взрыва проходило под руководством специально назначаемой на каждый взрыв Государственной комиссии, в состав которой обязательно входил представитель 3-го Главного управления при Минздраве СССР (ныне Федеральное управление Медико-биологических и экстремальных проблем при

Минздраве России - ФУ "Медбиокстрем"). Основной задачей комиссии являлось точное выполнение каждого этапа проекта и соблюдение предусмотренных проектом условий полной безопасности осуществления взрыва. Обязательным было выполнение трех основных требований: непревышение установленного дозового предела, исключение всякого необоснованного облучения, а также снижение дозы излучения до возможно низкого предела.

В требованиях по защите окружающей среды от радиоактивного загрязнения при проведении работ по таким проектам отмечалось, что уровень безопасности, необходимый для защиты человека, будет достаточным и для защиты других живых существ и растений (флоры и фауны).

Содержание мероприятий, обеспечивающих радиационную безопасность на различных стадиях использования ядерно-взрывных технологий, имели свои особенности, о чем свидетельствуют изложенные ниже данные.

1.2.4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВОВ

Для реализации Программы №7 требовалась разработка такого проекта на проведение взрывов, который предусматривал бы целый комплекс мер, обеспечивающих радиационную безопасность населения и персонала. За исключением отдельных и достаточно редких случаев такой комплекс мер всегда выполнялся, чем полностью обеспечивалась радиационная безопасность.

Так, из 79 камуфлетных взрывов, произведенных в рамках выполнения Программы №7, только при осуществлении двух из них произошел значимый выход радиоактивных продуктов в атмосферу. Связано это было с нарушением выполнения проектных решений и технологических требований. В одном случае нештатная радиационная ситуация (НРС) возникла в результате аварийного выброса радиоактивных продуктов по разгерметизированному стволу скважины "Кратон-3", вызвав образование радиоактивного следа, длина которого в настоящее время составляет примерно 2 км. В другом случае на объекте "Глобус-2" образовалось локальное радиоактивное загрязнение территории размером 100×60 м, обусловленное напорным истечением газовой смеси из скважины при взрыве и при проведении работ по выявлению причин аварии. По результатам анализа и обобщения данных о причинах возникновения этих нештатных радиационных ситуаций разрабатывалось техническое задание на ликвидацию их последствий.

Более сложного решения требовали задачи, связанные с обеспечением радиационной безопасности при проведении экскавационных взрывов (взрывов с выбросом грунта) и взрывов рыхления грунта (вспучивание грунта). После осуществления таких взрывов выход радиоактивных продуктов в атмосферу был неизбежен, поэтому проектом вместе с комплексом мер по обеспечению радиационной безопасности населения и персонала предусматривался и выход продуктов взрыва. Однако при этом загрязнение окружающей среды должно было ограничиваться только территорий СССР. К сожалению, следует признать, что был случай загрязнения окружающей среды с выходом радиоактивных продуктов за пределы СССР. Это произошло при проведении 23.02.1971 г. последнего экскавационного взрыва в СССР под кодовым названием "Тайга" на трассе предполагавшегося строительства канала Печора-Колва. Для этого взрыва три специальных заряда мощностью 15 кт каждый были заложены в линию на глубину 127 м. Расстояние между зарядами составляло 165 м. Таким способом рассчитывали получить ширину траншеи примерно на 10% больше, чем диаметр единичной воронки. После взрыва образовалась траншея длиной около 700 м и шириной 340 м, однако глубина ее составила всего 10-15 м. После этого взрыва, даже несмотря на то, что для его проведения были использованы новые ядерные заряды с очень малой мощностью по делению, образовался локальный след радиоактивного загрязнения, длина по накопленной за первый год после взрыва величине дозы, равной 0,5 сЗв составляла примерно 25 км. Радиоактивные продукты были обнаружены за пределами СССР в ряде стран, включая Швецию и США, руководство которых, рассматривая это событие как нарушение международных договоров, направило протесты руководству СССР [16].

Более подробные сведения о мероприятиях, обеспечивающих радиационную безопасность при проведении промышленных подземных ядерных взрывов с выбросом грунта, представлены ниже в последующих главах.

1.2.5. ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОСВОЕНИИ ОБЪЕКТОВ, СОЗДАНЫХ С ПОМОЩЬЮ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ

После осуществления ядерных взрывов освоение их центральных зон, которые были наиболее сильно загрязнены радиоактивными продуктами, начиналось, как правило, спустя 5-6 месяцев. К этому времени короткоживущие радиоактивные инертные газы (РИГ), а также легколетучие и подвижные радионуклиды в основном исчезали за счет естественного распада. Выходящий из

полости взрыва через устье буровой скважины газ обычно содержал радиоактивные инертные газы и тритий в газообразной форме и в виде паров воды, кроме того, с буровой жидкостью могли выноситься цезий-137, стронций-90 и другие радионуклиды, в том числе и тритий.

В случае загрязнения грунта в пределах буровой площадки возможно было проведение дезактивации, которая заключалась в срезаии загрязненного грунта, захоронении его в специально подготовленные траншеи (могильники) и в последующей засыпке поверхности буровой площадки свежим грунтом. Проведение таких мероприятий позволяло нормализовать обстановку и обеспечить восстановление естественного гамма-фона на местности. В соответствии с утвержденными проектами собранные после дезактивации отходы, а именно, вышедшие из строя оборудование и материалы, а также загрязненный грунт захоранивали в приустьевой зоне, обеспечивая при этом надежную изоляцию от поверхностных и грунтовых вод и соблюдая все правила радиационной безопасности.

1.2.6. РАДИАЦИОННОЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

В соответствии с требованиями Программы № 7 и технических проектов в опытную, опытно-промышленную и промышленную эксплуатацию принимались лишь те объекты, которые были полностью обустроены и имели все необходимые для работы сооружения. Однако, к большому сожалению, несмотря на то, что обеспечению радиационной безопасности и охране окружающей среды уделялось особое внимание, иногда по разным причинам возникали случаи отклонения от требований проектов или просто по причине халатного отношения персонала к выполнению этих требований.

Вместе с тем, и это необходимо особо отметить, до настоящего времени, то есть в течение длительного времени, осуществляется эксплуатация многих объектов, созданных с помощью ядерных взрывов. Так, с 1965 г. на объекте "Бутан" эксплуатируются скважины 1341, 1375, 1350, предназначенные для интенсификации добычи нефти и повышения коэффициента нефтеотдачи на месторождениях, расположенных в 40 км восточнее г. Мелеуз в Башкортостане. На этом объекте взрывы были осуществлены в нефтенасыщенном коллекторе (геологической формации) при наличии газовой шапки с малым остаточным давлением. В таких условиях значительная часть трития распространялась по всей газовой шапке, поэтому попутный газ, добываемый вместе с нефтью,

в первое время после взрыва был загрязнен тритием. Через три года содержание трития уменьшилось в несколько тысяч раз и не стало превышать 100 Бк/л, то есть допустимого уровня. В настоящее время радиационная обстановка на объекте соответствует фону, однако радиационный контроль не прекращается и ведется постоянно.

Такие же уровни загрязнения нефтяного газа наблюдались и на технологических (зарядных) скважинах объекта "Гелий", расположенного в Пермской области. На этом объекте, благодаря высокому пластовому давлению, газообразные радионуклиды не выходили за зону дробления грунта. Радиоактивное загрязнение нефти и газа не превышало допустимых нормативов. Осколочные радионуклиды (цезий-137, стронций-90 и др.) обнаруживались в следовых количествах только в нефти, извлекаемой из зоны дробления.

На объекте "Грифон", также расположенном в Пермской области, в скважинах 1001 и 1002 взрывы были осуществлены в подошвенной воде на глубине около 1200 м. В течение 7 лет после взрыва на этих объектах не отмечалось выхода радионуклидов. Видимо, это было связано с тем, что столбы обрушения располагались ниже водонефтяного контакта. Однако постепенное снижение пластового давления в результате добычи нефти и использование загрязненной подтоварной воды для поддержания пластового давления стали причиной распространения радиоактивности на части территории месторождения. Результаты анализа проб воды показали, что попутная вода, добываемая вместе с нефтью, в ряде скважин была загрязнена тритием, цезием-137 и стронцием-90. После сепарации воды содержания этих радионуклидов в нефти практически не отмечалось. Ликвидация исследовательской скважины, пробуренной непосредственно в столб обрушения, и рекультивация территории способствовали нормализации радиационной обстановки на объекте до допустимых уровней. Но для этого на объекте пришлось создать поверхностное хранилище промтоходов.

Особо следует подчеркнуть то, что на всех находящихся до настоящего времени в эксплуатации объектах осуществляется постоянный радиационный контроль специалистами служб радиационной безопасности. Такие службы были созданы организациями, эксплуатирующими эти объекты, а находятся они под контролем региональных органов надзора. Все это способствовало тому, что за весь период эксплуатации объектов, созданных с помощью мирных ядерных взрывов, радиационная безопасность их персонала и населения, проживающего вблизи таких объектов, была и остается полностью обеспеченной.

Зарубежные специалисты отмечали, что "...советская программа мирных ядерных взрывов во много раз превышала американскую программу "Плаушер" как по числу исследованных в полевых экспериментах приложений, так и по степени их внедрения в промышленное применение. Несколько применений мирных ядерных взрывов, таких как сейсмическое зондирование или стимуляция нефтяных месторождений, были подробно исследованы и похоже, что они обеспечивают положительную прибыль при минимальном риске для обществу.

...Другие, такие как тушение газовых фонтанов, продемонстрировали уникальную технологию, которая может найти применение там, где прочие методы откажут... В целом программа представила значительные технические усилия для изучения новой технологии, и в ходе ее выполнения был получен большой объем данных, которые представляются довольно благоприятными, хотя лишь небольшая часть этих данных была опубликована." [16].

1.2.7. РАДИАЦИОННОЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАКОНСЕРВИРОВАННЫХ И ЗАКРЫТЫХ ОБЪЕКТОВ

Каждый объект, созданный с использованием ядерно-взрывных технологий, после завершения на нем всех предусмотренных проектом научно-исследовательских и опытно-промышленных работ, а также после прекращения его эксплуатации подлежит закрытию с обязательным оформлением соответствующей документации. На таких объектах должен устанавливаться знак, оповещающий о запрещении ведения буровых работ в радиусе до 300 м.

Ни один объект, созданный с использованием ядерно-взрывных технологий, не может быть ликвидирован из-за наличия в центральной зоне взрыва этого объекта практически неизвлекаемых радиоактивных отходов (продуктов деления, наведенной активности, непрореагировавшей части ядерного заряда). Центральная зона взрыва, по существу, представляет собой могильник радиоактивных веществ - это твердые отходы первой и частично второй групп, в которых радиоактивные вещества самозахоронились в момент взрыва в виде расплавленной породы и шлака, превратившись затем в застывшую стекловидную массу. С целью детального изучения состояния некоторых центральных зон подземных ядерных взрывов горняки-проходчики осуществляли проход специальных выработок (штолен), чтобы затем разрешить доступ в них специалистов-исследователей, а в ряде случаев с поверхности земли бурились скважины и проводились геофизические эксперименты.

Если центральная зона заполнялась водой, то такая вода становилась жидким слабоактивным, а в отдельных случаях и среднеактивным отходом долгоживущих осколков деления и трития.

Следует признать, что отсутствие в настоящее время надежных методов долгосрочных прогнозов (до тысячи лет) поведения таких радиоактивных отходов делает объекты, созданные с использованием ядерно-взрывных технологий, потенциальными источниками миграции радионуклидов, в том числе особо опасных долгоживущих альфа-излучающих нуклидов в подземные воды и окружающую среду. Поэтому на таких объектах необходимо проведение постоянного радиационного контроля местными службами радиационной безопасности и контролирующими органами при участии и методическом надзоре специализированных лабораторий институтов - авторов проектов. Ко всему сказанному следует добавить, что на территориях отдельных объектов находятся такие источники ионизирующих излучений, как грунт, обогатившиеся и промышленные отходы, содержащие цезий-137, стронций-90 и тритий. Но, как правило, эти источники характеризуются низкой радиоактивностью и не представляют опасности для окружающей среды.

Восстановлению нормальной радиозэкологической обстановки на объектах, созданных с помощью ядерных взрывов, может способствовать проведение рекультивационных работ на промплощадках этих объектов, о чем свидетельствуют результаты уже проведенных многочисленных таких работ. На тех объектах, где необходимо создание могильников радиоактивных отходов в районах промплощадок, рекультивационные работы связаны со значительными материальными затратами.

1.2.8. ОСНОВЫ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ БАЗЫ В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ЯДЕРНО-ВЗРЫВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ

Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний, подписанный 24.09.1996 г. пятью ядерными державами (Россия, США, Великобритания, Франция и Китай), был поддержан практически всеми странами мира, исключение составили Индия, Пакистан и Северная Корея. Это дает основание полагать, что в ближайшем будущем ядерные взрывы не будут осуществляться даже в мирных целях, поскольку достаточно трудно провести четкую грань между взрывами ядерных зарядов для военных и мирных целей, хотя определенные отличия, известные специалистам и поддающиеся контролю, существуют. Вместе с тем, нельзя отрицать полностью перспективы использования ядерной энергии в мирных

целях, включая подземные ядерные взрывы для промышленных и научных целей. Чтобы планировать осуществление таких работ и научных исследований по данной проблеме, необходимо провести критический и конструктивный учет и анализ уже имеющегося большого объема тех материалов, которые были получены при использовании ядерно-взрывных технологий в мирных целях и в СССР, и в США.

В настоящее время в России любая деятельность, связанная с использованием радиоактивных материалов, регламентируется Федеральным законом и специальными нормативными документами. Так, на федеральном уровне приняты законы "Об использовании атомной энергии", "О радиационной безопасности населения", "Об охране окружающей среды", "Об экологической экспертизе", "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения", а также "Нормы радиационной безопасности - НРБ-99". Федеральным собранием принят закон "Об обращении с радиоактивными отходами", в обеспечение которого Госатомнадзор разрабатывает более 20 нормативных документов, в том числе таких, как "Захоронение твердых и отвержденных отходов в геологические формации. Требования безопасности" и "Захоронение жидких радиоактивных отходов в геологические формации". В разработке проектов этих документов принимали участие специалисты ВНИПИпромтехнологии Минатома России.

В Федеральной целевой программе "Обращение с радиоактивными отходами и отработавшими ядерными материалами, их утилизация и захоронение на 1996-2005 гг." имеется специальный раздел "Обеспечение экологической безопасности в районах проведения подземных взрывов в народнохозяйственных целях", предусматривающий проведение мероприятий по обеспечению экологической безопасности.

В этой программе отмечено, что в настоящее время в России накоплено около $1,5 \times 10^9$ Ки радиоактивных отходов, а суммарная активность отработавшего ядерного топлива составляет почти $4,65 \times 10^9$ Ки [16]. При этом следует отметить, что имеющиеся в стране производственные мощности не обеспечивают переработку и надежную изоляцию накопленных и вновь образующихся радиоактивных отходов.

Результаты анализа данных о количестве радиоактивных отходов, накопившихся в ходе проведения в 1965-88 гг. подземных ядерных взрывов в мирных целях, свидетельствуют о том, что такие отходы на территории России находятся в основном на глубинах от 500 до 2000 м, а их активность составляет всего 0,05% , а с учетом отработавшего топлива - примерно 0,01% от всей активности отходов, которые хранятся на поверхности земли

в специальных сооружениях и хранилищах. Естественно, что радиационный риск от радиоактивных отходов, находящихся на поверхности земли, во много раз выше, чем от отходов, которые образовались после проведения мирных ядерных взрывов и находятся глубоко под землей.

Вместе с тем, итоги парламентских слушаний на тему "Об экологических последствиях проведенных подземных взрывов", подготовленных и проведенных 09.12.1997 г. по инициативе Комитета Государственной думы, показали, что такая проблема существует и ждет своего решения в связи с изменившимися требованиями Федеральных законов и недостаточной нормативно-правовой базой. Имеется насущная необходимость в разработке нормативной документации и на ее основе - проектов закрытия объектов, созданных с использованием ядерно-взрывных технологий, или регламентов на продолжение их эксплуатации. Кроме того, необходимо разработать и иметь положения о проектировании специальных горных отводов для проведения подземных ядерных взрывов в мирных целях.

1.2.9. О НЕКОТОРЫХ НЕДОСТАТКАХ СОВЕТСКОЙ ПРОГРАММЫ МИРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ

Основным недостатком Государственной программы № 7 "Ядерные взрывы для народного хозяйства", по мнению ряда специалистов, являлась ее секретность. Справедливости ради следует отметить, что и большинство других государственных программ советского периода также были секретными.

В 70-е годы в популярных изданиях СССР появилось несколько статей о возможности и определенной необходимости применения ядерно-взрывных технологий в промышленных целях [7,21,22,27,28 и др.], однако в них отсутствовали какие-либо сведения о районах проведения и количестве промышленных ядерных взрывов, о радиозэкологической обстановке в этих районах и т.д. Эти статьи вряд ли были известны населению, проживавшему вблизи промышленных объектов, созданных с помощью ядерных взрывов. Кроме того, местное население практически не информировалось о подготовке и проведении таких взрывов вблизи районов их проживания.

В конце 80-х годов, когда в СССР наступило время "гласности", в российских газетах и журналах начали появляться публикации, в которых много говорилось о созданных с использованием ядерно-взрывных технологий промышленных объектах в разных регионах страны. Однако информация о таких объектах сводилась

в основном к тревоге о последствиях их эксплуатации, что вызвало чувство страха у людей. Из-за общих низких стандартов промышленной безопасности и защиты окружающей среды, а порой и некомпетентности авторов публикаций общественность готова была верить худшему.

В настоящее время в России имеется около 100 технических площадок, на территориях которых захоронено большое количество радиоактивных материалов (отходов). И хотя находятся они на большой глубине и в состоянии относительной безопасности, тем не менее, производственная деятельность на таких площадках должна постоянно контролироваться, а в определенных случаях - ограничиваться. Даже если каждая из таких площадок будет эксплуатироваться в полном соответствии со стандартами радиационной безопасности, а радиоактивность продукции, вывозимой с этих площадок, будет находиться на уровне естественного фона, то все равно, как показывает опыт двух последних десятилетий в промышленно развитых странах, добиться общественного признания применения ядерно-взрывных технологий в промышленных целях будет практически невозможно [29,30].

Приведенные выше материалы дают определенное представление о содержании Программы № 7 "Ядерные взрывы для народного хозяйства" и об особенностях обеспечения безопасности при ее реализации в бывшем СССР.

Несомненный интерес представляют также данные о содержании американской программы мирного использования подземных ядерных взрывов и ее выполнении.

1.3. ПРОГРАММА МИРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ В США

В середине 60-х годов при проведении очередной серии ядерных испытаний в США на Невадском полигоне сотрудникам оружейных лабораторий стало понятно, что последствия, связанные с выпадением радиоактивных веществ серьезно могут ограничить в будущем испытания ядерного оружия. Поэтому по предложению Э. Теллера - "отца" американской водородной бомбы [31], была рассмотрена возможность проведения подземных ядерных испытаний на такой глубине, откуда бы радиоактивные продукты взрыва не попадали в атмосферу. Постановка этого вопроса послужила основой для проведения эксперимента (кодовое название "Рейниер"), по результатам которого следовало дать ответ о возможности удержания радиоактивных продуктов в зоне ядерного взрыва. Поэтому успешно осуществленный 19.09.1957 г. подземный взрыв

ядерного заряда, предназначенного для военных целей, и полученные при этом результаты стали основой для разработки и реализации специальной программы исследований по применению ядерных взрывов в промышленных и научных целях, которая получила условное название "Плаушер".

Этот подземный взрыв мощностью 1,7 кт был произведен в штольне, пройденной в одной из гор Невадского испытательного полигона, на приведенной глубине 204 м/кт^{1/3} [32]. После взрыва штольня оказалась обрушенной от места установки заряда на расстояние до 60 м. Заметного проникновения радиоактивных веществ в штольню через забивочный комплекс не наблюдалось.

Результаты испытания "Рейниер" и последующих за ним еще пяти подземных ядерных взрывов, осуществленных в октябре 1958 г. ("Тамалпайс" - 0,072 кт, "Нептун" - 0,09 кт, "Логан" - 5 кт, "Бланка" - 19 кт и "Ивенс" - 0,055 кт), показали, что радиоактивность, выделяющуюся при проведении подземных ядерных взрывов, можно удерживать под землей.

Последствия первого подземного взрыва "Рейниер" были изучены достаточно подробно, сведения о степени воздействия факторов взрыва на грунт стали главной частью тех данных, на основании которых была разработана теоретическая модель подземного ядерного взрыва. Для определения распределения радиоактивности и температур в активной зоне взрыва были пробурены несколько скважин (система скважин) и отобраны керны [33]. Помимо скважин в зоне взрыва "Рейниер" были пройдены две штольни. В ходе исследований с использованием скважин и штолен были определены свойства среды, окружавшей центр взрыва. В камере для заряда, размеры которой составляли 1,8×1,8×2,1 м, помещалось около одной тонны взрывчатого вещества. Все эти сведения были использованы при разработке программы "Плаушер", принятой в 1957 г. Комиссией по атомной энергии США и предназначенной для исследования возможностей применения ядерных взрывов в промышленных целях. Эта программа предусматривала:

- конструирование и испытание специальных ядерных зарядов промышленного и научного назначения;
- теоретические и экспериментальные исследования ядерных взрывов в различных средах для накопления данных, необходимых при использовании взрывов в промышленных и научных целях;
- изучение возможных областей применения ядерных взрывов в промышленности и науке;
- разработку и реализацию конкретных проектов ядерных взрывов для промышленных и научных целей.

Краткая история разработки и реализации программы "Плаушер" содержится в сводном докладе, сделанном на Третьем симпозиуме, который проводился в США и был посвящен выполнению работ в рамках этой программы [34].

На выполнение программы "Плаушер" в первые десять лет правительством США было израсходовано свыше 60 млн. долларов, а в 1969 г. общие ассигнования с самого начала работ превысили 110 млн. долларов. Однако затраты Комиссии по атомной энергии США в последние годы реализации программы "Плаушер" по отношению ко всем бюджетным ассигнованиям не превышали 0,8-0,9%, что свидетельствовало о второстепенном значении этой проблемы в отличие от проблем, связанных с разработкой и испытанием ядерного оружия и атомноэнергетических установок для надводных и подводных судов. Следует отметить, что сведения о затратах на развитие различных направлений использования ядерной энергии в мирных целях в бывшем СССР до настоящего времени не опубликованы.

По мере развития в США работ по мирному использованию ядерной энергии непрерывно расширялся круг правительственных и частных научных организаций, а также специализированных частных фирм, интересующихся проблемами применения ядерно-взрывных технологий в промышленных целях. Так, проблемой извлечения нефти из сланцев с использованием таких технологий занимался консорциум из 20 частных компаний; проектом сооружения второго канала через Панамский перешеек с помощью ядерных взрывов на выброс непосредственно была занята известная Компания Панамского канала; в проекте "Кэрриол" (использование ядерных взрывов для строительства железнодорожно-шоссейного перехода в гористой местности) участвовала трансокеанская железнодорожная компания "Санта-Фэ" и Государственный отдел шоссежных дорог штата Калифорния [9].

Однако для проведения таких работ необходимо было разработать специальные ядерные заряды.

1.3.1. РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНЫХ ЯДЕРНЫХ ЗАРЯДОВ

Необходимо отметить, что данных о конструировании специальных ядерных зарядов для реализации программы "Плаушер" публиковалось очень мало. Все вопросы, связанные с изготовлением ядерных устройств, их установкой в штольнях или скважинах, а также с проведения ядерных взрывов всегда решались на уровне правительства США, которое являлось монополистом в области использования ядерно-взрывных технологий в мирных целях.

К промышленным ядерным зарядам предъявлялись следующие требования [35]:

- минимальное выделение радиоактивности после взрыва для наименьшего загрязнения атмосферы и местности (взрывом наружного действия), горных пород и подземных вод (взрывом внутреннего действия);
- максимальное соответствие фактической сейсмической магнитуды взрыва номинальной мощности заряда для получения результатов, заданных в конкретном проекте;
- оптимальные габариты и форма ядерного устройства, соответствующие условиям его спуска и подземной установки;
- минимальная стоимость ядерного заряда и средств его подрыва, обеспечивающая экономичность промышленных ядерных взрывов по сравнению со взрывами обычных химических ВВ.

Для проведения промышленных ядерных взрывов наиболее приемлемыми являются термоядерные устройства, так как основная часть выделяемой при взрыве энергии образуется в результате использования реакций синтеза легких ядер (дейтерий + тритий) и лишь незначительная часть - за счет реакций деления тяжелых ядер (уран-235, плутоний-239). Количество радиоактивных осколков, образующихся при реакции деления, тем меньше, чем меньше доля этой реакции в общем энерговыделении заряда. Реакции синтеза, сопровождающиеся возникновением сильных нейтронных потоков, создают только вторичную наведенную активность как в конструкционных материалах самого заряда, так и в окружающей горной породе. Однако этот процесс можно флегматизировать с помощью специальных оболочек, поглощающих нейтроны. В 1965 г. в США появились специальные ядерные заряды с соотношением энергии синтеза к энергии деления, равным 99:1 [36].

На рис. 1.3 представлена фотография специального ядерного заряда мощностью 5 кт перед спуском его в скважину "Сэлмон". Взрыв этого заряда был произведен на глубине 830 м в соляном куполе, предназначался он для исследования методов засечки, определения местоположения и идентификации подземных ядерных взрывов.

Специальные ядерные взрывы по программе "Плаушер" осуществлялись с 1961 г. по 1973 г. В табл. 1.6 приведены общие сведения об американских подземных ядерных взрывах, которые проводились для решения различных промышленных и научных задач.

Приведенные в табл. 1.6 данные свидетельствуют о том, что из 27 американских мирных ядерных взрывов только 4 (№№ 1, 19,

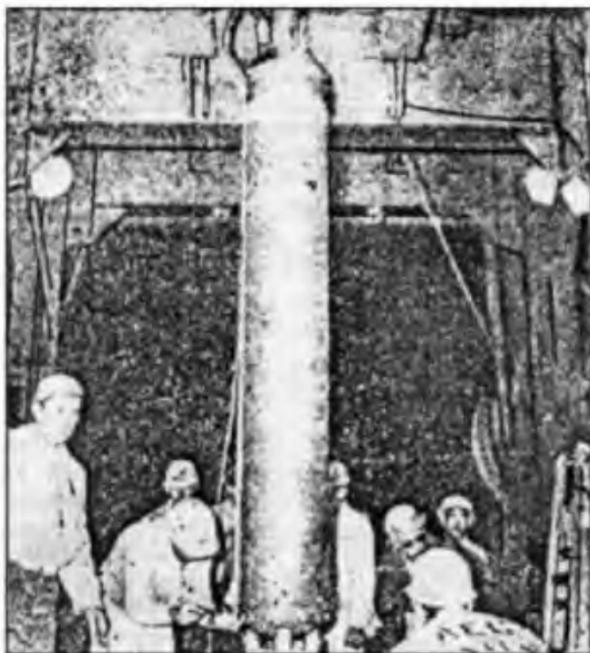


Рис 1.3. Американский специальный ядерный заряд мощностью 5 кт, предназначенный для промышленных взрывов

24 и 27) были осуществлены за пределами Невадского полигона: один взрыв, произведенный в штате Нью-Мексико, предназначался для создания полости в соляном пласте, а три взрыва были осуществлены для стимуляции добычи газа в штатах Нью-Мексико и Колорадо. После этих взрывов, которые можно считать опытно-промышленными, отмечалось значительное увеличение производства газа по сравнению с тем, что добывалось из соседних "обычных" скважин. Объекты, созданные в США с использованием ядерно-взрывных технологий, в промышленной эксплуатации не находились.

Следует отметить, что в начальный период выполнения работ по программе "Плаушер" определенное внимание было уделено разработке таких технологий для экскавации грунта, которые экономически были бы наиболее выгодными, а технически - простыми. Поэтому на Невадском полигоне кроме проведения экспериментов, связанных с разработкой специальных ядерных зарядов для промышленных целей, занимались отработкой этих технологий, а также изучением особенностей радиоактивного загрязнения окружающей среды после осуществления экскавационных ядерных взрывов. Так, на этом полигоне в период с 1961 г. по 1968 г. было проведено шесть экспериментов по отработке технологий

Экспериментальные подземные ядерные взрывы, осуществленные в ходе выполнения программы "Плаушер" [9,17,37]

| Наименование эксперимента | Год проведения взрыва | Мощность взрыва, кт | Краткая характеристика |
|--|--------------------------------|----------------------|--|
| 1. "Гном" (Gnome, операция "Nougat"). В соляном пласте образована полость диаметром 49-52 м. Карлсбад, штат Нью-Мексико. | 12.10.1961 г. | 3,1±0,5 | Взрыв внутреннего действия на глубине 367 м в соляном пласте. Многоцелевое назначение: получение тепловой энергии; производство радиоактивных изотопов; расширение данных по физике нейтронов; изучение эффектов взрыва в каменной соли; накопление данных для конструирования ядерных зарядов промышленного и научного назначения. |
| 2. "Седан" (Sedan, операция "Storax"). Образован кратер (воронка) диаметром 390 м, глубиной 98 м. | 06.07.1962 г. | 104 | Взрыв наружного действия на глубине 193 м в аллювиальных отложениях. Цель - определение технической возможности ядерных взрывов на выброс при строительстве и в горном деле. |
| 3. "Хардчэт" (Anacostia, операция "Dominic II"). Совершенствование ядерных зарядов. | 27.11.1962 г. | 5 | Взрыв внутреннего действия на глубине 282 м в гранодиорите. Цель - изучение военных эффектов, но использован и для программы "Плаушер" ввиду сходства среды (пород) с типичными условиями горных работ. |
| 4. "Шоул" (Kaweah, операция "Dominic II") Совершенствование ядерных зарядов | 21.02.1963 г. | 12 | Взрыв внутреннего действия на глубине 366 м в граните. Цель - улучшение техники засечки, определения местоположения и идентификации подземных ядерных взрывов. Использовался для расчетов по программе "Плаушер". |
| 5. "Сэлмон" (Tomilla, операция "Niblick"). | 11.10.1963 г. | 5 | Взрыв внутреннего действия на глубине 830 м в соляном куполе. Цель - как и "Шоул"; использование для программы "Плаушер" аналогичное. |
| 6. "Кликитат" (Klickitat, операция "Niblick"). 7. "Эйс" (Ace, операция "Niblick"). | 20.02.1964 г. 11.06.1964 г. | В пределах 20-200 | Взрывы наружного действия. Цель - испытание термоядерных зарядов с минимальной долей энергии взрыва за счет реакции деления. |

Таблица 1.6. (продолжение)

| Наименование эксперимента | Год проведения взрыва | Мощность взрыва, кт | Краткая характеристика |
|---|-----------------------|---------------------|---|
| 8. "Даб" (Dub, операция "Niblick"). | 30.06.1964 г. | 20 | Взрыв наружного действия. Цель - проверка теоретических расчетов, связанных с методом размещения ядерного заряда для минимального выброса радиоактивности в атмосферу. |
| 9. "Пар" (Par, операция "Whetstone") | 09.10.1964 г. | 38 | Взрыв внутреннего действия на глубине 405 м в аллювиальных породах. Цель - испытание ядерного устройства, специально сконструированного для производства изотопов тяжелых элементов. |
| 10. "Хэндкар" (Handcar, операция "Whetstone") | 05.11.1964 г. | 12 | Взрыв внутреннего действия на глубине 402 м в доломите. Цель - изучение эффектов ядерного взрыва в этих породах. |
| 11. "Салки" (Sulky, операция "Whetstone") | 18.12.1964 г. | 0,09 | Взрыв наружного действия на глубине 27 м в базальте. Цель - изучение взрывов на выброс с минимальным радиоактивным загрязнением района. |
| 12. "Паланкин" (Palanquin, операция "Whetstone") | 14.04.1965 г. | 4,3 | Взрыв наружного действия на глубине 85,7 м в крепкой сухой породе. Многоцелевое назначение: определение результатов метода размещения ядерного заряда, обеспечивающего минимальный выброс радиоактивности в атмосферу при взрывах на выброс с большой приведенной ЛНС; накопление данных о взрывных воронках для теоретических расчетов; изучение распределения и распада небольшого количества радиоактивности, выделяющейся в атмосферу. |
| 13. "Темплер" (Templar, операция "Flintlock"). Совершенствование ядерного заряда для экскавационных работ. | 24.03.1966 г. | менее 20 | Взрыв наружного действия на глубине 151 м. |

Таблица 1.6. (продолжение)

| Наименование эксперимента | Год проведения взрыва | Мощность взрыва, кт | Краткая характеристика |
|--|-----------------------|---------------------|---|
| 14. “Вулкан” (Vulkan, операция “Flintlock”) | 25.06.1966 г. | 25 | Взрыв в скважине на глубине 322 м. Эксперимент по производству тяжелых элементов. |
| 15. “Саксон” (Saxon, операция “Latchkey”). Совершенствование ядерного заряда для экскавационных работ. | 28.07.1966 г. | менее 20 | Взрыв в скважине на глубине 152 м. |
| 16. “Сайм” (Simms, операция “Latchkey”). Совершенствование ядерного заряда для экскавационных работ. | 05.11.1966 г. | менее 20 | Взрыв в скважине на глубине 198 м. |
| 17. “Свитч” (Switch, операция “Latchkey”). Совершенствование ядерного заряда. | 22.06.1967 г. | менее 20 | Взрыв внутреннего действия. Цель - испытание новой конструкции ядерного устройства с минимализацией радиоактивных продуктов деления ядер и наведенной активности после взрыва. |
| 18. “Марвел” (Marvel, операция “Crosstie”). Эксперимент по отработке техники опускания ядерного заряда в скважину глубиной 176 м. | 21.09.1967 г. | 2,2 | Взрыв наружного действия. Цель - разработка особых способов размещения ядерного устройства для максимальной консервации под землей радиоактивных продуктов взрыва. |
| 19. “Гэзбагги” (Gasbuggy, операция “Crosstie”). Совместный эксперимент правительства и промышленности. Фарминтон, штат Нью-Мексико | 10.12.1967 г. | 29 | Промышленно-экспериментальный взрыв внутреннего действия на глубине 1292 м для стимуляции добычи природного газа. |
| 20. “Кабриолет” (Cabriolet, операция “Crosstie”). Образование кратера (воронки). | 06.01.1968 г. | 2,3 | Взрыв наружного действия на глубине 52 м. Цель - изучение взрывов с малым выделением радиоактивности в атмосферу. |

Таблица 1.6. (окончание)

| Наименование эксперимента | Год проведения взрыва | Мощность взрыва, кт | Краткая характеристика |
|---|-----------------------|---------------------|--|
| 21. "Багги" (Baggy, операция "Crosstie"). Эксперимент по строительству траншеи. | 12.03.1968 г. | 5,5 | Групповой взрыв на глубине 41 м линейно расположенных ядерных зарядов для образования траншеи. Всего взорвано пять зарядов по 1,1 кт каждый. |
| 22. "Стодлард" (Stoddard, операция "Bowline"). Совершенствование ядерного заряда для экскавационных работ. | 17.09.1968 г. | 20-200 | Взрыв наружного действия. |
| 23. "Скунер" (Schooner, операция "Bowline"). Выход радиоактивности обнаружен за пределами полигона. | 08.12.1968 г. | 30 | Взрыв в скважине на глубине 111 м (крепкие породы) |
| 24. "Рулисон" (Rulison, операция "Mandrel"). Стимуляция добычи газа. Град-Велли, штат Колорадо | 10.09.1969 г. | 8 | Взрыв внутреннего действия в скважине на глубине 2573 м. |
| 25. "Фласк" (Flask, операция "Mandrel"). | 26.05.1970 г. | 105 | Взрыв внутреннего действия в скважине на глубине 531 м. |
| 26. "Минэйт" (Miniata, операция "Grommer"). Совершенствование ядерного заряда. | 08.07.1971 г. | 83 | Взрыв в скважине на глубине 529 м. |
| 27. "Рио Бланко" (Rio Blan-co, операция "Toggle"). Стимуляция добычи газа. Райфл, штат Колорадо. | 17.06.1973 г. | 33 кт×3 | Три взрыва, каждый произведен на разной глубине: 1780 м, 1898,9 м и 2039,1 м. Расстояние между взрывами было равно 130 м. |

Примечание: Взрывы без указания места их проведения осуществлялись на Невадском испытательном полигоне.

образования воронок при ядерных взрывах мощностью от 0,1 до 100 кт, а для проверки в работе и совершенствования специальных ядерных устройств было осуществлено девять ядерных взрывов в период с 1963 г. по 1970 г.

На Невадском полигоне в 1967 г. при взрыве "Марвел" была испытана специальная система размещения ядерного заряда. Эта система состояла из заполненного воздухом горизонтального тоннеля диаметром 1 м и длиной 122 м, который "примыкал" непосредственно к ядерному заряду. Предполагалось, что такое устройство позволит отвести значительную часть радиоактивных веществ в сторону от места взрыва ядерного заряда.

При реализации программы "Плаушер" большое внимание уделялось изучению "вредных" факторов ядерных взрывов: радиационным факторам, воздушной ударной волне, сейсмическим колебаниям, а также степени их воздействия на окружающую среду. В ходе проведения исследований разрабатывались методы количественной оценки вредных эффектов с учетом их пространственного распространения, а также способы предупреждения и подавления их воздействия.

Как уже отмечалось, почти все американские подземные ядерные испытания осуществлялись на Невадском полигоне. Для их проведения в основном использовались скважины, пробуренные с поверхности. После 1950 г. для ядерных испытаний было пробурено более 150 скважин диаметром от 0,7 до 4 м и глубиной до 1,3-2,5 км. Были разработаны новые методы бурения и модернизировано оборудование для роторного бурения скважин большого диаметра. Средние скорости проходки составляли 230-250 погонных метров в месяц [9]. В большинстве случаев глубокие скважины бурились с помощью сжатого воздуха, что способствовало удалению продуктов разрушения из забоя и охлаждению забойного оборудования. Крепление (обсадка) пробуренных скважин велось металлическими трубами различного диаметра.

Кроме выполнения работ, непосредственно связанных с подготовкой мест взрыва, велась работа по разработке и совершенствованию различных специальных устройств и приспособлений для перевозки, сборки и установки ядерных зарядов на боевые позиции. Большое внимание уделялось совершенствованию забивочных комплексов для исключения прорыва продуктов взрыва в атмосферу и радиоактивного загрязнения местности и объектов окружающей среды.

В разработке теоретических вопросов обеспечения сейсмической и радиационной безопасности при проведении подземных ядерных взрывов в промышленных и научных целях участвовало большое

количество правительственных и частных научно-исследовательских организаций США. Работы велись под руководством Комиссии по атомной энергии и при ведущей роли Радиационной лаборатории им. Лоуренса Калифорнийского университета.

1.3.2. ПРОЕКТЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ

Международное научное сообщество в 70-е годы изучало и широко обсуждало при участии советских и американских специалистов, а также специалистов других стран проблемы, направления и проекты научного и промышленного применения ядерно-взрывных технологий. В ряде проектов предусматривалось использование нескольких сотен ядерных зарядов общей мощностью, превышающей несколько мегатонн, о чем свидетельствуют данные, приведенные в табл. 1.7.

Самым грандиозным проектом промышленного применения ядерных взрывов можно считать проект строительства нового бесшлюзового канала через Панамский перешеек. Существующий до этого канал требовал замены, поскольку стал слишком мал для прохода по нему современных транспортных судов. Стоимость модернизации Панамского канала с ликвидацией шлюзов и доведения его уровня до уровня моря обычными методами оценивалась в 1,8-2,5 млрд. долларов США. Результаты расчетов показывали, что использование ядерной энергии может значительно сократить расходы на строительство канала.

Рассматривалось несколько трасс нового канала. Одной из наиболее удачных была признана трасса № 17 на территории Панама. Длина канала должна была составить 77 км, ширина - 300 м, глубина - 18-150 м, а стоимость - 665 млн. долларов. Для создания такого канала необходимо было осуществить 302 ядерных взрыва суммарной мощностью 167,5 Мт. Наибольшая суммарная мощность взрывов, равная 10-15 Мт, требовалась в районе водораздела, где расположение местности над уровнем моря составляло 336 м.

Численность населения провинции Дарьен и резервации Сан-Блас, где должен был пройти канал, не превышала 40 тыс. человек. Перешеек в этом районе был слабо освоен, там отсутствовали не только железные, но и современные автомобильные дороги.

Сечение канала при ядерной экскавации грунта должно было значительно превышать площадь сечения канала, сооружаемого обычными методами. Типовое сечение канала, созданное с помощью ядерного взрыва, показано на рис. 1.4. Ширина сечения должна была составить 300 м, а глубина 18 м.

Проекты промышленного применения ядерных взрывов [9,16,17]

| Наименование проекта | Целевое назначение | Местоположение | Суммарная мощность ядерных взрывов, кт | Организации, участвовавшие в составлении и реализации проекта |
|-------------------------------------|---|---|--|--|
| 1. Взрывы наружного действия | | | | |
| “Черриот” | Строительство закрытой морской гавани с входным каналом. | Северо-западное побережье Аляски, около мыса Томпсон, США | 460 | КАЭ и Геологическое управление США. |
| Второй Панамский канал | Строительство судоходного бесшлюзового канала через Панамский перешеек | Вариант I (трасса 17) Сасарди-Морти, Панама. Вариант II (трасса 25) Атрото-Труандо, Колумбия | 166×10 ³ 271×10 ³ | КАЭ США, Компания Панамского канала |
| Речной канал Тенесси-Томбигби | Строительство судоходного речного канала между реками Тенесси и Томбигби | Северо-восточная часть шт. Миссисипи США | 30 | КАЭ, Управление развития водных путей Тенесси-Томбигби, Военно-инженерный корпус США |
| “Керриол” | Строительство автожелезнодорожного перехода через реку Бристоль. | Район Барстоу-Ниидлс, штат Калифорния, США | 1730 | КАЭ США, Отдел шоссейных дорог шт. Калифорния, железнодорожная компания “Санта-Фэ”. |
| Морская гавань | Сооружение глубоководной морской гавани для нагрузки рудовозов дедевейтом 100 тыс. т, а также сооружение судоходного канала протяженностью 160 км до железорудного месторождения. | Район Эшбартона, устье р. Роуб, западное побережье Австралии | Нет сведений | Министерство промышленного развития Западной Австралии, КАЭ США |

Таблица 1.7. (окончание)

| Наименование проекта | Целевое назначение | Местоположение | Суммарная мощность ядерных взрывов, кт | Организации, участвовавшие в составлении и реализации проекта |
|---------------------------------------|--|--|--|---|
| 2. Взрывы внутреннего действия | | | | |
| “Слуп” | Подземное выщелачивание меди из бедных руд, раздробленных ядерным взрывом. | Район г. Саффорд, шт. Аризона, США | 20-30 | КАЭ и Горное бюро США, “Кеннекот Коппер Корпорэйшен” |
| “Ойлсэнд” | Добыча нефти из битуминозных песков после разогрева ее для понижения вязкости и дробления массива ядерным взрывом. | Район Эдмонта, Атабаска, Канада | 9 | Нефтяная компания “Ричфилд”, КАЭ США |
| “Тарсэнд” | Дробление нефтеносных сланцев и термический крекинг их на месте залегания ядерными взрывами для извлечения нефти и газа. | Район г. Рифл, шт. Колорадо, США. | 10 | КАЭ и Горное бюро США |
| “Гэзбагги” | Стимуляция дебита природного газа при эксплуатации газовых месторождений | Район г. Фармингтон шт. Нью-Мексико, США | 29 | КАЭ и Горное бюро США, Газовая компания “Эль Пасо”. |
| “Кетч” | Сооружение крупного подземного газохранилища | Один из участков корпорации “Коломبيا гэз систем Сервис” в центральных штатах, США | Нет сведений | Корпорация “Коломبيا гэз систем Сервис” и КАЭ США. |

Примечание: КАЭ - Комиссия по атомной энергии США.

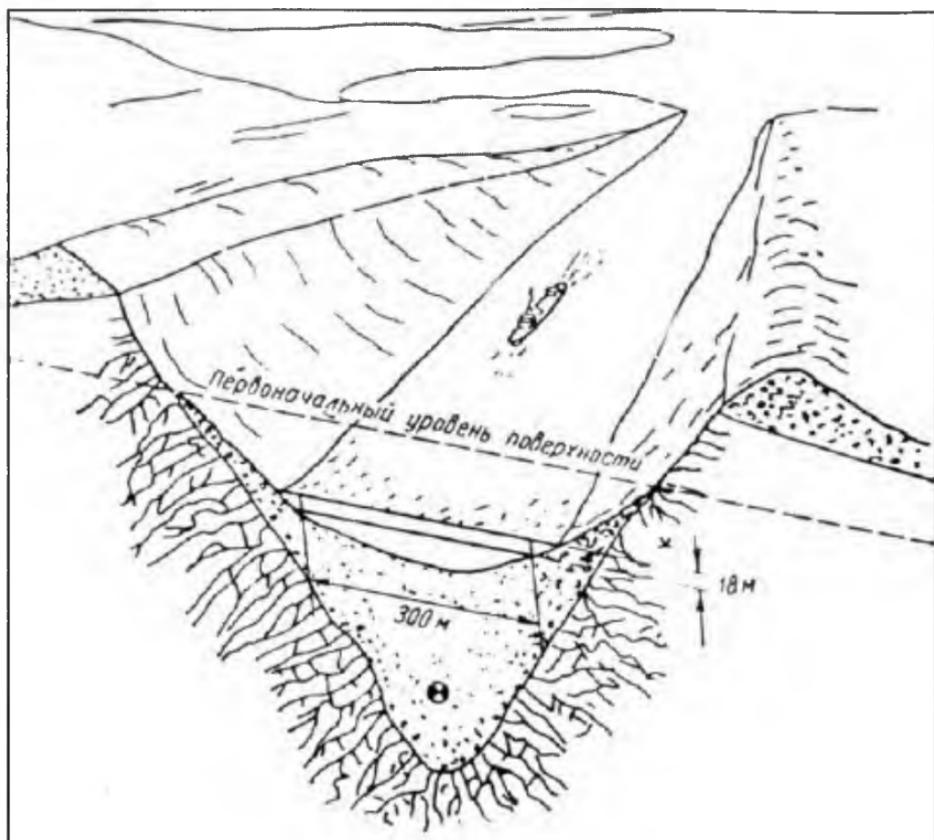


Рис 1.4. Типовое сечение нового канала

В проекте строительства канала была сделана попытка учесть все опасные и вредные факторы подземных ядерных взрывов с выбросом грунта, а именно:

- радиоактивное загрязнение атмосферы, местности, наземных и подземных вод;
- повреждающее действие воздушной ударной волны;
- сейсмические колебания.

Одним из обязательных условий безопасности проведения групповых ядерных взрывов наружного действия являлась эвакуация населения из опасных зон радиоактивного загрязнения. По проекту ширина зоны эвакуации относительно трассы канала должна была составить 50-80 км по Атлантическому побережью Панамского перешейка и до 180 км по Тихоокеанскому (подветренному) побережью. Из района строительства канала планировалось провести полную эвакуацию населения на 2-3 года, то есть на весь период работ с использованием ядерных взрывов.

Безопасность населения за пределами зон эвакуации предполагалось обеспечивать путем выбора для проведения взрывов дней с благоприятными метеорологическими условиями, а также за счет ограничения суммарной мощности одновременно взрываемых ядерных зарядов. При определении условий и разработке мер безопасности использовались уровни облучения, рекомендованные МАГАТЭ и содержащиеся в справочнике "Основные нормы безопасности при защите от излучения" [38]:

- весь организм - 0,5 бэр; гонады - 0,5 бэр; другие органы, костная ткань, кожный покров - 0,5-30 бэр;
- в генетическом плане доза излучения за 30 лет не должна превышать 5 бэр.

Особое внимание уделялось вопросам минимизации размеров зон радиоактивного загрязнения, разработке качественных прогнозов радиационной обстановки и организации контроля за уровнями радиации и доз излучения. Не меньшее значение придавалось решению проблемы радиоактивного загрязнения наземных и подземных вод, особенно загрязнения тритием. Решить проблему трития предполагалось на основе создания новейших термоядерных зарядов со сниженной интенсивностью выхода нейтронов в окружающее пространство.

В качестве мер защиты от воздействия сейсмического фактора на весь период проведения ядерных взрывов была рекомендована эвакуация людей из вызывающих опасение зданий с обязательным профилактическим укреплением таких зданий [9].

Следует отметить, что проект строительства нового Панамского канала на уровне моря через Центрально-Американский перешеек для замены существующего поддерживался Комиссией по разработке вариантов создания каналов между Тихим и Атлантическим океанами (ККАТО). Эта комиссия, основанная президентом США Линдоном Джонсоном в 1965 г., продолжала поддерживать проект строительства нового канала до декабря 1970 г., когда, подготовив заключительный доклад о нем [16], завершила свою работу по Панамскому каналу.

К этому времени возросла озабоченность мировой общественности возможным загрязнением окружающей среды, особенно радиоактивными выпадениями после ядерных испытаний в атмосфере. Все это - и завершение работы ККАТО по Панамскому каналу, и протесты общественности - привело к тому, что в начале 70-х годов в США были свернуты работы по выполнению той части программы "Плаушер", которая была связана с экскавационными ядерными взрывами, а несколько позже прекратились работы и по промышленному использованию камуфлетных ядерных

взрывов. Большое значение в окончательном свертывании работ по программе "Плаушер" имело настроение (в основном это были эмоции) общественности США, которой было трудно и даже невозможно принять сам факт использования какого-либо технического продукта (газ, нефть и т.д.), добытого с помощью ядерных взрывов. В декабре 1974 г., после завершения проверки содержания радиоактивности в газе, который добывался в штате Колорадо из скважин, образованных с помощью ядерных взрывов (испытание "Рио Бланко", см. табл .1.6.), были прекращены работы по интенсификации газодобычи, а вскоре и по выполнению других направлений возможного использования камуфлетных ядерных взрывов. В 1977 г. все работы по программе "Плаушер" были полностью прекращены.

Однако имеющиеся в литературе данные свидетельствуют о том, что интерес к использованию ядерной энергии в промышленных и научных целях как у американских, так и у российских специалистов сохраняется до настоящего времени [39-41].

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 1

1. Испытания ядерного оружия и ядерные взрывы в мирных целях СССР. 1949- 1990 гг. / Кол. авторов под рук. В. Н. Михайлова. - Саратов, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 1996. - 66 с.
2. Ядерные испытания СССР. Том 1. / Кол. авторов под рук. В.Н. Михайлова. - Саратов, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 1997. - 286 с.
3. Ядерные испытания СССР. Гидроядерные эксперименты. Инвентаризация затрат плутония. / Кол. авторов под рук. В. Н. Михайлова. - Саратов, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 1998. - 22 с.
4. Ядерные испытания СССР. Том 2. / Кол. авторов под рук. В.Н. Михайлова. - Саратов, РФЯЦ-ВНИИЭФ. Издание Begell-Atom, 1998. - 320 с.+илл.
5. Ядерные испытания СССР. Семипалатинский полигон: обеспечение общей и радиационной безопасности ядерных испытаний. / Кол. авторов под рук. В.А. Логачева. - М.: 2-я тип. ФУ "Медбиоэкстрем", 1997. - 319 с.+илл.
6. Ядерные испытания СССР. Новоземельский полигон: обеспечение общей и радиационной безопасности ядерных испытаний. / Кол. авторов под рук. В.А. Логачева. - М.: ИздАт, 2000. -487 с.+прилож.
7. Атомные взрывы в мирных целях. / Сб. стат. под ред. И.Д. Морохова. - М.: Атомиздат, 1970. - 123 с.
8. Ядерные взрывы в СССР. Вып. 4. Мирное использование подземных ядерных взрывов. / Кол. авторов под рук. В.Н. Михайлова. - М.:ВНИ-ПИПромтехнологии, 1994. - 162 с.

9. Киреев В.В., Ершов Н.Н., Протопопов Д.Д. Промышленные ядерные взрывы (зарубежные исследования). - М.: Атомиздат, 1971. - 174 с.
10. Шустов В.В. Советский Союз и проблемы прекращения испытаний ядерного оружия. - М.: Атомиздат, 1977. - 129 с.
11. Бабаев Н.С., Адамов Е.О., Рыжов М.Н., Соболев И.А. МАГАТЭ. Научное издание. - М.: Грин Лон, 1997. - 303 с.
12. Johnson G. W., Higgins G. H., J. Brit. Nucl. Soc., 5, № 1, 60 (1966).
13. United Nations General, Official Records: Fourth Session, Ad Hoc Political Committee, Thirty-Third Meeting, (November 10, 1949), p. 188.
14. Покровский Г.И. Начало эры атомной энергии. Техника - молодежь, № 9, 1954.
15. Покровский Г.И. О применении ядерных взрывов для промышленных целей. Горный журнал, т. 1, 1956. - С. 29-32.
16. Наука и всеобщая безопасность. Технические предпосылки для политических инициатив по контролю над вооружениями и проблемами окружающей среды. Том 1, вып. 1. Пер. с англ. Принстонский унив. США, 1998. - 49 с.
17. Ядерные взрывы для промышленных и научных целей на территории бывшего СССР. Аналитический обзор. - М.: ЦНИИАтоминформ, 1997. - 61 с.
18. Договор о нераспространении ядерного оружия. Сборник документов. М.: Политиздат, 1997. - С. 43-51.
19. Степанов Ю. С. Радиационная безопасность населения при проведении промышленных подземных ядерных взрывов с экскавацией грунта. Дис. на соиск. уч. ст. докт. техн. наук. Москва, 1985. - 305 с.
20. Творцы ядерного века. Е.П. Славский. Страницы жизни. - М.: ИздАт, 1998. - 238 с.
21. Peaceful Nuclear Explosions IV. Proceedings of a Technical Committee, Vienna, 20-24 January 1975. IAEA, Vienna, 1975.
22. Израэль Ю. А. Мирные ядерные взрывы и окружающая среда. - Л.: Гидрометеиздат, 1974. - 135 с.
23. Мясников К.В., Касаткин В.В., Ахунов В.Д. Научно-технические и экологические аспекты подземных ядерных взрывов в мирных целях, проведенных на территории России. // Геоэкология, № 6, 1998. - С. 41-52.
24. Пинаев В.С. Особенности развития технологии ядерных взрывов в мирных целях, Тезисы доклада на второй междунар. конф. специалистов по вопросам истории ядерного оружия в Вашингтоне 16-19 июня 1998 г., США.
25. Бакиров А.А., Бакиров Э.А. Применение подземных ядерных взрывов в нефтедобывающей промышленности. // - М.: МИНХ и ГП им. И.М. Губкина, "Недра", 1981. - 198 с.
26. Приходько Н.К., Мясников К.В., Титов В. Д. Использование ядерных взрывов при подземном захоронении промстоков. // Горный вестник, 1997, № 2. - С. 44-48.
27. Kedrovski O.L. The Application of Cratering Explosions in Industry and Construction (IAEA-PL-388/21). Peaceful Nuclear Explosions. Proceeding of a Panel, Vienna, 2-6 March 1970, - pp. 377-404.
28. Кривохатский А.С., Кацапов В.И. Радиационная безопасность при технических ядерных взрывах. - М.: Атомиздат, 1971. - 60 с.

29. Горяинов С. 600 подземных ядерных взрывов. // Неделя, № 35, 1997.
30. Горяинов С. Ядерная катастрофа в Якутии. 1978 год. // Неделя, № 36 1997.
31. Griggs D., Teller E. Deep underground test shots Lawrence Radiation Lab., Univ. Calif., UCRL-4659, 1956.
32. Подземные ядерные взрывы. Пер с англ. / Под ред. В. И. Кейлис-Бороко и Ю.В. Ризниченко. - М.: Изд. иностр. лит., 1962. - 247 с.
33. Johnson G.W., Pelsor G. T., Preston R.G., Violet C.E. The underground nuclear denonation of Sept. 19, 1957; Rainier, Lawrence Radiation hab., Univ. Calif., UCRL-5124, 1958.
34. Johnson G.W. Proceedings of the Third Plowshare Symposium, April 1964. - p. 3.
35. Nuclear Explosives. Nuclear Blasting. Mining Engineering, 19, № 10, 128 (1967).
36. Grierson A., Johnston H. Mining Annual Review, May 1966. - p. 123.
37. United States Nuclear Tests, July 1945 through September 1992, DOE/NV-209 (1994).
38. Основные нормы безопасности при защите от излучения. Серия изданий по безопасности, № 9, МАГАТЭ, Вена, 1963.
39. Milo D. Nardyke. The Soviet Program for Peaceful uses of Nuclear Explosions. Center for Global Security Research, LLNL, October 1996. - p. 71.
40. Ядерные взрывные технологии в мирных целях. // Бюлл. ЦОИ по атомн. энергии. 2000, № 1. - С. 3-4.
41. Битков В., Левченко Н. Есть ли будущее у ядерных взрывных технологий. // Там же. - С. 8-14.

Глава 2

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОЙ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Как уже отмечалось выше, одной из основных проблем при использовании ядерно-взрывных технологий в промышленных целях была проблема обеспечения сейсмической и радиационной безопасности при подготовке и проведении подземных ядерных взрывов. Реализация программы мирного использования ядерной энергии предусматривала осуществление нескольких разновидностей подземных ядерных взрывов, а именно, взрывов внутреннего действия (камуфлетные) и взрывов наружного действия (экскавационные или с выбросом грунта), а также промежуточных - взрывов на вспучивание (рыхление) грунта или на образование провальных воронок. Для обоснования основных принципов обеспечения сейсмической и радиационной безопасности при проведении таких взрывов необходимо было знать механизмы их развития, а также поведение образующихся при их осуществлении радиоактивных веществ.

Следует отметить, что каждой разновидности промышленных ядерных взрывов соответствуют вполне определенные характеристики (параметры) радиоактивного загрязнения окружающей среды и распределения биологически значимых радионуклидов в различных структурах горных пород и в атмосфере, если, естественно, имел место выход этих радионуклидов на свободную поверхность. Вместе с тем, особенности радиационной обстановки, которая складывалась после каждого произведенного промышленного подземного ядерного взрыва, определяли комплекс мероприятий, обеспечивающих безопасность персонала и населения. Поэтому, с точки зрения авторов, классификация промышленных ядерных взрывов может представлять определенный интерес для читателей.

2.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ

Большой объем работ в СССР, связанных с разработкой крупнейших месторождений различных полезных ископаемых, расположенных в разных малонаселенных районах страны, строительство в засушливых районах каналов и водохранилищ, создание подземных хранилищ для нефти и газа, а также другие виды работ требовали разработки и применения новых промышленных технологий. Советские ученые предложили для этих целей использовать ядерно-взрывные технологии, создавая тем самым широкие перспективы применения подземных ядерных взрывов в народном хозяйстве страны. Все взрывы, которые использовались в СССР для промышленных и народнохозяйственных целей, можно разделить на две большие группы: это - камуфлетные ядерные взрывы (взрывы внутреннего действия) и ядерные взрывы с выбросом грунта (взрывы наружного действия).

Камуфлетные взрывы могут быть полного внутреннего действия (полный камуфлет) и неполного внутреннего действия (неполный камуфлет).

Взрыв полного внутреннего действия - это подземный ядерный взрыв на сравнительно большой глубине, при проведении которого не образуется прямой гидрогазодинамической связи между центром заложения заряда и средой обитания человека, а также отсутствует напорный выход или истечение радиоактивных продуктов в атмосферу [1]. При таких взрывах могут быть созданы благоприятные условия для захоронения всех образовавшихся продуктов взрыва в недрах земли. Однако эта экологическая приемлемость камуфлетных ядерных взрывов не является единственным условием возможного и успешного их применения в промышленных и научных целях. Помимо этого такие взрывы должны обеспечивать свою технологическую целесообразность и экономическую эффективность [2].

При взрыве неполного камуфлета возможно нарушение целостности поверхности земли в эпицентральной зоне с минимальным выходом в атмосферу радиоактивных продуктов взрыва.

Подземные ядерные взрывы с выбросом грунта (взрывы наружного действия) - это взрывы, которые используются для экскавации, перемещения или дробления больших масс породы на поверхности земли. К взрывам наружного действия относятся и взрывы рыхления (вспучивания), которые сопровождаются образованием купола вспучивания вследствие дробления пород от центра взрыва и до земной поверхности с последующим рыхлением раздробленных пород и напорным выходом газообразных продуктов взрыва в атмосферу.

Таким образом, по характеру основного эффекта - по механическому действию подземного ядерного взрыва - существуют взрывы наружного действия и полного внутреннего. На рис. 2.1. схематично показаны эффекты действия этих взрывов.

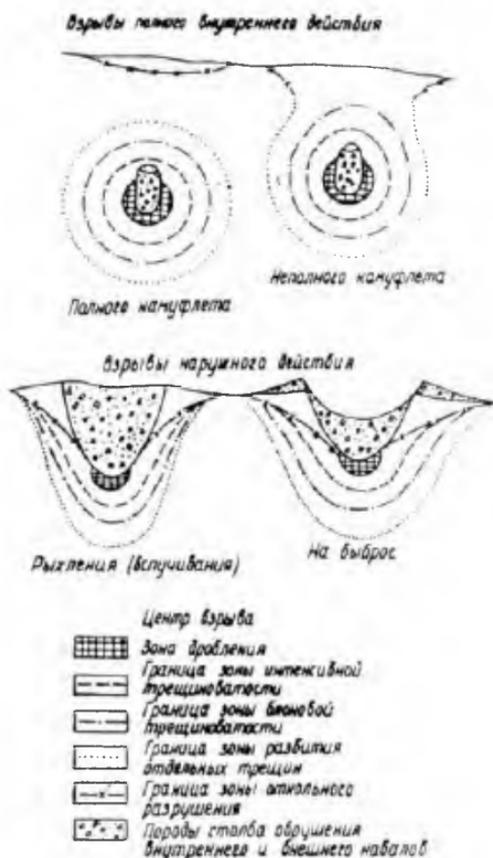


Рис. 2.1. Виды подземных ядерных взрывов.

Подземные ядерные взрывы, как и любые технические механизмы, используемые для строительства крупных гидротехнических сооружений, извлечения из недр больших запасов нефти и газа и тем самым нарушающие на земной поверхности, в частности, в горных массивах естественное равновесие и приводящие к техногенной дестабилизации недр, также относятся к мощным средствам инженерного воздействия на земную поверхность. Ядерные взрывы способны оказать сильное механическое действие на горный массив. При этом происходит образование полостей и зон разрушения, появление полей наведенных напряжений и инициирование сейсмических волн, которые воздействуют на здания и сооружения, находящиеся на поверхности земли на значительных расстояниях от массива [3].

Особое внимание при проведении мирных ядерных взрывов, как известно, уделялось вопросам обеспечения сейсмической и, в первую очередь, радиационной безопасности. Поэтому от специалистов-разработчиков ядерных зарядов требовалось создание таких

взрывных устройств, после применения которых радиоактивное загрязнение окружающей среды было бы минимальным. С этой целью создавались "чистые" ядерные взрывные устройства, в районах взрыва которых проводилось изучение физико-механических характеристик земной поверхности, в частности, горных пород, а также химического и минералогического состава недр. При бурении структурных скважин с отбором кернов* проводилось комплексное исследование нижележащих пластов. Полученные результаты использовались для геологического и гидрологического описаний районов промплощадок. Особенно тщательно фиксировалось залегание газообразующих и водоносных слоев вблизи места заложения ядерного заряда [4].

Приведенная выше классификация мирных подземных ядерных взрывов основана на данных о зависимости интенсивности выхода радиоактивности в атмосферу от приведенной глубины взрыва

$$\bar{H} = \frac{H}{q^{1/3}} \text{ м/кт}^{1/3},$$
 где H - глубина взрыва (линия наименьшего сопротивления) в м, q - энерговыделение заряда в кт.

Для камуфлетных взрывов $H = 90-120 \text{ м/кт}^{1/3}$, для неглубоких взрывов с выбросом грунта и значительным выходом радиоактивности в атмосферу $H = 30-35 \text{ м/кт}^{1/3}$.

В изучении закономерностей развития подземных ядерных взрывов, а также возможностей и способов относительно безопасного применения таких взрывов в промышленных целях принимала участие большая группа советских ученых: Адушкин В.В., Антропов П.Я., Васильев А.П., Вахромеев Ю.С., Гарнов В.В., Дубасов Ю.В., Замышляев Б.В., Зельманов И.Л., Израэль Ю.А., Иванов И.Я., Кедровский О.Л., Кривохатский А.С., Крыницкий В. Г., Куропатенко В.Ф., Лыкин М.С., Магнушев К.И., Морохов И.Д., Мусинов В.И., Мясников К.В., Нович Г.Я., Оруджев С.А., Приходько Н.К., Радионов В.Н., Ржевский В.В., Ромадин Н.М., Садовский М.А., Спивак А.А., Стукин Е. Д., Цытович Н.А. и др.

Работы этих ученых стали классическим пособием при изучении физики подземных ядерных взрывов, закономерностей радиоактивного загрязнения природных сред после применения таких взрывов в промышленных целях, а также при решении вопросов, связанных с обеспечением сейсмической и радиационной безопасности при проведении мирных ядерных взрывов.

В 1968 г. специалистами учреждений Минсредмаша СССР, Минобороны СССР, Академии наук СССР, а также Института

* *Керн буровой - цилиндрический столбик горных пород, остающийся внутри бурового снаряда (колонковой трубы) и поднимаемый с ним на поверхность. Керн служит источником информации о состоянии пород в центральной зоне подземного ядерного взрыва.*

прикладной геофизики Госкомгидромета СССР были разработаны и утверждены соответствующими министерствами "Временные рекомендации по проектированию камуфлетных ядерных взрывов..." [5]. В эти рекомендации были включены методика определения минимально допустимых глубин заложения ядерного заряда, способы забивки штолен и скважин и методика оценки радиоактивного загрязнения атмосферы и поверхности земли. На основе этого документа в течение всего периода применения в СССР ядерных взрывов в промышленных целях разрабатывалась вся проектная документация на проведение таких взрывов. В этот же период был разработан целый ряд расчетных моделей и методов, а именно, модели формирования полости камуфлетного ядерного взрыва, методы оценки давления в ней, состава газовой смеси, размеров зон испарения, плавления, химического разложения горных пород. Использование этих методик позволяло обоснованно и правильно выбирать глубины заложения зарядов для различных по своему назначению промышленных ядерных взрывов.

На всех этапах применения подземных ядерных взрывов в народном хозяйстве, а также опробования их технологий при испытаниях основные требования к возможности проведения таких взрывов определялись условиями Договора 1963 г., главным из которых было недопущение выхода радиоактивных продуктов за пределы территориальных границ СССР.

При проведении подземных ядерных взрывов в промышленных целях была принята такая же классификация радиационных событий, как и при подземных ядерных испытаниях, а именно:

- штатные радиационные ситуации - это ситуации, при которых после подземных взрывов происходит локализация радиоактивных продуктов в горных массивах или под землей, а также ситуации, связанные с заранее предсказуемым выходом радиоактивности в атмосферу, но без значительного остаточного загрязнения поверхности земли за пределами обозначенного участка. Определение штатной радиационной ситуации предполагает также отсутствие незапланированного облучения персонала и потери измерительной информации;
- нештатные радиационные ситуации - это непредсказуемый заранее выход радиоактивных продуктов взрыва в атмосферу, возможность облучения персонала, а также населения, проживающего вблизи района взрыва.

За весь период проведения промышленных ядерных взрывов произошло четыре нештатных радиационных ситуации (См. Приложение 1.1.): первая возникла 22.04.1966 г. на площадке "Галит"

(Казахская ССР) при создании полости А-1 в массиве каменной соли; вторая - 19.09.1970 г. в Ивановской области (РСФСР) при взрыве "Глобус-1", предназначенном для глубинного сейсмического зондирования земной коры; третья - 24.08.1978 г. в Якутии (РСФСР) в районе поселка Айхал тоже при глубинном зондировании земной коры и последняя четвертая нештатная радиационная ситуация возникла 17.01.1979 г. на площадке "Галит" (Казахская ССР) при создании с помощью взрыва двух зарядов полости А-8 в массиве каменной соли. Доля этих четырех взрывов, при осуществлении которых возникли нештатные радиационные ситуации, составляет примерно 3% от общего количества промышленных ядерных взрывов, произведенных на территории бывшего СССР. Естественно, последствия возникновения таких ситуаций изучались специалистами, полученные результаты использовались при подготовке следующих взрывов, что позволяло исключить или свести к минимуму риск подобных и других аварий.

Большое значение для снижения такого риска при проведении камуфлетных взрывов имели сведения, полученные в процессе изучения основных закономерностей развития этих взрывов, о чем свидетельствуют приведенные ниже данные.

2.2. РАЗВИТИЕ КАМУФЛЕТНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ И ОСНОВНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ИХ ПРОВЕДЕНИЯ

При подготовке данного раздела были использованы результаты обобщения имеющихся отечественных и зарубежных материалов, в которых содержатся сведения о механизме развития камуфлетных ядерных взрывов, применяемых в промышленных целях, а также о поведении образующихся при таких взрывах радиоактивных веществ. Эти сведения имели большое значение для обоснования и разработки принципов и критериев организации мероприятий по радиационной безопасности при проведении промышленных подземных ядерных взрывов. Кроме того, для правильной организации мероприятий по радиационной защите персонала и населения необходимо было учитывать свойства окружающей среды в районах проведения взрывов, а также технологические характеристики таких взрывов. Особенно это касалось районов, на территориях которых проводились работы, связанные с интенсификацией добычи нефти и газа.

Следует отметить, что механизм развития камуфлетных ядерных взрывов практически не зависит от соотношения долей энергий, выделяемых при использовании в ядерном заряде как реакций деления, так и реакций синтеза.

2.2.1. ВИДЫ ЭНЕРГИИ, ВЫДЕЛЯЕМОЙ ВЗРЫВОМ, И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИХ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Освобождение энергии ядерного взрыва происходит буквально в течение одной микросекунды, при этом температура заряда увеличивается до десятков миллионов градусов. Вещество заряда, нагретое до таких высоких температур, испускает энергию в виде электромагнитного излучения самого широкого спектра, а именно, от рентгеновского до длинноволнового. Наружные слои зарядного контейнера, поглощая значительную часть этой энергии, начинают светиться и передавать энергию теплового излучения в объем, окружающий заряд.

Нейтроны, вышедшие из зарядного контейнера, снижают скорости своего движения при взаимодействии с веществом (то есть они термализуются) и поглощаются конструкционными материалами и окружающим грунтом, образуя целый ряд новых ядер, некоторые из которых - стабильные, а другие - радиоактивные, причем с различными периодами полураспада - от долей секунды и до тысяч лет.

Все материалы при очень высоких температурах (десятки миллионов градусов) и давлениях (несколько миллионов атмосфер) превращаются в газ или жидкость, поэтому при ядерном взрыве такой период называется газодинамической стадией взрыва.

Важно отметить, что в процессе ядерного взрыва выделяются два вида энергии, которые качественно отличаются друг от друга, и оба вида начинают действовать на окружающую среду практически одновременно.

Один вид - это кинетическая энергия, то есть энергия движения массы. Эта энергия выходит в окружающую среду в виде взрывной (ударной) волны, которая по мере своего взаимодействия с грунтом преобразуется из ударной волны в волну сжатия, а затем - в упругую (сейсмическую) волну. Такой вид энергии за счет ударной волны и волны сжатия образует вокруг центра взрыва область механического преобразования пород, радиус которой в зависимости от физико-механических свойств пород определяется соотношением

$$\bar{R} \approx 80-100 \text{ м/кт}^{1/3}.$$

Начиная с границы области механического преобразования пород, в окружающую среду уходит упругая (сейсмическая) волна, которая распространяется со скоростью звука в какой-либо конкретной породе (2-4 км/с).

Другой вид энергии - это электромагнитное излучение, которое выходит в окружающую среду в очень широком спектре своих колебаний и распространяется в ней со скоростью света.

Коротковолновое излучение интенсивно поглощается близко расположенными к взрыву породами и насыщающими их флюидами (вкраплениями нефти, газа и др.), вызывая в основном их нагревание. Длинноволновое излучение практически не взаимодействует с окружающей средой. Опытным путем установлено, что заметное увеличение температуры практически постоянно наблюдается на приведенном расстоянии, равным $60 \text{ м/кт}^{1/3}$. При этом необходимо отметить, что преобразование окружающей среды энергией электромагнитного излучения осуществляется практически мгновенно.

Приведенные выше два вида энергии, выделяемой при подземном ядерном взрыве, по своей количественной величине практически одинаковы, единственное их существенное различие заключается в скорости выхода каждого вида энергии в окружающую среду. Так, электромагнитное излучение оказывает первичное воздействие, а кинетическая энергия проходит уже по преобразованной среде, существенно изменившей свои тепловые, электрические и прочностные свойства [2].

Качественное различие видов энергии, выделяемой при камуфлетных ядерных взрывах, послужило основанием для условного разделения процесса развития таких взрывов на ряд фаз (стадий), которые начинаются одновременно в момент взрыва, а заканчиваются в различное после взрыва время.

2.2.2. ФАЗЫ РАЗВИТИЯ КАМУФЛЕТНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ

В настоящее время имеются наиболее полные сведения в основном о фазах развития камуфлетных ядерных взрывов в прочных хрупких горных породах (песчаники, алевролиты, доломиты, известняки и т.п.), которые обычно являются матрицей (основой) природных коллекторов - пород, обладающих пустотным объемом, способным вмещать в себя различные флюиды (жидкости, газы).

По физико-механическим свойствам и особенностям деформирования центральных зон под действием взрыва выделяют три основных типа грунтовых сред: скальные, полускальные и мягкие [5].

У скальных пород (граниты, диориты, диабазы и т.д.) общая пористость не превышает 10%. Скорость распространения продольных сейсмических волн в таких породах очень высокая - более 3,5 км/с.

Полускальным грунтам свойственна высокая общая пористость, которая находится в диапазоне от 10% до 50%, с сохранением связности скелета, обладающего значительной прочностью. К таким грунтам могут быть отнесены пористые туфы, песчаники,

известняки и др. Скорость распространения продольных волн в них находится в пределах от 1,5 до 3,5 км/с.

Все остальное грунтовое разнообразие можно отнести к типу мягких грунтов, которые представлены продуктами выветривания горных пород: глинами, суглинками, лессами. Мягкие грунты могут иметь такие же общие пористость и влажность, какие имеют полускальные грунты, но при этом они обладают значительно меньшей прочностью и более низкой, менее 1,8 км/с, скоростью распространения сейсмических волн,

Ниже приведены данные, характеризующие фазы развития камуфлетных ядерных взрывов в скальных и полускальных грунтах. С определенными оговорками эти данные можно отнести и к мягким грунтам.

Первая фаза - фаза тепловых и электрических превращений окружающей среды. Эта фаза происходит за счет энергии электромагнитного излучения и завершается в течение очень короткого времени (доли микросекунд). За это время тепловые превращения существенно изменяют свойства окружающих пород на достаточно больших расстояниях от центра взрыва. Электрические преобразования, видимо, не оказывают существенного влияния на последующие фазы развития взрыва, но способны изменять фильтрационные свойства пористых пород.

Вторая фаза - фаза механического преобразования пород, которая своим происхождением обязана кинетической энергии. Твердые породы, находящиеся за пределами начальной границы зоны расплава, образовавшейся ранее за счет энергии электромагнитного излучения, претерпевают дробление и трещинообразование под действием высокого давления в ударной волне и волны сжатия. Ударная волна разрушает породу до тех пор, пока ее действие превышает предел напряжения давления, необходимого для разрушения породы.

Ближняя к точке взрыва часть области механического преобразования пород включает в себя зону дробления и зону развития блоковой макротрещиноватости, состоящую из взаимно пересекающихся радиальных и тангенциальных макротрещин. В дальней части этой области находятся только окончания радиальных микротрещин*. За счет образования трещин проницаемость пород резко увеличивается и флюиды (жидкости, газы) могут свободно передвигаться во всех направлениях.

* Трещины - это клиновидные нарушения сплошного состояния (сплошности) твердого тела. Условно трещины подразделяются на макро- и микрораскрытости.

Если в ближней части зоны трещинообразования горные породы теряют свою сплошность, а, следовательно, и устойчивость, то в дальней части зоны они сохраняют свои сплошность и устойчивость.

Приобретение породами новых фильтрационных и прочностных свойств в ближней и дальней частях области механического преобразования пород (зоны трещинообразования) является характерной особенностью второй фазы развития камуфлетных взрывов. С границы области механического преобразования пород в окружающую среду уходит упругая (сейсмическая) волна, на которую приходится только около 0,1% от общей энергии взрыва. Эта волна является причиной сейсмического возмущения земной поверхности.

Третья фаза - фаза адиабатического расширения "огненного шара", приводящего к образованию "полости взрыва". Обычно полость расширялась до тех пор, пока не достигалось равенства между давлением испаренной породы и воды внутри полости и полем давления в горной породе. Размеры полости определяются соотношением $R_n \approx 7-8 \text{ м/кт}^{1/3}$ и зависят не только от мощности взрыва, но и от пористости пород, а также от того, какие флюиды (жидкость, газ) заполняют эти поры.

Время сохранения полости взрыва, образованной таким образом, разное: от нескольких секунд до нескольких часов и даже дней. Это зависит от типа горной породы, глубины и мощности взрыва.

Процесс разрушения полости с образованием столба обрушения обычно происходит в заключительной фазе. Разрушение полости развивается вверх в диаметре, примерно соответствующем диаметру полости, и продолжается до тех пор, пока не будет достигнут предел зоны разрушения.

Разрушение полости может происходить по следующим причинам:

- падение давления внутри полости в результате снижения температуры и конденсации газов. Начиналось разрушение полости тогда, когда давление в ней достигало величины, равной 0,7 от пластового давления P_n , испытываемого флюидами. Приток флюидов в сторону полости усиливал процесс разрушения горной породы;
- потеря сплошности пород в результате трещинообразования, что способствовало разрушению полости и формированию "столба обрушения" в пределах этой зоны.

Первоначальный объем полости после ее разрушения в большинстве случаев был равен объему промежутков и щелей внутри разрушенного навала породы. В некоторых случаях количество материала, обрушившегося в полость взрыва, увеличивалось так, что свободный объем, равный объему полости взрыва, мог в итоге существенно уменьшиться.

Возвращаясь к вопросу о времени движения ударной волны в грунте после ядерного взрыва, нужно отметить, что при достижении этой волной поверхности земли образовывалась отраженная волна, которая возвращалась обратно в сторону полости взрыва. Поскольку при растяжении грунт становился непрочным, то он разрушался на отдельные куски, которые с определенной скоростью приподнимались вверх. Это движение грунта в эпицентральной зоне (по линии наименьшего сопротивления - ЛНС) получило название "явление откола".

Схема основных зон, которые образуются в грунте при камуфлетном ядерном взрыве, приведена на рис. 2.2.

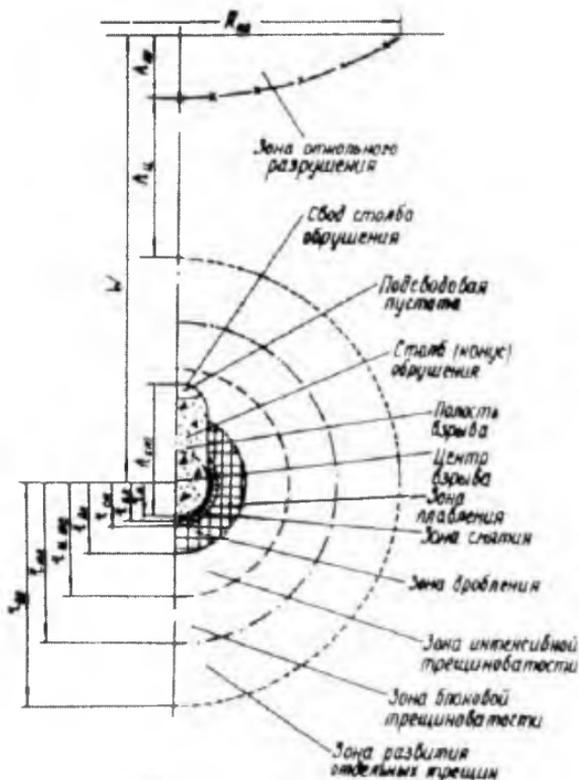


Рис. 2.2. Схематическое строение центральной зоны подземного ядерного взрыва полного внутреннего действия.

$R_{ор}$ — радиус зоны откольного разрушения; $h_{ор}$ — мощность зоны откольного разрушения; $h_{ц}$ — мощность целика ненарушенных взрывов пород; W — глубина заложения заряда, $h_{ст}$ — высота столба (конуса) обрушенных пород; $r_{п}$ — радиус полости; $r_{лп}$ — радиус зоны плавления; $r_{см}$ — радиус зоны смятия; $r_{лп}$ — радиус зоны дробления; $r_{инт}$ — радиус зоны интенсивной трещиноватости вдоль л.н.с.; $r_{бл}$ — радиус зоны блоковой трещиноватости; $r_{ор}$ — радиус зоны распространения отдельных трещин вдоль л.н.с.

Необходимость использования камуфлетных ядерных взрывов в промышленных целях определялась не только созданием зон механического преобразования горных пород под действием кинетической энергии, но и зон электрического преобразования пород под действием электромагнитного излучения, испускаемого при взрыве. Краткие сведения о роли такого излучения приведены ниже.

2.2.3. ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ГОРНЫХ ПОРОД НА ИХ ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА

В период проведения подземных ядерных взрывов было установлено, что эффективность использования пористой структуры горных пород (природного коллектора) для решения различных топливно-энергетических и экологических задач во многом определяется фильтрационными свойствами этих пород, а также возможностями регулирования такими свойствами. Кроме того, было обращено внимание на сложность закономерностей движения пластовых флюидов (жидкостей и газов) в подобных пористых горных породах.

На объекте "Нева" (См. Приложение 1.1.) в ходе опытно-промышленных работ были получены уникальные данные об интенсификации притоков пластовых флюидов с помощью воздействия ядерными взрывами на продуктивный пласт, содержащий углеводородное сырье [2,6]:

- установившийся дебит всех стимулированных взрывом промысловых скважин по их совокупной продукции (нефть+газ) увеличился более чем в 2 раза;
- впервые на большинстве скважин месторождения (объект "Нева") одновременно с газом были получены промышленно значимые притоки нефти (до 30 т/сутки). Ранее, по сведениям об отдаче 40 разведочных скважин, эта залежь считалась только газовой, но не имеющей промышленного значения. Результаты опробования стимулированных скважин дали возможность переоценить тип и значимость этой залежи, определив ее как нефтегазовую;
- прямыми замерами с использованием методов полевой и скважинной геофизики было установлено, что вокруг центра ядерного взрыва образовалась устойчивая область аномальной электрической поляризации пород. Эта область по форме была близка к форме шара с радиусом примерно $300 \text{ м/кт}^{1/3}$.

По результатам работ, проводившихся на объекте "Нева", был сделан обобщающий вывод: электрическое состояние горных пород месторождения оказывает решающее влияние на подвижность

залегающих в них нефти и газа, другими словами, - на категорию запасов этих "продуктов". Кроме того, было установлено, что возникшая область аномальной электрической поляризации является следствием проявления электретных* свойств пород, появившихся в поле мощного электромагнитного излучения взрыва [7]. Оказалось, что большинство горных пород относятся к разряду различных электретов: пьезо-, сегнето-, трибо- и других видов.

Необходимо также отметить, что образуемая ядерным взрывом область электрической поляризации пород является достаточно устойчивым образованием, которое со временем медленно уменьшается и которое можно наблюдать в течение 10 лет и более.

Суть повышения интенсивности добычи нефти и газа после подземного ядерного взрыва заключается в совпадении направлений вектора напряженности электростатического поля, образуемого электретными структурами, и вектора пьезометрического напора. При этом породы с общей пористостью около 4% (мелкогазовые поры) увеличивали свою проводимость не менее чем в 10 раз по сравнению с исходной (без их поляризации), а породы с пористостью - только в 1,5-2 раза. При обратном расположении векторов наблюдалось значительное снижение скорости фильтрации нефти и газа, причем даже по отношению к исходной скорости. Это уменьшение скорости фильтрации углеводородной продукции, как и ее увеличение, находилось в обратно пропорциональной зависимости от величины общей пористости породы, то есть, чем больше пористость, тем меньше фильтрационная реакция на электрическую поляризацию земных недр.

В процессе изучения последствий воздействия камуфлетных ядерных взрывов на окружающую среду было установлено, что эти последствия, связанные с многообразием физических явлений, сопровождающих взрыв, могут быть как долговременные, так и кратковременные:

- долговременные последствия (механические, радиоактивные, химические, электростатические и др.) сохраняются в окружающей среде в течение времени, соизмеримого с периодом функционирования созданного с помощью ядерного взрыва объекта, то есть в течение порядка 20-30 лет;

* "Электрет" - понимается диэлектрик, который под действием определенных энергетических сил может электрически поляризоваться и сохранять наведенную поляризацию достаточно долго. Типичным примером такого явления может служить пьезоэлектрет - кварц, который приобретает новые свойства под воздействием сжимающих сил.

- кратковременные последствия (сейсмическая волна, теплота, электромагнитные наводки и др.) проявляются в окружающей среде в течение ограниченного времени - до нескольких суток или месяцев.

Результаты изучения этих последствий учитывались при создании новых или модернизации существовавших технологий разведки, а также в процессе эксплуатации различных природных месторождений.

Как уже отмечалось выше, одной из фаз развития камуфлетного ядерного взрыва является фаза механического преобразования горных пород, в результате чего породы приобретают новые фильтрационные и прочностные свойства. Поэтому, с нашей точки зрения, определенный интерес могут представлять более подробные данные об этой фазе развития камуфлетного ядерного взрыва.

2.2.4. МЕХАНИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

Механическое преобразование пород под действием ядерного взрыва - это изменение структурных, емкостных и фильтрационных свойств той части окружающей среды, которая остается в твердом состоянии. На рис. 2.3 показано положение области механического преобразования пород, которая образуется по пути движения ударной волны и волны сжатия.

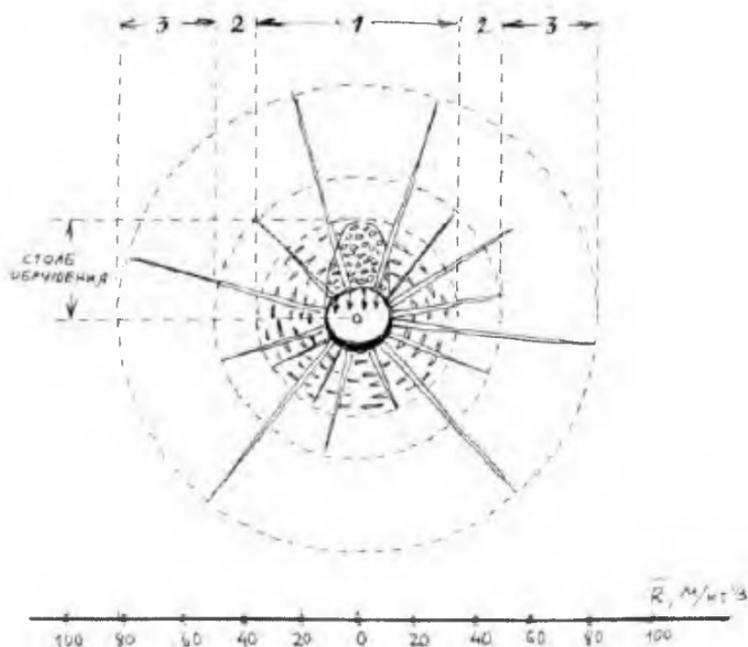


Рис. 2.3. Характерные зоны (1, 2, 3) механического преобразования горных пород ядерным взрывом и их относительные размеры.

Область механического преобразования пород, как правило, имеет форму эллипсоида вращения, вытянутого в вертикальном направлении под влиянием горного давления. Основной вид изменений свойств пород приходится на долю искусственных трещин, которые увеличивают проницаемость пород в пределах этой области. Наиболее значительные изменения проницаемости пород происходят в центральной части области механического преобразования, то есть в той части, где одновременно развиваются радиальные и тангенциальные трещины относительно большой раскрытости, которые позволяют эту часть назвать зоной блоковой трещиноватости, зоной, которая характеризуется малым сопротивлением движению в ней жидкостей и газов (зона 1). Существуют еще две зоны области механического преобразования пород - это промежуточная и внешняя зоны, характеристика каждой из которых приведена ниже.

- Зона 1 - центральная зона взрыва, ограниченная с внешней стороны границей развития блоковой трещиноватости радиусом около $40 \text{ м/кт}^{1/3}$. Эта зона включает в себя "столб обрушения" и находящийся у ее основания отвердевший расплав радиоактивных пород. Примерно 95-98 % выделенных взрывом радионуклидов сосредоточено в этом отвердевшем расплаве и только 2-5% - в пределах остального объема зоны [2].
- Зона 2 - промежуточная зона, расположенная в виде оболочки толщиной $10-15 \text{ м/кт}^{1/3}$ вокруг центральной зоны, характеризуется избыточной остаточной напряженностью пород по сравнению с величиной, определяемой естественным горным давлением, что способствует пережатию всех крупных пустот в этой зоне (стволы скважин при гашении аварийных газовых фонтанов, каверны-пустоты в породе, крупные поры и трещины). Горные породы в этой зоне отличаются повышенным фильтрационным сопротивлением, что приводит к относительному уменьшению поступления, например, нефти через скважину.
- Зона 3 - внешняя зона механического воздействия, приведенный радиальный размер которой равен $80-100 \text{ м/кт}^{1/3}$. В породах этой зоны наблюдалось развитие лишь отдельных радиальных трещин, которые способствовали незначительному увеличению проницаемости пород в направлении образовавшихся трещин.

Результаты сравнения характеристик приведенных зон показывают, что горные породы в зонах 1 и 3, в отличие от зоны 2, обладали повышенными фильтрационными свойствами, тем самым увеличивая эффективный радиус скважин. Это обстоятельство определяло необходимость проведения тщательных исследований пород в зоне 2 при решении всех производственных вопросов [8].

На возможность использования подземных ядерных взрывов в целях интенсификации нефти и газа возлагались большие надежды. Однако результаты работ, связанных со стимулированием добычи нефти и газа с помощью таких взрывов на объектах "Бутан", "Бензол", "Гелий", "Грифон" и др., показали, что прирост дебита таких скважин не соответствовал возлагавшимся надеждам и в большинстве случаев не оправдывал экономических затрат. Незначительный прирост производительности скважин, стимулированных механическим преобразованием горных пород месторождений природных углеводородов, определил необходимость поиска других технологических разработок для решения таких задач.

2.2.5. ТЕПЛОВОЕ ВОЗМУЩЕНИЕ

При ядерном взрыве вокруг его центра практически мгновенно образуется "огненный" шар, заполненный плазмой и различными газами от испарившихся конструкционных материалов зарядов и горной породы. "Огненный" шар окружает слой жидкого расплава породы. Начальные давление и температура внутри этих образований находятся на очень высоких уровнях, обеспечивающих фазовое превращение вещества из твердого в жидкое и газообразное состояния [9-11]. Затем в течение достаточно ограниченного времени, определяемого периодом формирования полости взрыва, давление и температура внутри "огненного" шара снижаются. Давление достигает величины горного давления, а температура уменьшается до критической величины, определяющей начало обратного фазового превращения части испаренной среды в жидкое или твердое состояние.

Дальнейшие изменения давления и температуры в полости взрыва определяются влиянием различных процессов (конденсация газов, обрушение пород в полости взрыва, приток относительно холодных пластовых флюидов и т.д.). Стабилизация остаточных температуры, внутрипустотного и горного давлений происходит ко времени окончательного формирования "столба обрушения".

По результатам проведенных исследований было установлено, что тепловое возмущение, как последствие ядерного взрыва, трудно отнести к разряду долговременных явлений, так как оно ограничено масштабами и не может рассматриваться в качестве средства тепловой обработки залежей природных углеводородов.

Остаточная теплота почти полностью сосредоточивалась в пределах центральной зоны взрыва (См. рис. 2.3.), а температура в ней быстро выравнивалась и стабилизировалась на уровне, превышающем исходную пластовую температуру на 60-70°C. Дальнейшее мед-

ленное понижение температуры происходило в основном за счет движения пластовой жидкости к центру или от центра взрыва. Такое термическое состояние центральной зоны характеризует ее как источник низкотемпературного тепла, который, в принципе, не может представлять серьезной экологической опасности, а следовательно не может рассматриваться как препятствие при использовании камуфлетных ядерных взрывов для самых различных целей [12]. При этом необходимо учитывать, что относительно малая температура такого источника не позволяет рассматривать его и как эффективное средство тепловой обработки залежей нефти и газа.

2.2.6. ОБРАЗОВАНИЕ НОВЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

В условиях высоких температур и давлений, а также под влиянием ионизирующих излучений в зоне ядерного взрыва могут интенсивно развиваться химические реакции, приводящие к образованию новых соединений в различных фазовых состояниях (твердом, жидком или газообразном).

Следует отметить, что изучение свойств образованных новых химических соединений на объектах, созданных с помощью ядерных взрывов, проводилось не по полной программе. Изучались только свойства тех веществ, которые образовывались в достаточно больших количествах и могли оказать влияние на работоспособность технологического оборудования или на процессы эксплуатации объекта.

По результатам анализа материалов исследований, проведенных в карбонатных нефтенасыщенных грунтах, можно сделать следующие выводы:

- к числу основных "подвижных" вновь образуемых соединений следует отнести водород, тритий и азот, а также окись и двуокись углерода и сероводород, которые в основном сосредотачиваются в центральной зоне взрыва;
- если окись и двуокись углерода можно рассматривать в качестве полезных продуктов, закачка которых в нефтенасыщенные пласты может способствовать повышению дебита скважины, то сероводород может представлять опасность для растительного и животного мира, а также для промышленного оборудования вследствие своей коррозионной активности. Для предотвращения образования сероводорода не следовало размещать ядерное взрывное устройство вблизи серосодержащих пород.

Характерным для всех взрывов в гранитах являлось то, что степень окисления иона железа в новообразованиях, в отличие от степени окисления в исходной породе, уменьшалась, поэтому и общее количество железа в валентном состоянии +3 существенно уменьшалось. В пробах стекла, отобранных в периферийной зоне, был обнаружен санидин, который, как правило, образуется в процессе кристаллизации стекла при температуре около 1150°C, то есть на стадии медленного остывания. Кроме того, в пробах были обнаружены кварц и кристобалит, причем кварца было больше, что свидетельствовало о прогреве этой массы до температуры 1100-1200°C.

Тугоплавкие радионуклиды любого происхождения при подземных ядерных взрывах и в гранитных, и в глинистых формациях фиксировались в основном расплавом горной породы. Удельная концентрация этих радионуклидов в неизменной породе, прилегающей к полости и прожилкам расплава, была значительно ниже, примерно на шесть порядков (в миллион раз), чем в основной массе расплава.

Летучие радионуклиды, такие как сурьма-125, рутений-103, рутений-106, а также радионуклиды, имеющие газообразных предшественников, например, стронций-90, цезий-137, барий-140, не в полной мере фиксировались расплавом и выходили за пределы полости на большие расстояния.

При воздействии подземного ядерного взрыва на соленосные толщи происходил целый ряд химических процессов, вызывающих изменение состава горных пород. Все минералы после ядерного взрыва в каменной соли можно разделить на два типа: унаследованные и новообразованные. К унаследованным минералам, то есть присутствовавшим в горной породе до взрыва, относятся следующие: основной минерал породы - простое галоидное соединение галит (NaCl), доломит, карбонат кальция, безводный сульфат кальция, гипс, кварц и др. К новообразованным минералам, то есть к тем, которые появились в породе в результате ударно-термального воздействия взрыва и последующего остывания полости, можно отнести минералы нескольких групп, а именно: простые или сложные окислы магния и железа, ортосиликаты, простые сульфиды и др. Унаследованные минералы, как правило, были представлены относительно крупными кристаллами размером до 2-3 см, а новообразованные - обычно микрокристаллами размером 3-100 мкм. В целом, и это необходимо отметить, образование новых химических веществ при подземных ядерных взрывах не приводило к какому-либо изменению экологической обстановки в тех районах, на территориях которых осуществлялись эти взрывы.

В ходе проведения опытно-исследовательских работ на объектах, созданных с использованием ядерно-взрывных технологий, было установлено, что основными видами экологической опасности являются сейсмическое возмущение окружающей среды, а также остаточная и наведенная радиоактивность.

2.2.7. СЕЙСМИЧЕСКОЕ ВОЗМУЩЕНИЕ СРЕДЫ

При любом подземном ядерном взрыве его взрывная волна за пределами зоны механического разрушения превращается в упругие сейсмические волны, которые распространяются в разные стороны со скоростью звука в данной среде.

Сейсмические волны принято классифицировать по следующим параметрам [1]:

- по типу деформаций среды - продольные, поперечные и поверхностные;
- по характеру распространения - прямые, отраженные, преломленные, рефрагированные, дифрагированные, обменные;
- по времени распространения - регулярные и нерегулярные;
- по использованию в сейсмическом зондировании земной коры - полезные и бесполезные.

Сейсмическое воздействие ядерного взрыва подобно землетрясению. Однако в отличие от землетрясения всегда было точно известно время проведения взрыва и его мощность, что позволяло заблаговременно прогнозировать характер сейсмического воздействия и проводить необходимые защитные мероприятия, учитывая при этом свойства горных пород.

При подземном ядерном взрыве примерно 5-10 % энергии выделялось в окружающую среду и распространялось в виде сейсмической волны, которая по ходу взаимодействовала с различными породами, слагающими земную кору. Это приводило к осложнению волновой картины и преобразованию сферически симметричной взрывной волны в различные типы волн под влиянием свободной поверхности и горных пород с различными физико-механическими свойствами. Классификация сейсмических волн была приведена выше.

Вызванные сейсмической волной колебания грунта могли продолжаться десятки секунд и приводить к сотрясению зданий и сооружений на различных расстояниях от места проведения подземного ядерного взрыва.

Следует сказать о том, что ранее в монографиях, посвященных принципам обеспечения безопасности при проведении ядерных испытаний на полигонах бывшего СССР, было обращено внимание

только на разрушающие свойства сейсмических волн [13,14], в данной же книге отмечается полезность использования таких свойств для целей народного хозяйства. Так, при реализации программы применения ядерных взрывов в промышленности были использованы разрушающие свойства сейсмического возмущения среды, во-первых, для проведения геологоразведочных работ с помощью глубинного сейсмического зондирования земной коры, а, во-вторых, для снятия избыточных напряжений в массиве пород, где мог бы располагаться источник будущего землетрясения.

Первое направление работ, признанное успешным, получило широкое развитие, что будет подтверждено приведенными ниже данными, характеризующими последствия глубинного сейсмического зондирования земной коры в целях поиска перспективных источников полезных ископаемых.

Другое направление работ можно определить как желательное, целесообразное развитие которого было подтверждено только результатами косвенных наблюдений за состоянием ряда опытных объектов, располагавшихся в сейсмоактивных районах, например, вблизи тектонических нарушений земной коры [15]. Более того, такие высококвалифицированные специалисты РФЯЦ-ВНИИТФ в г. Снежинске, как Бехтерев и Кривошлыков пришли к выводу, что *"...в 60-80-е годы, когда проводились подземные ядерные взрывы в разных странах мира, сильные землетрясения наблюдались реже, чем в прошлые периоды или сейчас"* [16]. При проведении таких взрывов сейсмические волны, многократно огибая весь земной шар в разных направлениях, достигали тех локальных зон, в которых в ближайшее время или чуть позже неизбежно должны были произойти землетрясения. Специалисты отмечали, что таким образом происходило снятие накопившихся в земной коре напряжений, а значит уменьшалась вероятность возникновения сильных землетрясений, подобных тому, какое произошло в 1999 г. в Турции. Поэтому многие ученые в мире предлагают для борьбы с землетрясениями проводить специальные подземные ядерные взрывы, естественно, под строгим международным контролем, в определенных районах и в конкретные периоды времени, определяемые сейсмологами.

Неумолимая, всезнающая статистика свидетельствует о том, что от подземных толчков в XX веке погибло около двух миллионов человек, что составляет больше половины от общего количества жертв, погибших от различных стихийных бедствий (землетрясения, наводнения, ураганы, извержения вулканов, цунами и оползни). Так, только Турция за последние 30 лет пережила минимум шесть разрушительных землетрясений (1970,

1975, 1978, 1983, 1988 и 1999 гг.), унесших жизни нескольких сот тысяч ее жителей.

Для разработки мер, обеспечивающих сейсмическую безопасность при осуществлении промышленных ядерных взрывов, широко использовался отечественный и зарубежный опыт проведения мероприятий по ликвидации последствий землетрясений. Кроме того, учитывались данные о последствиях воздействия ударной волны, полученные при проведении подземных испытаний ядерного оружия. Поэтому в ходе реализации программы мирного использования атомной энергии прогноз сейсмических последствий практически всегда был достаточно точным [16,17].

Вместе с тем, результаты опроса населения, проживавшего вблизи ядерных испытательных полигонов, свидетельствовали о том, что сейсмическое воздействие являлось одним из тех неблагоприятных факторов, которые вызывали у населения беспокойство и тревогу в период проведения испытаний ядерного оружия. Так, в отчете, подготовленном бригадой специалистов ряда министерств и ведомств бывшего СССР после проведения в 1989 г. под руководством академика РАМН А. Ф. Цыба комплексного обследования территории Семипалатинского региона и его населения, отмечено: *"Несомненен отрицательный психогенный эффект сейсмического воздействия, порождающий состояния беспокойства, возмущения, страха, подавленности у людей"* [18].

В конце 80-х годов критерием сейсмической безопасности считались 3 балла из 12-бальной шкалы MSK-64 [19]. Сейсмическое воздействие такого уровня может ощущаться только отдельными людьми, а максимальная скорость смещения грунта не будет превышать 4-8 мм/с. В отдельных случаях, когда невозможно было по каким-либо причинам выполнить определенные этим критерием требования, составлялся план мероприятий по обеспечению сейсмической безопасности, который включал в себя следующие требования:

- эвакуация людей и ценного оборудования из опасной зоны, укрепление зданий и сооружений;
- вывод людей в специально отведенные пункты ожидания из помещений, которые по прогнозу могут находиться в таких зонах, где возможны отдельные повреждения этих помещений, например, в виде трещин и отколов кусков штукатурки;
- оповещение людей о времени проведения взрыва и характере ожидаемых сейсмических колебаний для предупреждения возникновения панических настроений в тех зонах, где по прогнозу каких-либо повреждений не ожидалось, но могли ощущаться колебания грунта;

- оповещение местных органов власти о времени проведения взрыва и характере сейсмического воздействия в зоне, где это воздействие может проявиться как "слабое" или "едва ощутимое".
- Места проведения мирных ядерных взрывов в СССР выбирались таким образом, чтобы не возникала необходимость в эвакуации людей и выводе их из зданий и сооружений. Однако в тех редких случаях, когда место и мощность взрыва определялись основным предназначением этого взрыва, возникала необходимость проведения в полном объеме мероприятий по обеспечению сейсмической безопасности. Об одном таком случае, который произошел в сентябре 1969 г. в районе г. Оса Пермской области, рассказал опытный специалист И.Ф. Турчин: *"Два взрыва мощностью по 7,6 кт под шифром "Грифон" предназначались для интенсификации добычи нефти. Специальная комиссия до и после взрыва провела обследование населенных пунктов, расположенных в зоне возможного сейсмического воздействия. До взрыва было установлено, что большинство домов находилось в плохом состоянии: старые, ветхие, а некоторые почти вросли в землю. Особенно в плохом состоянии находились отопительные печи - они были сделаны не из обожженного кирпича, а просто слеплены из глины. Для ремонта до опыта к каждому такому помещению подвезли необходимое количество кирпича, цемента, оконного стекла и другого строительного материала. Перед опытом все люди были эвакуированы в безопасные места. После опыта оказалось, что полностью разрушены 6 жилых домов, 300 печей и выбито 900 м² оконного стекла. По указанию министра Е.П. Славского были приняты срочные меры - строительная воинская часть быстро построила 6 новых домов и выделила необходимое число солдат для других ремонтных работ. Входивший в состав Государственной комиссии по проведению эксперимента председатель Пермского облисполкома Воробьев оказал большую помощь в поставке строительных материалов и в обеспечении специалистами по ремонту, под руководством которых солдаты быстро застеклили окна. Сложнее обстояло дело с ремонтом и восстановлением печей - по всей Пермской области нашли только 6 специалистов-печников. А требовалось восстановить 300 печей! Скоро зима! За каждым печником закрепили автомашину и группу солдат. Печники инструктировали солдат и, переезжая от дома к дому, наблюдали за их работой и оказывали помощь. В течение двух недель печи были сложены и сданы хозяевам по акту. Сложная проблема была решена..."* [5].

Опыт проведения мирных ядерных взрывов показал, что результаты прогнозирования последствий и осуществления предусмотренных проектом взрыва мероприятий позволяли обеспечивать

сейсмическую безопасность населения и сводить к минимуму ущерб от воздействия ударной волны, образующейся при подземном ядерном взрыве [20]. В отличие от мероприятий по сейсмической безопасности, основные из которых проводились в течение относительно короткого времени после взрыва, мероприятия по радиационной безопасности необходимо было осуществлять на всех этапах жизненного цикла объекта. Более того, на некоторых объектах они продолжают проводиться и в настоящее время, то есть спустя 10, 20 и более лет после взрыва.

2.2.8. ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КАМУФЛЕТНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ

Возможность радиоактивного загрязнения окружающей среды при проведении промышленных ядерных взрывов стала основным препятствием широкого их использования в народнохозяйственных целях, а именно, сначала для экскавации и перемещения больших масс грунтовых пород, а затем и для решения различных промышленно-технических задач с помощью камуфлетных ядерных взрывов.

Основным источником радиационной опасности являлись радиоактивные продукты взрыва ядерного зарядного устройства, которые включали в себя:

- продукты ядерных реакций деления, происходивших в первичном блоке зарядного устройства;
- продукты реакций синтеза;
- наведенную радиоактивность в конструкционных материалах заряда и в грунте под действием нейтронов взрыва;
- непрореагировавшую часть делящихся материалов (урана или плутония) ядерного заряда.

В процессе деления урана или плутония в первичном блоке ядерного заряда с энерговыделением, равным, например, одной килотонне, образовывалось около 60 г осколков деления, содержавших более 300 радионуклидов примерно 30 химических элементов средней части таблицы Д. И. Менделеева [11]. Именно эти радионуклиды вносили основной вклад в радиоактивное загрязнение окружающей среды как в момент взрыва, так и в течение продолжительного времени после него. Радиоактивность продуктов деления взрыва мощностью 1 кт (массой 60 г) через 10 секунд после взрыва составляла 7×10^{10} Ки*, через 1 час - 4×10^8 Ки, через 1 сутки - 10^7 Ки,

* Ки (кюри) радиоактивного вещества соответствуют $3,7 \times 10^{10}$ актам распада в одну секунду.

через 1 месяц - 3×10^5 Ки и через один год - 10^4 Ки [21]. Быстрое снижение радиоактивности, особенно в первые минуты и часы после взрыва, делало актуальной задачу максимально продолжительного удержания продуктов деления в полости взрыва.

В ходе протекания реакций синтеза образовывался тритий, который мог загрязнять продукцию углеводородных промыслов или подземные воды, кроме того, выделялось значительное количество нейтронов, генерировавших наведенную активность, которая состояла из множества радионуклидов. Конкретный изотопный состав наведенной активности в значительной степени зависел от химического состава материалов ядерного заряда и горных пород, окружавших взрыв. В табл. 2.1 приведен ориентировочный набор радионуклидов наведенной активности, образующихся при взрывах промышленных ядерных зарядов с различным энерговыделением.

Таблица 2.1.

Радиоактивность изотопов наведенной активности на момент взрыва [22]

| Радионуклид | Период полураспада ($T_{1/2}$) | Величина наведенной активности при различной мощности ядерного взрыва, Ки | |
|-------------|----------------------------------|---|---------|
| | | 100 кт | 1 Мт |
| Натрий-24 | 15 часов | 200000 | 800000 |
| Фосфор-32 | 14,3 дня | 100 | 400 |
| Кальций-45 | 165 дней | 10 | 30 |
| Марганец-54 | 303 дня | 100 | 300 |
| Марганец-56 | 2,6 часа | 600000 | 2000000 |
| Железо-59 | 45,6 дня | 40 | 150 |
| Ванадий-185 | 75 дней | 6000 | 10000 |
| Ванадий-187 | 23,9 часа | 300000 | 500000 |
| Свинец-209 | 3,3 часа | 1000000 | 7000000 |
| Другие | — | 15000 | 20000 |

Как показывают данные табл. 2.1, у большинства радионуклидов наведенной активности периоды полураспада относительно короткие, что, и это следует отметить, имело важное значение для правильного решения вопросов, связанных с обеспечением радиационной безопасности при проведении промышленных ядерных взрывов.

На рис. 2.4 графически показано относительное уменьшение активности некоторых радионуклидов наведенной активности в зависимости от времени, прошедшего после взрыва.

Непрореагировавшая часть делящихся материалов составляла лишь незначительную часть общей радиоактивности подземного ядерного взрыва, поэтому не могла иметь какого-либо практического значения.

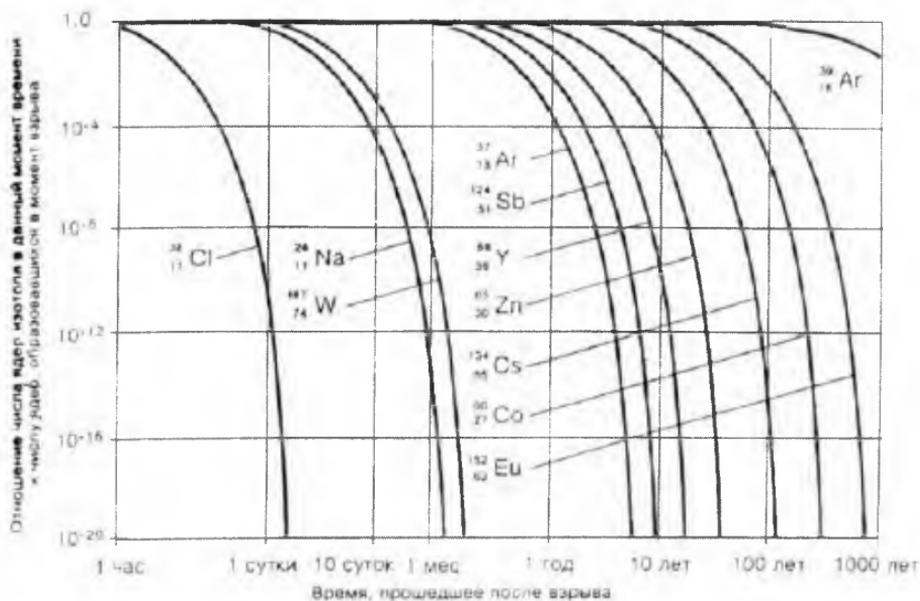


Рис. 2.4. Относительное уменьшение активности некоторых изотопов, наведенных нейтронами подземного ядерного взрыва.

Эту долю активности можно было существенно уменьшить путем создания специальных ядерных зарядных устройств для промышленных целей с небольшим общим количеством делящихся материалов.

Основные принципы обеспечения радиационной безопасности при подземных ядерных взрывах разрабатывались с учетом таких требований, как максимально возможное уменьшение образующихся радиоактивных продуктов, длительное удержание этих продуктов под землей в полости взрыва, которая в определенных случаях могла использоваться в качестве могильника, а также недопущение распространения радиоактивных продуктов и их выхода в окружающую среду.

Радиационная безопасность при использовании ядерно-взрывных технологий всегда регламентировалась двумя основными документами, а именно, "Нормами радиационной безопасности (НРБ)" и "Основными санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений (ОСП)", которые были приняты к руководству и исполнению и которые в разные периоды времени изменялись [13]. При разработке мероприятий, обеспечивающих радиационную безопасность персонала и населения при проведении промышленных ядерных взрывов, использовались не только эти два основных документа, но и различные межведомственные методики, указания и санитарные

правила, составленные на основе "Норм радиационной безопасности" и других законодательных актов.

Нормы радиационной безопасности должны были соответствовать трем основным принципам:

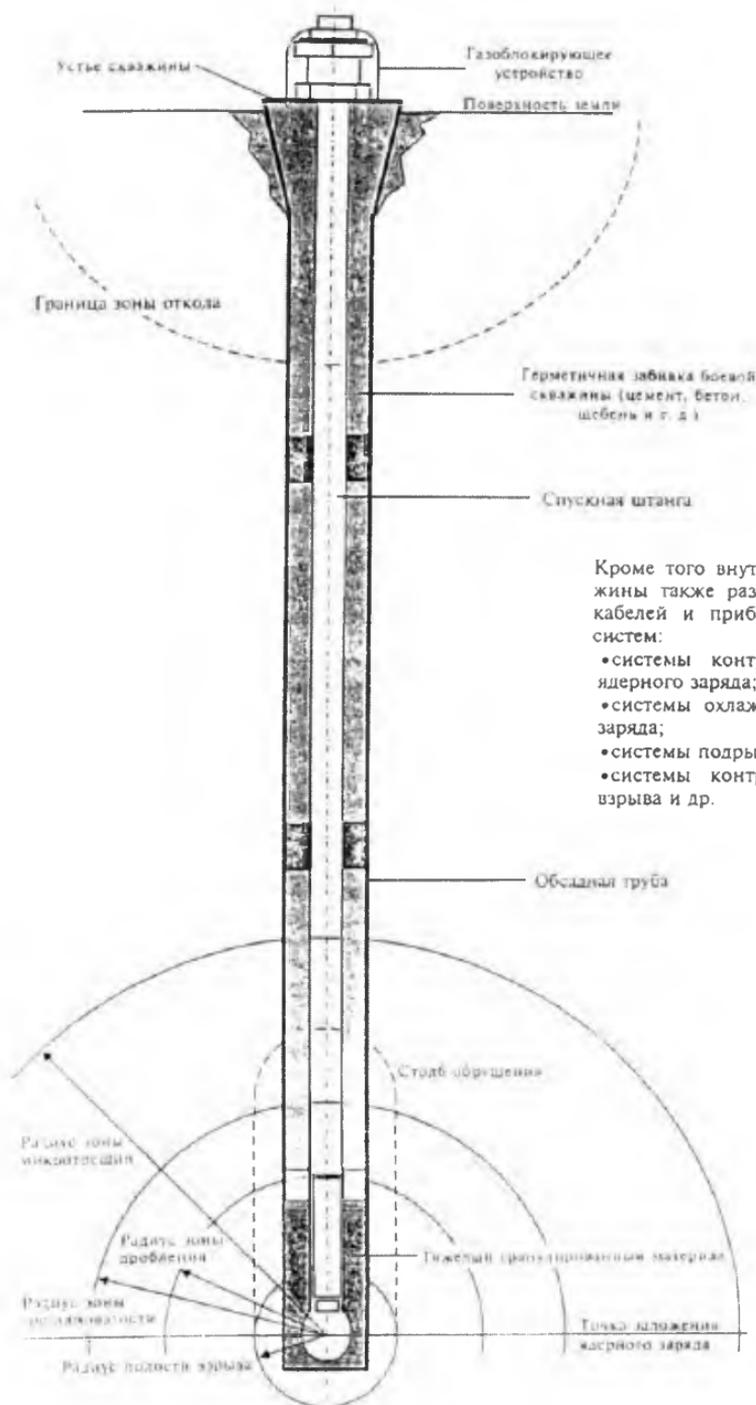
- непревышение установленного основного дозового предела, то есть лимита дозы облучения человека за определенное время воздействия ионизирующих излучений;
- исключение всякого необоснованного облучения;
- снижение дозы облучения до возможно низкого уровня.

При этом основным критерием являлся предел дозы, нормированная величина которого, согласно НРБ-69, НРБ-76/87 и НРБ-99, для ограниченной части населения составляла 5 мЗв/год (0,5 бэр/год) [23-25]. Следует отметить, что в определенные периоды времени устанавливались и так называемые "аварийные" дозы, составлявшие для профессионалов (персонала) в разное время 15, 25 и даже 50 бэр [26].

Максимально возможное уменьшение количества радиоактивных продуктов взрыва, длительное удержание их под землей и недопущение выхода радиоактивности в окружающую среду обеспечивалось проведением следующих мероприятий:

- выбором наиболее приемлемых геологических условий и глубины заложения заряда;
- подбором минимально возможной мощности ядерного заряда, достаточной для достижения целей конкретного промышленного ядерного взрыва;
- применением ядерных зарядных устройств, разработанных специально для промышленного использования;
- использованием специального забивочного комплекса, обеспечивающего герметизацию боевой скважины и исключающего выход радионуклидов в атмосферу (схема типовой боевой скважины приведена на рис. 2.5.);
- разработкой таких специальных технологий эксплуатации объекта, созданного с помощью ядерного взрыва, которые исключали бы превышение установленных нормами уровня радиоактивного загрязнения добываемой на этом объекте продукции;
- полной герметизацией зоны взрыва при консервации и закрытии объекта;
- введением режима санитарно-защитной зоны в случае непредвиденного в ходе проведения технологических операций загрязнения радиоактивными продуктами промплощадки и местности с последующей их рекультивацией.

Следует сказать о том, что на всех этапах осуществления промышленных ядерных взрывов, а также в периоды эксплуатации, консервации и закрытия объектов, созданных с помощью таких



Кроме того внутри боевой скважины также размещается много кабелей и приборов различных систем:

- системы контроля состояния ядерного заряда;
- системы охлаждения ядерного заряда;
- системы подрыва;
- системы контроля мощности взрыва и др.

Рис. 2.5. Схема типовой боевой скважины поземного мирного ядерного взрыва.

взрывов, существовали правила проведения постоянного дозиметрического контроля зоны взрыва (район эпицентра) и прилегающей к ней территории.

Для осуществления промышленного подземного ядерного взрыва выбирались определенные погодные условия, которые исключали бы прохождение радиоактивного облака над населенными пунктами и командным пунктом автоматики в случае просачивания некоторой части радиоактивных благородных газов через трещины и другие неплотности грунта.

Весь период проведения подземных ядерных взрывов в мирных целях подтверждает возможность обеспечения радиационной безопасности в соответствии с установленными нормами. Большая роль в этом принадлежит науке.

Так, сложнейший процесс формирования источников радиационной опасности при осуществлении подземных ядерных взрывов в различных геологических формациях являлся предметом фундаментальных исследований как в нашей стране, так и за рубежом в течение многих лет. Важность этого направления работ, учитывая негативное влияние интенсивных радиационных факторов на биосферу, определила необходимость проведения прикладных исследований практически на всех промышленных объектах, созданных с помощью ядерных взрывов. Такие исследования проводились специализированными группами, которые формировались из представителей соответствующих научно-исследовательских учреждений. Специалисты, входившие в эти группы, осуществляли контроль за радиационной обстановкой на промышленных объектах и обеспечивали радиационную безопасность при осуществлении научно-исследовательских и опытных работ на этих объектах. Большой вклад в получение уникальных научных данных в ходе проведения таких исследований внесли коллективы сотрудников ВНИИЭФ, ВНИПИпромтехнологии, Радиевого института им. Хлопина, Института биофизики Минздрава СССР, Института прикладной геофизики и других организаций [27].

Наиболее важные результаты были получены в процессе исследований, связанных с изучением свойств радиоактивных продуктов, образующихся при подземных ядерных взрывах, и их поведения в различных геологических формациях. Так, было установлено, что свойства радиоактивных продуктов в значительной степени зависят от их фазового состояния (твердые, жидкие и газообразные) и периода полураспада (долгоживущие и короткоживущие).

Твердые, в основном долгоживущие радиоактивные продукты, являющиеся осколками деления ядерного горючего, сосредоточивались в окружающем "огненный шар" расплаве пород, стекающем на дно

полости взрыва, где этот расплав твердел и образовывал стекловидный монолит, содержащий 95-98 % от общего количества радиоактивности. Такой линзовидный отвердевший расплав пород, образовавшийся у основания "столба обрушения", можно считать достаточно надежным могилишком долгоживущих радионуклидов.

Подвижные радиоактивные продукты (жидкие и газообразные) - это в основном радиоактивные инертные газы (криптон-85, ксенон-133 и др.) и тритий, который мог входить как в состав жидких, так и газообразных компонентов полезных ископаемых. Количество образующегося трития в значительной степени зависело от типа используемого ядерного зарядного устройства. Радиоактивные газы в процессе своего распада превращались в дочерние твердые радиоактивные продукты (стронций-90, цезий-137 и др.), которые хорошо сорбировались поверхностями пор и трещин. По результатам проводившихся исследований было установлено, что ко времени окончания формирования области механического преобразования пород (См. п. 2.2.4.) подвижные радиоактивные продукты распространялись по всему пустотному объему этой области. Кроме того, было отмечено, что десорбция стронция и цезия с поверхности пор и трещин происходила только при контакте этих поверхностей с водой [2].

Радиационные превращения окружающей среды под действием нейтронного потока происходили на небольших, ограниченных длиной пробега нейтронов в породе, удалениях от центра взрыва. Поэтому все твердые и подвижные радиоактивные продукты нейтронной активации первоначально находилась в пределах объема центральной зоны взрыва. Но в случае проведения взрывов в пластах с аномально низким внутрипоровым давлением, как, например, на объекте "Бутан", подвижные радиоактивные продукты могли выходить за пределы границ центральной зоны. На объекте "Бутан" взрывы проводились в истощенной нефтяной залежи с пониженным пластовым давлением, при этом наблюдалось распространение трития по всему массиву продуктивной толщи данного месторождения. Это послужило причиной для принятия решения о тщательном изучении характеристик каждого месторождения, где планировалось применение ядерных взрывов.

Большое внимание после проведения промышленных ядерных взрывов уделялось правильности выбора времени выдержки от момента взрыва и до начала эксплуатации (опробования) стимулированной им скважины. Опытным путем было установлено, что в течение 40-50 суточной выдержки происходил распад основной части радиоактивных инертных газов. Это обеспечивало соблюдение норм радиационной безопасности при извлечении из продуктивного пласта месторождения всех содержащихся в нем газов и углеводородных жидкостей (нефти, конденсата).

2.3. ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ НАРУЖНОГО ДЕЙСТВИЯ

Подземный ядерный взрыв, в результате которого происходила экскавация, перемещение или дробление (вспучивание) больших масс породы на поверхности земли, принято называть взрывом наружного действия (кратерообразующим взрывом).

Программой мирного использования ядерных взрывов наружного действия предусматривалось создание широкой сети искусственных водоемов, каналов, плотин, а также вскрытие крупных месторождений рудных полезных ископаемых. Кроме того, рассматривалась возможность использования ядерных взрывов наружного действия и в дорожном строительстве. Все эти проекты в начальный период разработки и реализации программы использования ядерно-взрывных технологий в промышленных целях считались наиболее перспективными.

Так, например, экономия от неосуществленного проекта вскрытия Удоканского месторождения меди на севере Читинской области оценивалась фантастической суммой, равной одному миллиарду рублей в ценах 1960 г. Значительная экономия средств в этом проекте могла быть получена за счет использования ядерных зарядов мегатонного класса, стоимость которых с увеличением мощности изменялась бы также незначительно, как и расходы на их установку в горных выработках. Ядерный взрыв с энерговыделением порядка одной мегатонны теоретически мог бы образовать огромную воронку объемом 70-75 млн. м³. Следует отметить, что если создание объектов с использованием обычных технологий вскрышных или открытых работ включало в себя два таких самостоятельных этапа, как дробление пород химическими ВВ и удаление отбитой породы из карьера погрузочными и транспортными средствами и механизмами, то применение ядерного взрыва решило бы эти задачи в один этап.

2.3.1. МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ВОРОНКИ ВЫБРОСА

Для разработки проектов практического применения подземных ядерных взрывов для выброса грунта проводились модельные и полигонные исследования, в ходе которых было установлено, что на начальной стадии подземного ядерного взрыва кратерообразующий процесс по своим физическим явлениям не отличается от аналогичного процесса, происходящего при камуфлетных взрывах (См. п. 2.2.1. и 2.2.2.), отличия появлялись позже.

Так, когда при подземном ядерном взрыве с выбросом грунта ударная волна достигала поверхности земли, то она отражалась как

рефракционная волна или волна растяжения. Под действием очень сильного растяжения поверхностные слои грунта разрушались и "откалывались" от поверхности земли, поднимаясь в воздух. При этом волна растяжения возвращалась к полости и позволяла ей расширяться асимметрично - в основном по направлению к земной поверхности, приподнимая расположенные сверху слои породы и "бросая" их в воздух. В итоге слои породы, лежавшие сверху, растягивались расширяющимся газовым пузырем в сторону "свободного" пространства до такой степени, что переставали изолировать полость, а газы, прорываясь через неплотности и трещины, быстро уменьшали давление в полости до атмосферного. Куски породы, "набрав" скорость, продолжали движение по баллистическим траекториям до тех пор, пока не достигали опоры внутри кратера (внутренний навал грунта) или за его пределами (внешний навал грунта), формируя общий навал грунта [22]. На рис. 2.6 показаны различные стадии кратерообразующего процесса при подземном ядерном взрыве наружного действия, а на рис. 2.7 - схематическое строение центральной зоны.

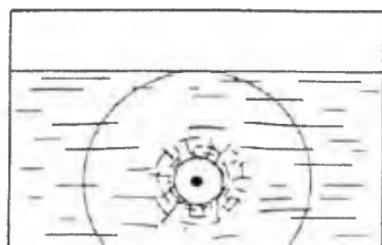
Подземные ядерные взрывы с выбросом грунта могут быть одиночными и групповыми.

Групповые взрывы могли использоваться для строительства каналов, дорожных путей и др.

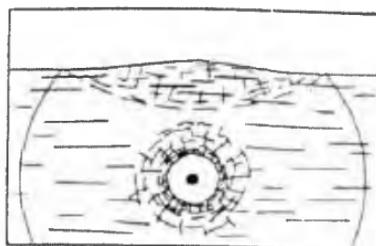
По типу пород, в которых проводились взрывы, все одиночные взрывы наружного действия условно были разделены на две группы, к первой из которых относили взрывы в породах, содержащих значительное количество легкоиспаряющихся компонентов, например, воды и горючих материалов (сланцев, углей и др.). Ко второй группе относили взрывы в породах, бедных легкоиспаряющимися компонентами. За счет повышенной газовой в породах первой группы взрывов размеры воронок и их объем были значительно больше, чем во второй.

Для образования воронки максимальных размеров приведенная глубина заложения ядерного заряда должна была составлять примерно $50 \text{ м/кт}^{1/3}$. По мере отклонения глубины взрыва от этой величины размеры воронки уменьшались. Однако при увеличении глубины заложения ядерного заряда выход радиоактивных продуктов взрыва в атмосферу уменьшался, снижались плотности загрязнения местности на локальном радиоактивном следе, а следовательно уменьшались и дозы внешнего и внутреннего облучения жителей тех населенных пунктов, которые оказывались в зоне радиоактивного загрязнения, естественно, если эти жители не были эвакуированы.

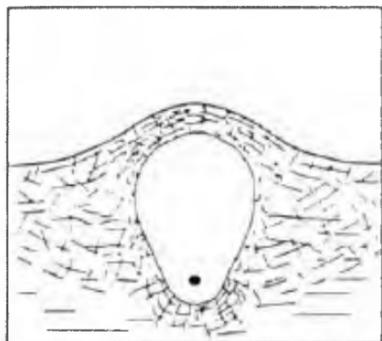
Таким образом, для того, чтобы уменьшить выброс радиоактивности в атмосферу, необходимо было взрыв заданной мощности проводить на максимально возможной глубине.



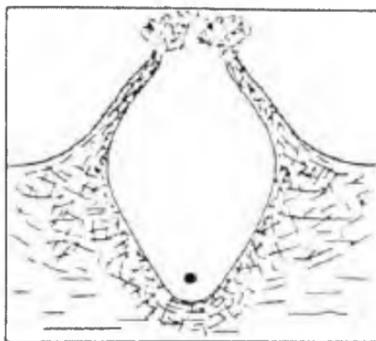
А. УДАРНАЯ ВОЛНА ДОСТИГАЕТ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ



Б. ОТКОЛ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ



В. АССИММЕТРИЧНЫЙ РОСТ ПОЛОСТИ



Г. ПРОРЫВ ГАЗОВ

Рис. 2.6. Основные стадии образования кратера (воронки выброса) при подземном ядерном взрыве наружного действия.

Вместе с тем, в ходе проведения ядерных испытаний на полигонах было установлено, что после экскавационных подземных взрывов мощностью 100 кт и более, а именно при таких взрывах происходит максимальный выброс грунта, появлялся риск выхода радиоактивных продуктов за пределы национальных границ страны. Так, например, после экскавационного взрыва "Чаган" мощностью 140 кт (приведенная глубина $35 \text{ м/кт}^{1/3}$), произведенного 15.01.1965 г. на Семипалатинском полигоне, радиоактивное облако достигло высоты 4800 м, а доля радиоактивных веществ, образовавших след, составила около 20 % от общего количества, образовавшегося при взрыве [2,28]. Радиоактивные вещества, выброшенные в атмосферу, были обнаружены в Японии и в других странах. Это очевидное нарушение Договора 1963 г. о запрещении испытаний в трех средах стало причиной обращения США с претензией к Советскому Союзу. После настоятельных требований о необходимости разъяснения причин появления радиоактивных веществ в атмосфере других государств руководство СССР ответило, что взрыв *"проводился глубоко под землей, а количество проникших в атмосферу радиоактивных веществ столь мало,*

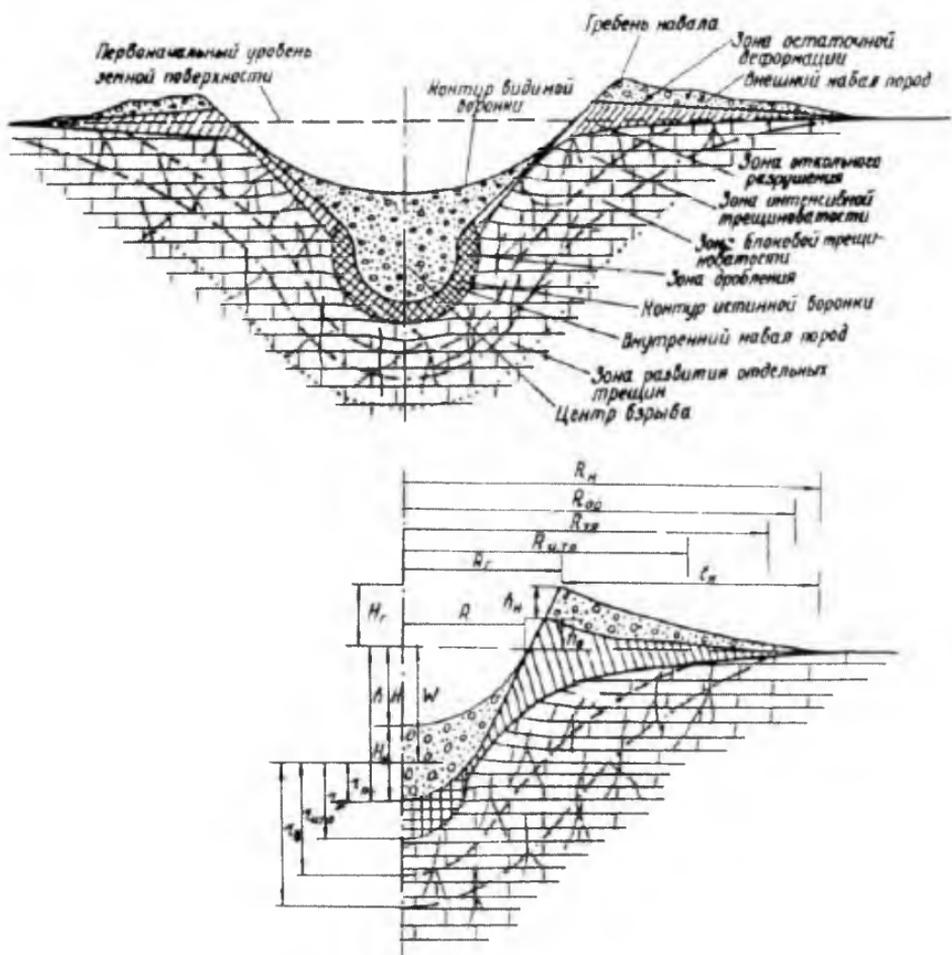


Рис. 2.7. Схематическое строение центральной зоны подземного ядерного взрыва наружного действия.

R — радиус видимой воронки по начальному уровню поверхности;
 R_r — радиус видимой воронки по гребню навала; H — глубина видимой воронки от начального уровня поверхности; W — глубина заложения заряда; H_r — высота гребня навала от начального уровня, поверхности; h_n — мощность пород внешнего навала; l_n — ширина внешнего навала; H_n — мощность пород внутреннего навала; h — глубина истинной воронки от начального уровня поверхности; h_o — высота подъема пород зоны остаточной деформации поверхности; R_n — радиус внешнего навала; R_{op} — радиус зоны откольного разрушения пород; $R_{нп}$ — радиус зоны блоковой трещиноватости и перпендикулярно л. н. с.; $R_{нтр}$ — радиус зоны блоковой трещиноватости вдоль л. н. с.; $R_{нтр}$ — радиус зоны интенсивной трещиноватости перпендикулярно л. н. с.; $r_{нтр}$ — радиус зоны интенсивной трещиноватости вдоль л. н. с.; r_n — радиус полости; $r_{др}$ — радиус зоны дробления

что вероятность выпадения их за пределами советской территории должна быть исключена" [29]. Относительно высокая доля выброса радиоактивности в атмосферу была связана, и это очевидно, с тем, что окружающая ядерный заряд порода была насыщена водой.

В целях уменьшения выхода радиоактивных продуктов в атмосферу были попытки использовать в гидротехническом строительстве взрывы неполного камуфлетного действия (взрывы рыхления и провальные воронки). Выход радиоактивных продуктов в атмосферу при подземных взрывах можно значительно уменьшить, если не допустить раскрытия купола, образовавшегося после взрыва. Этого можно достигнуть путем достаточного заглубления в грунт ядерного заряда. При таких условиях грунт, лежавший выше полости взрыва, разрушался на отдельные блоки и поднимался в воздух, но при этом лишь малые количества грунта падали за пределы кратера. Объем большинства типов горных пород после их дробления и разрушения с помощью взрыва увеличивался, в результате чего формировался холм, размеры которого несколько превышали размеры кратера. Такие взрывы были названы взрывами "вспучивания или рыхления".

Другой путь образования кратера при практическом отсутствии радиоактивного загрязнения заключался в получении провальных воронок, когда столб обрушения достигал поверхности земли, а за счет заполнения полости взрыва дробленным грунтом формировалась провальная воронка. Для достижения этого эффекта взрыв должен был осуществляться на определенной приведенной глубине в слабых осадочных породах. Необходимых геологических условий для проведения таких взрывов на территории Семипалатинского полигона не было. Наиболее приемлемые условия для этих взрывов были на полуострове Мангышлак, где в течение 1969-1970 гг. провели три взрыва, после которых образовались провальные воронки глубиной до 14 м и радиусом до 250 м. Контрольные наблюдения в местах проведения подземных ядерных взрывов на полуострове Мангышлак показали, что уровни радиации на дне воронок не превышали естественного фона, а весенние воды после таяния снега свободно фильтровались в нижние горизонты через разрыхленные породы.

Интересно отметить, что самая большая провальная воронка образовалась вопреки разработанному проекту при взрыве 18.12.1979 г. ядерного заряда мощностью 103 кт на глубине 630 м в скважине А-9 на площадке "Галит". Местность вокруг образовавшейся воронки, диаметр которой составлял почти 500 м, а глубина - 20 м, была нарушена трещинами и провалами. На дне воронки находилась соленая вода, поступающая с верхних горизонтов.

Обращает на себя внимание тот факт, что характер механического действия ядерного взрыва на горные породы и масштабы выхода

радиоактивных веществ в окружающую среду зависели от приведенной глубины взрыва. При реализации Программы использования подземных ядерных взрывов в промышленных целях максимальное радиоактивное загрязнение окружающей среды наблюдалось при экскавационных взрывах, когда каналами выхода радионуклидов в атмосферу являлись пустоты, образовавшиеся при полном разрушении и растягивании слоя выброшенного грунта под действием избыточного давления в полости взрыва. Выброс радиоактивных продуктов вместе с мелкими раздробленными частицами грунта приводил к образованию облака взрыва. Эта аэрозольная система перемещалась по направлению ветра, а в результате выпадения на местность частиц грунта, содержавших радионуклиды, формировался локальный след радиоактивного загрязнения, протяженность которого могла составлять несколько десятков и даже сотен километров. На территории такого радиоактивного следа могло находиться несколько населенных пунктов с достаточно большим количеством жителей. Понятно, что в таких случаях возникали сложные проблемы, связанные с выполнением всех требований радиационной безопасности.

2.3.2. ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСКАВАЦИОННЫХ ВЗРЫВОВ

В Советском Союзе по Программе мирного использования ядерной энергии было проведено пять подземных полномасштабных ядерных взрывов с выбросом грунта для отработки способов создания искусственных водохранилищ и каналов. Четыре взрыва из этих пяти были осуществлены на Семипалатинском полигоне ("Чаган", 15.01.1965 г. в скважине 1004; "Сары-Узень", 14.10.1965 г. в скважине 1003; "Телькем-1", 21.10.1968 г. в скважине 2308 и "Телькем-2", 12.11.1968 г. в скважинах 2305, 2306 и 2307), а один ("Тайга", 23.03.1971 г. в скважинах 1Б, 2Б и 3Б) - на территории Пермской области, то есть вне полигонов, для опробования методики сооружения канала Печора-Кама. Ядерный заряд, который использовался в эксперименте под кодовым названием "Тайга", был испытан 04.11.1970 г. в скважине 125 на площадке Сары-Узень Семипалатинского полигона.

Следует отметить, что для взрыва "Тайга" были использованы новые ядерные заряды с низкой долей реакций деления, в которых вклад радиоактивности продуктов деления был на порядок меньше, чем в заряде взрыва "Чаган". Однако и после взрыва "Тайга" радиоактивные вещества были обнаружены за пределами территории СССР в ряде стран, включая США и Швецию [30]. Это свидетельствовало о том, что после осуществления экскавационных

подземных ядерных взрывов, как и после наземных взрывов, может происходить формирование радиоактивного облака с образованием радиоактивного следа по направлению ветра, то есть достаточно сильное загрязнение местности и других объектов окружающей среды радиоактивными веществами.

При осуществлении подземных ядерных взрывов с выбросом грунта большое внимание уделялось изучению метеообстановки, которая имела место быть в районах взрывов, что позволяло выбирать наиболее приемлемые метеорологические условия для их проведения и выполнения условий Договора 1963 г. При этом необходимо было выполнять следующие требования [5]:

- в момент взрыва погода не должна была препятствовать визуальным наблюдениям за местом взрыва и за образовавшимся после его осуществления радиоактивным облаком. Направление ветра в точке взрыва и в слое предполагаемого распространения облака допускалось только в строго заданном секторе;
- следовало обязательно прогнозировать синоптическую ситуацию, при которой радиоактивное облако в течение трех, а иногда и пяти суток должно было находиться внутри страны, не выходя за государственную границу. Это делалось для того, чтобы не допустить возможности контроля радиохимического состава продуктов взрыва станциями слежения зарубежных государств;
- взрыв должен был произведен в тот момент, когда разведывательный спутник США выходил из зоны радиовидимости.

При невыполнении хотя бы одного из этих требований взрыв переносился на другое время. Были случаи, когда при непрерывном наблюдении за погодными условиями ожидание благоприятных для проведения взрыва условий продолжалось длительное время.

Большое значение при осуществлении подземных камуфлетных ядерных взрывов имело определение размеров контролируемых зон (санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения) в пределах рабочего сектора. Для этого необходимо было иметь научно обоснованные методы оценки доз внешнего, внутреннего, а также коллективных доз облучения жителей населенных пунктов, которые могли оказаться на следе радиоактивного загрязнения.

В пределах санитарно-защитной зоны в момент проведения взрыва и формирования следа исключалось пребывание населения и запрещалась трудовая деятельность. В зоне наблюдения для проживания на ее территории населения вводились только частичные ограничения, направленные на снижение уровней радиационного воздействия до допустимых пределов (например, укрытие населения в помещениях на период прохождения облака и др.). Внешняя граница зоны наблюдения определялась таким расстоянием от

эпицентра взрыва, начиная с которого отпадала необходимость проведения каких-либо мероприятий по радиационной защите людей в соответствии с требованиями "Норм радиационной безопасности".

Более подробные сведения об обеспечении радиационной безопасности при проведении промышленных взрывов различной направленности предоставлены ниже в соответствующих главах, посвященных наиболее опасным видам взрывов. Такими наиболее радиационно опасными взрывами являлись подземные ядерные взрывы с выбросом грунта.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 2

1. Терминологический словарь по вопросам использования подземных ядерных взрывов в мирных целях (Глоссарий). / Кол. авторов под рук. О.Л. Кедровского, М.П. Гречушкиной и Л.Б. Прозорова. - М.: Отдел НТИ ЦНИИатоминформа, 1981. - 41 с.
2. Мясников К.В., Приходько Н. К., Мусинов В.И. и др. Исследование эффективности проведенных подземных ядерных взрывов в мирных целях и оценки перспективы их использования в современных условиях. Кн. 1. Отчет о НИР по этапу 3. Фонды ВНИПИпромтехнологии, 1998. - 148 с.
3. Мясников К.В., Лукишов Б.Г., Самойлов Е.В. и др. Анализ и обобщение результатов проведенных подземных ядерных взрывов для нужд народного хозяйства на территории России. Отчет о НИР (промежуточный). Фонды ВНИПИпромтехнологии, 1992. - 62 с.
4. Стукин Е.Д., Цыбиков Н.А. Феноменология развития камуфлетного подземного ядерного взрыва и образование радиоактивного источника загрязнения горных пород. Вып. 3. Сер.: Контроль за загрязн. природн. среды. - Обнинск, Госкомгидромет СССР, 1982. - 74 с.
5. Ядерные испытания СССР. Том 2. / Кол. авторов под рук. В.Н. Михайлова. - Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ. Издание Begell-Atom, 1998. - 320 с.+илл.
6. Кедровский О.Л., Лыкин М.С., Мусинов В.И. Исследования влияния электрического поля на фильтрацию нефти в низкопроницаемых породах. // Журнал "Нефтяное хозяйство", № 12. 1986.
7. Губкин А.А. Электреты. - М.: "Недра", 1978.
8. Мусинов В.И. Механизм развития подземного ядерного взрыва при большой глубине его проведения. // Журнал "Геоинформатика", № 5, 1997.
9. Действие ядерного оружия. Пер. с англ. - М.: Воениздат, 1963.
10. Израэль Ю.А. Радиоактивные выпадения после ядерных взрывов и аварий. - С-Петербург, "Прогресс-погода", 1996. - 355 с.
11. Физика ядерного взрыва. Том 1. Развитие взрыва. / Кол. авторов под рук. В.М. Лоборева. - М.: "Наука. Физматлит", 1997. - 528 с.
12. Оруджев С.А. и др. Применение подземных ядерных взрывов в нефтедобывающей промышленности. Доклад на VIII мировом конгрессе. - М. Фонды ВНИПИпромтехнологии, 1971. - 21 с.
13. Семипалатинский полигон: обеспечение общей и радиационной безопасности ядерных испытаний. / Кол. авторов под рук. В.А. Логачева. - М.: 2-я тип. ФУ "Медбиоэкстрем", 1997. - 319 с.+илл.

14. Новоземельский полигон: обеспечение общей и радиационной безопасности ядерных испытаний. / Кол. авторов под рук. В.А. Логачева. - М.: ИздАт, 2000. - 487 с. + прилож.
15. Отчет о результатах опытно-промышленных взрывов на объекте "Нева". - М.: Фонды ВНИПИПромтехнологии, А-1929, 1990.
16. Ядерные взрывы против землетрясения. Российская газета, 14 января 2000 г.
17. Бочаров В.С., Зеленцов С.А., Михайлов В.Н. Характеристики 96 подземных ядерных взрывов на Семипалатинском испытательном полигоне. // Журнал "Атомная энергия", 1989, т. 67, вып. 3. - С. 210-214.
18. Отчет о результатах обследования состояния экологической обстановки и здоровья населения Семипалатинской области. / Кол. авторов под рук. А.Ф. Цыба. - Обнинск, 1989. - 312 с.
19. Абалкин В.Г., Адушкин В. В., Куликов В. В. Исследование сейсмического воздействия подземных ядерных взрывов на регион Семипалатинского полигона. Бюлл. ЦНИИАтоминформ, 1993, № 9. - С. 32-38.
20. Бочаров В.С., Георгиевский М.Н., Кириченко В.В., Пешков А.Б. Метод оценки мощности подземных ядерных взрывов сейсмическим методом при известных условиях их проведения. // Журнал "Атомная энергия", 1988, т. 65, вып. 2. - С. 114-119.
21. Дубасов Ю.В., Кривохатский А. С., Мясников К.В. и др. Ядерные взрывные технологии: особенности проведения ядерных взрывов в мирных целях. // Бюлл. ЦНИИАтоминформ, 1994, № 1. - С. 30-34.
22. Ядерные взрывы для промышленных и научных целей на территории бывшего СССР. Аналитический обзор. - М.: ЦНИИАтоминформ, 1997. - в/с.
23. Нормы радиационной безопасности (НРБ-69). - М.: Атомиздат, 1970.
24. Нормы радиационной безопасности (НРБ-76/87) и Основные санитарные правила (ОСП-72/87). - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 160 с.
25. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). Гигиенические нормативы. - М.: Центр сан.-эпид. нормир., гигиен., сертификации и экспертизы Минздрава России, 1999. - 116 с.
26. Логачев В.А., Логачева Л.А. Изменение во времени взглядов на критерии и методы обеспечения радиационной безопасности населения. // Вестн. науч. прогр. "Семипалатинский полигон-Алтай", 1995, № 3. - С. 42-49.
27. Ядерные взрывы в СССР. Вып. 4. Мирное использование подземных ядерных взрывов. / Кол. авторов под рук. В.Н. Михайлова. - М.: ВНИПИПромтехнологии, 1994. - 162 с.
28. Атомная наука и техника в СССР. / Кол. авторов под рук. И.Д. Морозова, - М.: Атомиздат, 1977. - 354 с.
29. Seaborg G.T. Stemming the Tide, Arms Control in Johnson Years, Lexington Books, 1987.
30. Наука и всеобщая безопасность. Технические предпосылки для политических инициатив по контролю над вооружениями и проблемами окружающей среды. Том 1, вып. 1. Пер. с англ. Принстонский унив. США, 1998. - 49 с.
31. Степанов Ю.С. Радиационная безопасность населения при проведении промышленных подземных ядерных взрывов с экскавацией грунта. Дис. на соиск. уч. ст. докт. техн. наук. Москва, 1985. - 305 с.

Глава 3

РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНЫХ ЯДЕРНЫХ ЗАРЯДОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОМЫШЛЕННЫХ И НАУЧНЫХ ЦЕЛЯХ

В период действия в СССР Государственной программы "Ядерные взрывы для народного хозяйства" на испытательных полигонах страны было проведено 32 испытания специальных ядерных взрывных устройств, которые можно было бы использовать в мирных целях для решения различных промышленных и научных задач. Два таких испытания проведены на Новоземельском полигоне, все остальные - на Семипалатинском, главным образом, в штольнях горного массива Дегелен, а также в скважинах рабочих площадок Балапан, Сары-Узень и Телькем.

Необходимо особо подчеркнуть, что разработка специальных ядерных зарядов для промышленных целей и методов их практического использования с учетом выполнения требований по значительному снижению степени радиоактивного загрязнения внешней среды способствовала практической реализации, к сожалению, лишь части Программы "Ядерные взрывы для народного хозяйства". Причем по поводу необходимости реализации этой Программы существовали самые различные мнения: от положительных до резко отрицательных. Истинную полезность или вред от ее выполнения оценит время, поскольку с "большого расстояния" истории многие события и факты оцениваются иначе. Однако следует признать, что итогом проведения испытаний специальных ядерных зарядных устройств для мирных взрывов стала разработка "чистых" взрывных устройств с очень малым выходом энергии за счет реакции деления (около 1 % от суммарного энерговыделения). Такие заряды можно было использовать для экскавационных работ; специальные заряды малого диаметра, выдерживающие высокие температуры и давления, - для тушения аварийных газовых

фонтанов; взрывные устройства малого диаметра с малым выходом остаточного трития - для интенсификации добычи нефти и газа.

Были разработаны также очень интересные и, можно сказать, уникальные методы снижения радиоактивного загрязнения окружающей среды путем отвода радиоактивных продуктов из полости взрыва в "пустые" породы на расстояния до 100-200 м от места взрыва. Одним словом, сделано было не мало...

История создания специальных ядерных взрывных устройств для народнохозяйственных целей - это бесценный опыт творческих поисков, достижений и неудач, без которых не обходится ни одно новое дело, на которых учатся и растут высококвалифицированные специалисты в любой области науки и техники. Можно смело утверждать, что разработчики таких взрывных устройств были и остаются гордостью России.

В данной главе представлены сведения, характеризующие основные особенности ядерных взрывных устройств, предназначенных для промышленных целей, результаты испытаний таких устройств, а также способы их практического применения.

3.1. ЧТО ТАКОЕ "ЯДЕРНОЕ ВЗРЫВНОЕ УСТРОЙСТВО"?

Ядерное взрывное устройство (ЯВУ), используемое для осуществления опытно-промышленных и промышленных работ, можно определить как технический объект, разработанный в соответствии с заданными техническими требованиями и позволяющий осуществлять ядерные взрывы в целях, определенных проектом на проведение таких работ.

Из этого определения следует, что ядерное взрывное устройство должно удовлетворять заданным техническим требованиям и позволять решать вполне определённые научно-технические и народнохозяйственные задачи.

В состав любого ЯВУ должны входить ядерный заряд, системы его подрыва и контроля за его работой. Эти сборочные единицы должны быть объединены в прочном и герметичном корпусе в единое изделие, которое для взрыва следует помещать под землю, соединив его с наземной аппаратурой подрыва специальными кабелями. Из этого следует, что система подрыва ядерного заряда должна состоять из двух частей: подземной, или бортовой, то есть находящейся в одном корпусе с ядерным зарядом, и наземной. Естественно, при ядерном взрыве первая уничтожается, а вторая может использоваться многократно. Чтобы система подрыва ядерного заряда начала действовать, она должна быть подсоединена к источнику питания. Это может быть бортовой источник питания,

который по соображениям безопасности включается непосредственно перед подрывом. Источник питания может быть и наземным, преобразующим переменное напряжение в постоянное. В этом случае система подрыва имеет две ступени включения, которые используются на последней стадии подготовки ЯВУ к подрыву.

Система контроля за работой ядерного взрывного устройства тоже состоит из двух частей - бортовой и наземной. Задачей этой системы является контроль за последовательностью поступления в систему подрыва и во вспомогательные системы ядерного заряда соответствующих командных сигналов, а также сообщение на пульт управления данных о выполнении команд. Любой сбой в системе контроля квалифицируется как сбой в работе системы подрыва. Причины сбоя должны быть обязательно выявлены, причем на время проведения этой работы подача очередных управляющих сигналов на бортовую систему подрыва прекращается. Иногда в систему контроля включается и аппаратура контроля за собственно физикой развития ядерного взрыва. Эта аппаратура, как правило, помещается вне корпуса ядерного взрывного устройства и имеет самостоятельную связь с наземной аппаратурой, но её запуск осуществляется по тем же сигналам, по которым запускается система подрыва. Благодаря этому обеспечивается единая привязка всей задействованной аппаратуры к нулевому моменту времени, за который принимается момент подачи импульса высокого напряжения на капсули-детонаторы ядерного заряда. Порядок выдачи сигналов управления аппаратурой подрыва и контроля ядерного взрывного устройства, а также их характеристики (полярность, амплитуда, длительность) задаются в техническом задании на проведение ядерного взрыва.

Таким образом, можно утверждать, что ядерное взрывное устройство является полностью оснащенным техническим изделием, с помощью которого можно решать самые сложные задачи опытно-промышленного или промышленного применения ядерной энергии.

3.2. ЗАДАЧИ СОЗДАНИЯ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Еще до принятия в СССР Государственной программы № 7 "Ядерные взрывы для народного хозяйства" в двух основных научно-исследовательских учреждениях Минсредмаша СССР, которые в настоящее время являются научными центрами Российской Федерации - это РФЯЦ-ВНИИЭФ и РФЯЦ-ВНИИТФ, проводились уникальные работы по созданию ядерного оружия, а также фундаментальные научные исследования по его совершенствованию.

В 1959 г. на совещании ведущих специалистов-создателей ядерного оружия, проходившего под председательством министра среднего машиностроения Е. П. Славского, кроме обсуждения вопросов о необходимости разработки специальных ядерных зарядов для промышленных целей решалась и проблема развертывания работ по мирному использованию ядерных взрывов в СССР [1].

К этому времени в обоих ядерных центрах был накоплен достаточный опыт проектирования ядерных зарядов для военных целей, который мог быть использован и при создании ядерных взрывных устройств для промышленных нужд. Однако более срочные задачи обороны страны отодвинули эти работы на второй план.

На начальной стадии работ по программе мирного использования ядерной энергии представлялось, что проблемы, связанные с возможностью применения ядерных взрывов в промышленности, могут быть в основном успешно решены с помощью уже созданных военных ядерных зарядов. В первый период проведения промышленных ядерных взрывов так и поступали: для решения конкретной задачи использовался ядерный заряд, разработанный для военных целей. Однако со временем, по мере накопления опыта в проведении подземных ядерных взрывов и сведений о степени радиоактивного загрязнения природных сред, стало ясно, что для осуществления промышленных взрывов, особенно экскавационных, нужны особые специальные ЯВУ, во многом отличающиеся от боеприпасов, которые снаряжаются военными ядерными зарядами. Такой вывод впервые был сделан специалистами ВНИИТФ. Первое конструкторское бюро (КБ-1) этого Института еще в 1962 г. начало разработку специальных ядерных взрывных устройств для промышленного применения. Достойный вклад в решение этой сложной проблемы внесли и специалисты ВНИИЭФ.

Работа в новой области применения ядерных зарядов была начата с определения задач, которые необходимо было решать конструкторам и исследователям. Надо было определить:

- для каких народнохозяйственных целей и в каких условиях будут применяться ядерные заряды;
- можно ли для этих целей использовать ядерные заряды, созданные для военных целей;
- если необходимо разрабатывать новые ядерные заряды для использования их в промышленных целях, то каким требованиям они должны отвечать, какими должны быть их типы, как их устройство должно соответствовать решению поставленных задач;
- следует ли создавать просто ядерный заряд (ЯЗ) или ядерное взрывное устройство (ЯВУ), то есть изделие, полностью готовое к применению и содержащее ядерный заряд, а также

- автоматику подрыва и контроля за работой ядерного заряда, которые будут размещены в герметичном корпусе и соединены с наземной автоматикой подрыва кабелями через гермовводы;
- какими должны быть состав и параметры автоматики подрыва и контроля;
 - какими должны быть габариты, конструкция и характеристики корпуса;
 - какими должны быть габариты, конструкция и характеристики гермовводов;
 - какими должны быть состав и параметры наземной автоматики подрыва;
 - допустимые габариты и массу ЯВУ разных типов и их геометрические формы;
 - допустимое разделение ЯВУ на крупные сборочные единицы для облегчения транспортировки его к месту применения или к пункту промежуточной сборки;
 - необходимый набор лабораторных и контрольных испытаний, гарантирующих безопасность доставки ЯВУ к месту назначения, а также отсутствие значительных (выше допустимых) отклонений в показателях, характеризующих ЯВУ и его сборочные единицы;
 - способ (или способы) безопасной доставки ЯВУ к местам промежуточной сборки и к местам назначения;
 - максимальное время нахождения ЯВУ в снаряженной скважине или штольне;
 - необходимый набор оборудования, с помощью которого ЯВУ проверяется после транспортировки на сохранность и доводится на месте промежуточной сборки или месте применения до состояния наибольшей допустимой готовности;
 - что понимать под определением "состояние наибольшей допустимой готовности";
 - порядок доведения ЯВУ до состояния наибольшей допустимой готовности (как показано ниже в разделе 3.8);
 - порядок и этапы проведения подготовки ЯВУ к взрыву;
 - набор и последовательность команд и действий, определяющих готовность ЯВУ к взрыву;
 - набор и последовательность операций после взрыва ЯВУ.

К этому перечню исследовательских и конструкторско-технологических задач, подлежащих решению на стадии проектирования ядерного заряда для промышленного применения, необходимо добавить и такие задачи, как определение состава групп экспедиций, которые будут выезжать на место проведения работ, а также обеспечение безопасности и охраны ЯВУ как при доставке его к

месту назначения, так и в период выполнения всех подготовительных работ к взрыву.

Следует отметить, что при решении таких сложных и объемных задач допускались совмещения отдельных этапов работ, замена лабораторных экспериментов испытаниями ЯВУ в местах проведения работ, а также замена предварительных транспортных испытаний доставкой ЯВУ в пункт применения с освидетельствованием его технического состояния после транспортировки. В этом был определен риск, поскольку проверки ЯВУ в местах их применения могли выявить неустранимые в полевых условиях неполадки, что могло бы привести к серьёзным неприятностям для главного конструктора и исполнителей. К счастью, ничего подобного за всё время проведения подземных ядерных взрывов в промышленных целях не происходило, что несомненно свидетельствует о высоком уровне квалификации разработчиков и изготовителей ядерных взрывных устройств.

3.3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЯДЕРНЫМ ВЗРЫВНЫМ УСТРОЙСТВАМ

Технические требования к ядерным взрывным устройствам отражают специфику их применения и ожидаемые производственные эффекты. Поэтому эти требования не могут быть одинаковыми для ядерных взрывных устройств разного назначения. Прежде всего это вытекает из разнообразия задач, решаемых с помощью подземных ядерных взрывов. Очевидно, что такие взрывы в соответствии с приведенной в главе 2 классификацией можно использовать для решения различного рода задач, а именно:

- для взрывов наружного действия с выбросом грунта (строительство каналов, водохранилищ, насыпных плотин, гаваней и т.п.);
- для обрушения горной породы (с полезными ископаемыми или пустой) при добыче или ведении подземных горных работ;
- для интенсификации добычи нефти или газа;
- для создания подземных ёмкостей для хранения углеводородов;
- для глубинного сейсмического зондирования земной коры;
- для ликвидации аварийных газовых или нефтяных фонтанов;
- для глубинного захоронения биологически вредных промышленных отходов.

В приведенном перечне задач ядерные взрывы расположены в порядке уменьшения возможных доз облучения людей при их контакте с тем радиоактивным загрязнением окружающей среды, которое нельзя полностью исключить после любого ядерного взрыва. Невозможно исключить также сейсмические эффекты и напряженно-деформированное состояние горной породы вокруг

места взрыва, но всегда можно, опираясь на понимание разнообразных процессов, протекающих во время ядерного взрыва и после него, создать технологии, практически безопасные для людей и окружающей среды. Поэтому разрабатываемые меры безопасности должны соответствовать этим процессам.

Ядерный взрыв, как известно, - это не единичный акт, а последовательность ряда процессов, протекающих в разные по продолжительности моменты времени в разных по масштабам пространствах. Первоначально он развивается в пределах делящегося материала, переведенного через критическое состояние в состояние цепной взрывной реакции, в ходе которой лавинообразно нарастает число нейтронов и продуктов деления, что эквивалентно выделению огромного количества энергии в весьма малом объеме, занимаемом делящимся материалом. Так, шар из урана-235, как одного из делящихся материалов, с массой 1 кг имеет диаметр около 4,5 см. Если разделятся все ядра урана-235, находящиеся в этом объеме, то за время, равное примерно 10^{-7} сек (т.е. одна десятимиллионная доля секунды!) выделится энергия, эквивалентная энергии взрыва почти 20 тысяч тонн тротила одного из мощных химических взрывчатых веществ. Заметим, что 20 тысяч тонн (или 20 килотонн) тротила занимают объем куба со стороной, равной примерно 22 м! Взрыв "такого дома из тротила объемом около 10000 м³" будет длиться 10^{-3} сек (то есть одна тысячная секунды). Эти же оценки справедливы и для другого делящегося материала, применяемого в ядерных взрывных устройствах, а именно, - плутония-239. Из приведенных данных можно сделать вывод, что ни одно взрывное устройство, в котором применено самое мощное химическое взрывчатое вещество, не может конкурировать с ядерным взрывным устройством по концентрации энергии взрыва.

Однако, проектируя ЯВУ, нельзя было забывать и о том, что при делении ядер урана или плутония образуются радиоактивные продукты деления с разной продолжительностью существования, испускающие опасные для человека и животных радиоактивные излучения. Так, при делении 1 кг урана-235, по данным работы [2], выделяется *"около 989 г продуктов деления, 10 г нейтронов и 700 мг кинетической энергии (в эквивалентах массы-энергии) и добавочно 100 мг энергии в виде излучения в значительной степени от радиоактивных продуктов распада."*

В ядерной физике принято различать ядра химических элементов как по их массе, так и по количеству заряженных частиц в ядре. Ядра с одинаковой массой, но с разным количеством заряженных частиц называют изотопами. Символически ядро изотопа С с массой А и зарядом Z обозначают так ${}_Z^A\text{C}$. Масса ядра

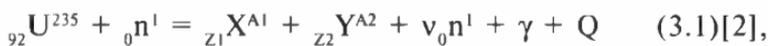
изотопа А равна сумме нейтральных частиц - нейтронов, обозначаемых символом n , и положительно заряженных частиц - протонов, обозначаемых символом p . Сумма протонов в ядре определяет его заряд. Все это для нейтрона и протона символически можно записать в таком виде:

$${}_0^1n^1 \text{ (заряд равен 0, масса 1),}$$

$${}_1^1p^1 \text{ (заряд равен 1 и масса равна 1).}$$

Протон является ядром лёгкого изотопа водорода ${}_1^1H^1$ - водорода, являющегося одним из наиболее распространённых химических элементов на Земле и во Вселенной. Кроме этого изотопа водород имеет ещё два изотопа: дейтерий ${}_1^2D^2$ и тритий ${}_1^3T^3$, которые являются определяющими в процессах термоядерного синтеза (слияния) ядер.

Процесс деления ядра урана-235 может быть изображён в следующем виде:



где символы X и Y обозначают легкий и тяжелый осколки деления;

γ - γ -лучи, возникающие в процессе деления;

Q - кинетическая энергия осколков и нейтронов деления;

ν_0 - среднее число вторичных нейтронов, вылетающих из ядра при его делении; для урана-235 (${}_{92}U^{235}$) это число равно 2,56, а для плутония-239 (${}_{94}Pu^{239}$) - 2,9-3,0 [3]. Это свидетельствует о том, что развитие цепной ядерной реакции в плутонии-239 идёт быстрее, чем в уране-235.

Важно подчеркнуть, что нейтроны, появившиеся в результате деления одного ядра урана-235 или плутония-239, делят другие ядра этих веществ, а так как в каждом акте деления число нейтронов непрерывно и лавинообразно увеличивается, то процесс деления развивается как цепной взрывной процесс (Рис. 3.1.)

По количеству нейтронов, содержащихся в делящихся ядрах и в стабильных элементах с $30 < Z < 60$, было установлено, что первичные осколки X и Y должны претерпеть до пяти-шести β -распадов, то есть до образования стабильного ядра. Важные сведения о продуктах деления были получены в процессе их химического разделения (включая радиоактивные продукты первичных веществ) и изучения свойств индивидуальных радиоактивных веществ. Среди радиоактивных продуктов деления были найдены все изотопы от ${}_{30}Zn$ до ${}_{63}Eu$ с массами от 72 до 158, в том числе 162 β -излучателя, среди которых 6 - это ядра, испускающие нейтроны, 11 изомеров (ядра с одинаковыми зарядами и массами, но с

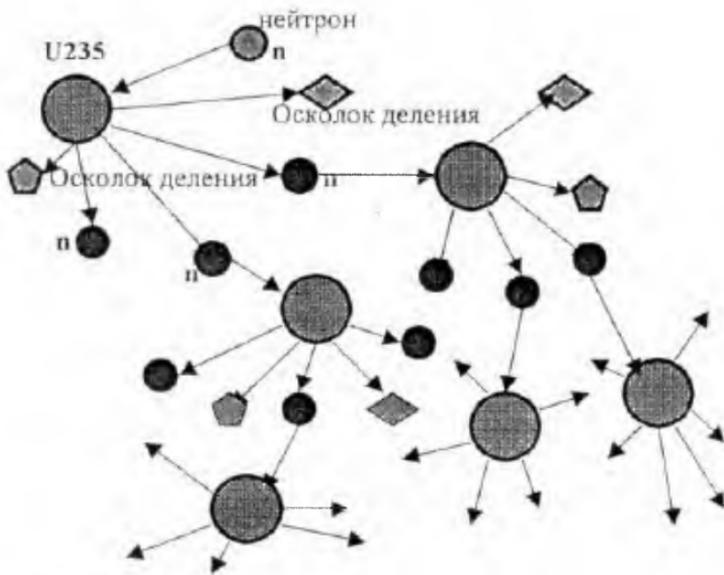
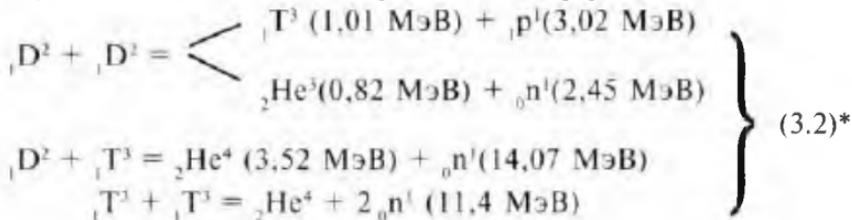


Рис. 3.1. Схема развития цепной взрывной (неуправляемой) реакции деления.

разными периодами радиоактивного полураспада), 7 стабильных изотопов Кг и Хе и 22 ядра, выявленные радиохимическими методами. Таким образом, из ядер урана-235 при делении образуется 202 различных ядра [2] с разными видами излучений, разными периодами полураспада, а также, что очень важно, с разной степенью опасности этих видов излучений для живых организмов.

В современных ядерных взрывных устройствах для создания эффектов взрыва могут использоваться как делящиеся изотопы с тяжёлыми ядрами, так и изотопы с лёгкими ядрами, способными к слиянию и образованию при этом более тяжёлых изотопов. Такими изотопами являются упомянутые выше тяжёлые изотопы водорода, дейтерий ${}_1\text{D}^2$ и тритий ${}_1\text{T}^3$. Их взаимодействие (ядерные реакции) можно записать в следующем виде [3]:



* В приведенных реакциях символы ${}_2\text{He}^3$ и ${}_2\text{He}^4$ обозначают изотопы гелия. Ядра более тяжёлого изотопа гелия ${}_2\text{He}^4$ известны как α -частицы, а их потоки называются α -излучением.

В пересчёте на единицу массы термоядерные реакции сопровождаются выделением в 3-4 раза большего количества энергии, чем при реакции деления, но при этом для их реализации необходимо создать очень высокие температуры, или, другими словами, довести взаимодействующие ядра изотопов водорода до энергий в несколько сот электрон-вольт. В ядерных взрывных устройствах источником такой энергии является ядерный взрыв делящихся веществ.

Таким образом можно выстроить упрощённую цепочку процессов в ядерном взрывном устройстве, приводящих к ядерному взрыву: взрыв обычного взрывчатого вещества ядерного заряда переводит делящееся вещество в надкритическое состояние, при котором выделяется ядерная энергия деления, вызывающая, в свою очередь, термоядерные реакции слияния (синтеза) ядер изотопов водорода. Выделение всех этих порций энергии происходит за очень короткие периоды времени (порядка миллионных долей секунды) в сравнительно малых объёмах, что характерно для ядерного взрыва. Ядерный взрыв создаёт как сверхвысокие давления, так и сверхвысокие температуры, что приводит к резкому изменению состояний веществ, в которых протекают ядерные реакции деления и синтеза, и веществ, расположенных рядом. Эти вещества (элементы конструкции ЯВУ) превращаются в сильно ионизованный и сильно сжатый газ, объём которого имеет сферическую форму и стремится расшириться вне пространства, первоначально занятого конструкцией ядерного заряда. Продукты ядерного взрыва начинают взаимодействовать со средой, окружающей ядерное взрывное устройство. Это взаимодействие определяется как давлением и температурой продуктов взрыва, так и радиационными излучениями, выходящими из них.

Следует отметить, что для процесса деления характерно образование сильно радиоактивных продуктов деления (формула 3.1), а для термоядерных процессов - образование мощных потоков высокоэнергетических нейтронов (формулы 3.2). Эти нейтроны способны вступать в ядерные реакции с ядрами химических веществ, окружающих ЯВУ под землёй, и образовывать в результате этих реакций ядра радиоактивных изотопов. Такие процессы получили название процессы активации. Другими словами, ранее стабильный изотоп, вступая в ядерную реакцию с нейтроном, образовавшимся в результате термоядерных реакций, становится радиоактивным, или просто активным. Этот процесс имеет и другое название, а именно, - процесс образования наведенной активности, подчеркивая тем самым, что источником возникновения радиоактивных изотопов являются процессы, инициируемые нейтронами ядерного взрыва. Сведения о том, как ослабить эти процессы и тем

самым уменьшить уровень наведенной активности, будут приведены ниже при описании ядерных взрывных устройств.

Итак, в любом ядерном заряде, в том числе и входящем в ЯВУ для мирных целей, процесс ядерного взрыва начинается с перевода делящегося материала в надкритическое состояние, то есть в состояние, при котором начинается неконтролируемая взрывная ядерная реакция деления.

Поскольку образующиеся при ядерном взрыве радиоактивные продукты, или радионуклиды, представляют опасность для людей, то одним из основных требований, которые предъявлялись к ЯВУ, разрабатываемым для промышленных целей, было требование обеспечения безопасности при их применении.

Как известно, наибольшую опасность для окружающей среды представляют так называемые подземные ядерные взрывы наружного действия, то есть взрывы с выбросом грунта, поэтому разработке требований безопасного проведения таких взрывов уделялось особое внимание. Поскольку такие взрывы сопровождаются выбросом части образующейся при его проведении радиоактивности (примерно 5% при приведенной глубине* заложения заряда в пределах 40-50 м/кт^{1/3}), то основным требованием к ядерным взрывным устройствам для взрывов с выбросом грунта являлось и является, если такие взрывы будут проводиться, максимальное уменьшение количества радионуклидов, образующихся при использовании этих устройств.

Как отмечалось выше, источниками радиоактивности являются ядерный заряд и окружающая его порода. Поэтому к ЯВУ, предназначенным для взрывов с выбросом грунта, предъявлялись два важных требования:

- образование минимально возможного количества осколков деления при взрыве ядерного взрывного устройства;
- снижение при взрыве интенсивности воздействия потока нейтронов на окружающую ЯВУ породу.

Аналогичные требования предъявлялись и к ядерным взрывным устройствам, которые использовались при взрывах, предназначавшихся для обрушения горных пород. Связано это главным образом с тем, что практически сразу после взрыва с обрушенной породой должны работать люди.

Основной целью проведения подземных ядерных взрывов наружного действия являлось достижение максимально возможного экономического эффекта путем выброса как можно большего

* *Приведенная глубина - это отношение глубины заложения заряда в метрах к корню третьей степени из его мощности*

количества грунта. Для разработчиков ядерных взрывных устройств это означало достижение при взрыве больших энерговыделений. В некоторых проектах предусматривалось проведение ядерных взрывов мощностью до 100 Мт и более. Это были первые, несколько наивные представления проектировщиков о ядерных взрывах и сопровождавших их радиационных и сейсмических последствиях. Для выполнения крупномасштабных работ более реальными были признаны взрывы мощностью до нескольких сот килотонн (не более 300 кт). При малых количествах радиоактивных осколков деления и достаточной защите от наведенной активности, что являлось очень нелёгкой задачей для создателей ЯВУ, требования по сейсмической безопасности при осуществлении ядерных взрывов могли быть обеспечены или уменьшением энерговыделения, если вблизи места взрыва имелись населённые пункты, жителей которых нельзя было выселить на время проведения взрывных работ, или принятием мер, обеспечивающих как безопасность населения (временное отселение), так и ремонт поврежденных зданий и сооружений. Такое гибкое использование ядерных взрывных устройств возможно лишь в том случае, если их конструкции позволяют менять величину энерговыделения в зависимости от задач проекта. Это требование выполнимо, но его нельзя отнести к разряду простых.

Все сказанное выше свидетельствует о том, что ядерные взрывы наружного действия необходимо было проводить вдали от населённых пунктов, порой в трудно доступных местах. Следовательно, конструкция ЯВУ должна была предусматривать сборку его или на месте проведения работ, или в передвижных автомобильных средствах, или во временных помещениях с помощью простейшего оборудования, изготовленного в заводских условиях и доставляемого к месту взрывных работ вместе с отдельными частями ядерного взрывного устройства.

Известно, что для осуществления подземных ядерных взрывов взрывные устройства размещались или в горизонтальных горных выработках (штольнях), или в скважинах. Естественно, корпус ЯВУ при заложении его и в штольнях, и в скважинах должен был надежно защищать от влаги как ядерный заряд, так и бортовую аппаратуру. Этого можно было достигнуть только созданием герметичного корпуса ЯВУ. Такое же требование предъявлялось и к корпусу ядерного взрывного устройства, предназначенного для обрушения горной породы, поскольку оно должно было находиться в штольнях несколько недель, где всегда сыро. Требование герметичности корпуса ЯВУ означало, что соединение его бортовой аппаратуры с наземной должно осуществляться через гермовводы с различной степенью уплотнения, зависящей от степени влажности окружающей среды.

Требование только герметичности корпуса ядерного взрывного устройства было недостаточно, если оно предназначалось для применения в скважине для взрыва на выброс. Корпус такого ЯВУ должен был выдерживать внешнее давление, создаваемое буровым или иным раствором на глубине заложения ядерного взрывного устройства. Так как глубина, на которую помещалось ЯВУ перед взрывом, была относительно небольшая*, то его корпус должен был выдерживать внешнее давление до 5 МПа (50 атм), что обеспечивало погружение ЯВУ практически во все скважины, предназначавшиеся для ядерных взрывов наружного действия и заполненные буровым раствором.

И, наконец, о калибре ядерного взрывного устройства, предназначавшегося для осуществления взрывов на выброс. Очевидно, что калибр определял диаметр скважины. Однако особых требований к этому параметру заказчиком не предъявлялось, поскольку скважины глубиной до 300 - 400 м без особого труда можно было сделать диаметром до 1020 мм и даже до 1420 мм. Таким образом, следует отметить, что каких-либо строгих требований ни к калибру, ни к размеру (длине) ЯВУ, предназначавшегося для проведения взрывов на выброс, не предъявлялось.

Основными требованиями, которым должны были удовлетворять ядерные взрывные устройства, предназначавшиеся для взрывов на выброс или для обрушения горной породы, являлись:

- образование при взрыве минимально возможного (или достижимого) количества осколков деления;
- снабжение ЯВУ защитой, поглощающей максимальное количество нейтронов, возникающих при термоядерном взрыве;
- возможность доставки (транспортировки) конструкций ЯВУ в полностью или частично собранном виде в любое, сколь угодно отдаленное и малонаселённое место без ограничения дальности перевозки, вида транспорта и времени года;
- подготовка ЯВУ к использованию на месте взрывных работ должна была проводиться в условиях отсутствия специальных капитальных зданий и сооружений;
- корпус ЯВУ должен был выдерживать наружное давление бурового или цементного раствора до 5 МПа.

Несомненный интерес представляют требования, которым должны были удовлетворять ядерные взрывные устройства, предназначав-

* Если принять приведенную глубину взрыва $\bar{H} = H/E^{0.294}$, то отсюда можно вычислить глубину заложения ядерного взрывного устройства. Для устройства с $E=100$ кт $H=193$ м, а для устройства с $E=300$ кт $H=267$ м

шиеся для интенсификации добычи углеводородов и создания емкостей для их хранения. Эти требования существенно отличались от требований, сформулированных для ЯВУ, которые использовались при взрывах на выброс и для обрушения пород. Отличие определялось тем, что ЯВУ, предназначенные для интенсификации добычи нефти и газа, а также создания емкостей-хранилищ углеводородов, применялись на очень больших глубинах. Ядерный взрыв в таких условиях создаёт значительные количества испаренной и расплавленной породы, которой захватывается практически вся радиоактивность, возникающая при взрыве. Не захватываются только газообразные радиоактивные изотопы. Среди них наиболее опасным является самый тяжелый радиоактивный изотоп водорода - тритий.

Тритий, по своим химическим свойствам похожий на водород, заменяет его по механизму изотопного обмена в водородосодержащих веществах (углеводородах, воде, биологических тканях и т.п.), делая их радиоактивными. К тому же при распаде ядра трития выделяются β -частицы, разрушающие сложные молекулы, содержащие тритий. Естественно, что при интенсификации добычи нефти или газа присутствие трития в продуктах взрыва должно было быть максимально ограничено. Эта проблема всесторонне обсуждалась на конференциях, которые проводились в Вене под эгидой МАГАТЭ [4-8].

На проходившем в Ленинграде (Радиевый институт им. В.Г. Хлопина) в январе 1977 г. совещании при обсуждении проблемы радиоактивного загрязнения продукции, добываемой с помощью подземных ядерных взрывов, было отмечено, что достаточно снизить величину остаточного трития примерно до 0,1 г, чтобы не применять сложных мер предосторожности при вскрытии полостей и не сжигать в факелах газ сразу после проведения работ, направленных на интенсификацию месторождений. Из вышесказанного следует требование к массе остаточного трития. Оно должно быть

$$m_{\text{ост}}^T \leq 0,1 \text{ г} \quad (3.3)$$

независимо от энерговыделения ЯВУ. Согласно данным работы [9], американский ядерный заряд для интенсификации притоков нефти и газа "Даймонд" имеет $m_{\text{ост}}^T$ около 2 мг/кт, что при энерговыделении 80 кт составляет $m_{\text{ост}}^T \sim 0,16 \text{ г}$.

Ядерные взрывные устройства, не удовлетворяющие условию (3.3), не рекомендовалось использовать для интенсификации добычи нефти и газа и строительства емкостей-хранилищ углеводородов.

Как уже отмечалось, промышленное применение камуфлетных ядерных взрывов было связано с опусканием ЯВУ на глубины от сотен метров до двух-трёх тысяч метров, поэтому калибр такого

устройства не мог быть произвольным. Его следовало выбирать, исходя из возможностей проводки скважины определённого и не очень большого диаметра на рабочую глубину. Однако в первых опытно-промышленных работах, связанных с интенсификацией добычи нефти (взрывы "Бутан", 1965 г.) и с тушением аварийного газового фонтана (Урта-Булак, 1966 г.), выбор калибра ЯВУ проводился, исходя из трёх условий: во-первых, "надо!"; во-вторых, если имелся уже испытанный ядерный заряд приемлемого калибра, то его можно использовать; в-третьих, осуществлять проводку скважины на рабочую глубину следовало, невзирая на затраты, под калибр имевшегося ядерного заряда. Очевидно, что при массовом применении камуфлетных ядерных взрывов в промышленных целях, выбор калибра ЯВУ должен был проводиться технически обоснованно. Такая работа была проведена во ВНИИТФ главным конструктором ядерных зарядов Б. В. Литвиновым и старшим научным сотрудником А.П. Васильевым.

Так, изучая справочники месторождений нефти и газа в СССР [10,11], Б. В. Литвинов установил, что существуют значительные различия в распределении скважин по глубинам бурения. В табл. 3.1 представлены данные о распределении по глубинам бурения 3139 скважин, выбранных из всех месторождений нефти и газа, известных к началу 1968 г.

Данные табл. 3.1 свидетельствуют о том, что в 60-е годы в бывшем Советском Союзе наибольшее число скважин (2471 из 3139 или 78,9%) бурилось на глубину до 2000 м. Распределение температур в забое скважи-

Таблица 3.1.

Распределение 3139 месторождений нефти и газа по глубинам бурения

| Глубина бурения, м | Количество скважин | Доля скважин различной глубины в общем их количестве, % |
|--------------------|--------------------|---|
| 500-999 | 826 | 26,4 |
| 1000-1999 | 1645 | 53,5 |
| 2000-2999 | 505 | 16,1 |
| 3000-3999 | 147 | 4,7 |
| 4000 и глубже | 16 | 0,5 |
| Всего | 3139 | 100 |

ны представлено в табл. 3.2, для составления которой были использованы данные о 884 месторождений нефти и газа.

По результатам анализа данных табл. 3.2 можно сделать вывод о том, что в выборке, равной 884 скважинам, 626 скважин (70,7%) были пробурены на глубину до 2000 м. Из этих 626 скважин с температурой

Распределение залежей нефти и газа по глубинам и температурам

| Интервал глубин, м | Количество залежей /доля в общем количестве, % | Количество залежей в интервале температур/доля в общем количестве залежей данной глубины, % | | | | |
|--------------------|--|---|-----------------|-------------|-------------|---------------|
| | | до 50°С | 51–80°С | 81–100°С | 101–120°С | 121–150°С |
| 400–999 | 163/18,4 | 144/88,3 | 18/11,0 | 1/0,7 | 0 | 0 |
| 1000–1499 | 262/29,6 | 202/77,1 | 53/20,3 | 6/2,3 | 1/0,3 | 0 |
| 1500–1999 | 201/22,7 | 112/55,7 | 76/37,8 | 11/5,5 | 2/1 | 0 |
| 2000–2499 | 131/14,8 | 11/8,4 | 65/49,6 | 38/29,1 | 15/11,5 | 2/1,5 |
| 2500–2999 | 64/7,2 | 3/4,7 | 21/32,8 | 9/14,1 | 20/31,2 | 11/17,2 |
| 3000–3499 | 43/5 | 0 | 3/7 | 6/13,9 | 2/4,6 | 32/74,5 |
| 3500–3999 | 11/1,2 | 0 | 0 | 3/27,3 | 2/4,6 | 6/54,4 |
| 4000 и ниже | 9/1,1 | -0 | 0 | 6/ 66,7 | 2/ 22,2 | 1/1,1 |
| Всего | 884/100 | 472/53,4 | 236/26,7 | 80/9 | 44/5 | 52/5,9 |

в забое до 50°С было 458 скважин или 73,1%, с температурой от 51°С до 80°С - 147 скважин или 23,5%, с температурой 80-100°С - 18 скважин или 2,9% и с температурой выше 100°С было всего 3 скважины, что составляло 0,5% от общего количества скважин, пробуренных на глубину до 2000 м, то есть от 626 скважин. Таким образом, можно констатировать, что температуру до 80°С в забое имели 605 скважин или 80,1% скважин с глубинами до 2000 м. Эти данные позволяют говорить о том, что, имея два вида конструкций ядерных взрывных устройств, один из которых работоспособен при температурах до 80°С, а другой - от 80°С и до 150°С, можно было проводить работы по интенсификации добычи нефти и газа на всей территории Советского Союза. При этом районы с аномально высокими температурой и давлением в пластах находились в республиках Средней Азии и Северного Кавказа, а на других территориях страны распределение и температур, и давлений в пластах на различных глубинах было нормальным.

Очень важная работа, связанная с оценкой стоимости проводки скважин, была выполнена А. П. Васильевым. Используя данные стоимости проводки скважин разного диаметра в рублях и стоимости ядерных взрывных устройств разного калибра в условных единицах, А.П. Васильев установил, что для глубин до 2000 м оптимальным является калибр ЯВУ под обсадную трубу с наружным диаметром 299 мм, о чем свидетельствуют данные, приведенные в табл. 3.3.

Следует отметить, что обсадной трубой диаметром 426 мм были обсажены скважины для ЯВУ, которые применялись для интенсификации добычи нефти в 1965-1969 гг. Но, как свидетельствуют данные табл. 3.3, переход на ядерные взрывные устройства, которые можно было бы опус-

Суммарная стоимость проводки скважин различного диаметра на разные глубины бурения

| Глубина бурения, м | Стоимость проводки скважин для разных наружных диаметров обсадной трубы, условные единицы | | |
|-----------------------|---|--------|--------|
| | 219 мм | 299 мм | 426 мм |
| 1000 | 1450 | 710 | 700 |
| 2000 | 1630 | 1010 | 1270 |
| 3000 | 1960 | 1400 | 1720 |

кать в обсадные трубы с наружным диаметром 299 мм, существенно повышали экономичность проведения работ на глубинах свыше 1000 м, а вот переход на обсадные трубы меньшего наружного диаметра заметно увеличивал суммарную стоимость проводки скважин. Однако для выполнения особо срочных работ (например, для ликвидации аварийной ситуации) применение ЯВУ, которое можно опускать в трубу диаметром 219 мм, считалось оправданным, тем более, что время бурения скважины под обсадную трубу такого диаметра сокращалось почти в 2 раза.

По результатам исследований было установлено, что для камуфлетных ядерных взрывов целесообразно иметь четыре типа ядерных взрывных устройств. Первый тип - для применения в скважинах с обсадными трубами наружным диаметром 299 мм и с температурами в забое до 80°C, второй - для скважин такого же диаметра, но с температурой в забое до 120-150°C, третий - для применения в скважинах, обсаженных трубами 219 мм и с температурой в забое до 80°C и четвёртый - тоже под трубы диаметром 219 мм, но с температурами в забое до 120-150°C. Корпус таких ЯВУ должен был выдерживать давления до 75 МПа. В табл. 3.4. представлены данные, характеризующие параметры ядерных взрывных устройств диаметром 219 и 299 мм, то есть ЯВУ малого диаметра, которые были разработаны специалистами РФЯЦ-ВНИИТФ.

Конструкции ЯВУ, характеристики которых представлены в табл. 3.4, были снабжены устройствами, позволявшими регулировать энерговыделение при максимальном отклонении от номинального значения $\pm 20\%$. В целях обеспечения ядерной и радиационной безопасности заряд на время его хранения и транспортировки не снаряжался капсулями-детонаторами.

При реализации некоторых проектов применения ядерных взрывных устройств необходимо было осуществлять два или даже три камуфлетных ядерных взрыва в рядом расположенных скважинах с разницей во времени от нескольких минут до нескольких часов или в одной скважине, когда ЯВУ размещались гирляндой одно над другим. Это означало, что ядерное взрывное устройство, взрываемое вторым, испыты-

Основные характеристики промышленных ядерных зарядов малого диаметра [12]

| Диаметр обсадной трубы скважины, мм | Энерговыведение заряда, кт ТЭ | Допустимое давление, атм | Допустимая температура, °С | Глубина заложения заряда, м | Относительная стоимость системы "заряд+скважина" |
|-------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|--|
| 299 | 1,5-50 | 450 | 80 | <u>1000</u> | <u>0,75</u> |
| | | | | <u>2000</u> | <u>1,00</u> |
| | 3,5-20 | 450 | 80 | <u>1000</u> | <u>0,73</u> |
| <u>2000</u> | | | | <u>0,98</u> | |
| 3,5-20 | 500 | 90 | <u>1000</u> | <u>0,45</u> | |
| | | | <u>2000</u> | <u>0,65</u> | |
| 219 | 2-30 | 650 | 80 | <u>1000</u> | <u>0,70</u> |
| | | | | <u>2000</u> | <u>0,83</u> |
| | | | | <u>3000</u> | <u>1,15</u> |
| | 2-30 | 650 | 80 | <u>1000</u> | <u>0,67</u> |
| | | | | <u>2000</u> | <u>0,80</u> |
| | | | | <u>3000</u> | <u>1,12</u> |
| 2-50 | 650 | 150 | <u>1000</u> | <u>1,25</u> | |
| | | | <u>2000</u> | <u>1,40</u> | |
| | | | <u>3000</u> | <u>1,70</u> | |

вало нагрузку (или нагрузки) ударной волны предыдущего взрыва. Сопоставление результатов исследований перегрузок, скоростей и смещений, создаваемых ударной волной подземного ядерного взрыва на разных расстояниях от места взрыва, с требованиями по размещению ядерных взрывных устройств для групповых взрывов с задержкой позволило установить уровни ударных перегрузок, которым подвергается ядерное взрывное устройство, ожидающее очередного взрыва, а также определить уровень стойкости ЯВУ к ударным нагрузкам для использования его при разработке соответствующих требований.

В отличие от ЯВУ, используемых при проведении камуфлетных ядерных взрывов для интенсификации добычи нефти или газа, к ядерным взрывным устройствам для глубинного сейсмического зондирования и захоронения биологически вредных отходов никаких требований по количеству выделяющегося при ядерном взрыве трития не предъявлялось. Оставались лишь требования, направленные на снижение стоимости выполнения взрывных работ, а также на увеличение стойкости ЯВУ к температурам, внешнему давлению и ударным перегрузкам при групповых взрывах с задержкой. Естественно, что для глубинного сейсмического зондирования земли с успехом можно было применять ядерные взрывные устройства, разработанные для интенсификации добычи нефти и газа, а также создания емкостей для хранения углеводородов.

Несомненный интерес представляют требования, предъявляемые

к главной характеристике ядерного взрывного устройства – к энерговыделению. Разнообразии задач, решаемых при камуфлетных ядерных взрывах, или, согласно "Терминологическому словарю" [13], при взрывах внутреннего действия, а также стремление предельно сократить номенклатуру ядерных взрывных устройств при одновременном удовлетворении всех технологических запросов заказчиков определили еще одно важное требование к ЯВУ. Необходимо было еще при изготовлении ядерных взрывных устройств на заводе предусмотреть возможность устанавливать энерговыделение для некоторых из них в пределах от 1 кт до 30–40 кт, чтобы тем самым обеспечивать решение задач при реализации любого конкретного проекта.

Все сказанное выше позволяет обобщить технические требования, которым должны были отвечать ЯВУ, предназначавшиеся для проведения камуфлетных взрывов:

- при использовании ЯВУ для интенсификации добычи нефти или газа количество образующегося при ядерном взрыве трития не должно было превышать 0,1 г. Для ЯВУ, используемых при проведении подземных ядерных взрывов для других целей, эта величина не оговаривалась;
- ядерное взрывное устройство должно было иметь прочный и герметичный корпус, способный выдерживать внешнее давление не менее 75 МПа;
- допускалось изготовление ядерных взрывных устройств отдельно как для применения при температурах до 80°С, так и при температурах 120–150°С. При этом конструкции ядерных зарядов и бортовой аппаратуры ЯВУ могли существенно отличаться;
- ядерное взрывное устройство должно было выдерживать значительные ударные перегрузки;
- в каждом типе ядерных зарядов задолго до их применения должна была быть предусмотрена возможность устанавливать энерговыделение, требуемое для решения конкретных задач;
- транспортировка любого ядерного взрывного устройства должна была быть универсальной, то есть осуществляться любыми видами транспорта и на любые расстояния;
- габариты ядерных взрывных устройств должны были допускать их применение в обсадных трубах технологических скважин диаметром 219 и 299 мм;
- конструкция ядерного взрывного устройства должна была быть максимально простой, не требующей при подготовке к использованию сложной и нетранспортируемой оснастки;
- конструкция ЯВУ должна была позволять выполнение всех необходимых операций при подготовке его к использованию в простейших сборочных и передвижных средствах и строениях лёгкого типа.

Следует отметить, что представленные в этом разделе технические требования к ядерным взрывным устройствам разного назначения возникли не сразу. Они уточнялись и видоизменялись по мере накопления опыта проектирования, конструирования и производства ЯВУ, а также опыта их применения для решения конкретных технических задач с помощью ядерных взрывов. Представленные выше сведения о технических требованиях, предъявляемых к ядерным взрывным устройствам промышленного применения, следует считать результатом совместной работы всех тех, кто принимал участие в их разработке, сборке, транспортировке и применении. Только такой совместный труд обусловил успех как в разработке ядерных взрывных устройств, так и в их применении.

3.4. ЯДЕРНЫЕ ВЗРЫВНЫЕ УСТРОЙСТВА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВАХ НАРУЖНОГО ДЕЙСТВИЯ

Как уже отмечалось, наиболее трудно выполнимым было первое требование к ЯВУ, которые использовались для проведения подземных ядерных взрывов наружного действия, а именно: при ядерном взрыве таких ЯВУ должно было образовываться минимально возможное (или достижимое) количество осколков деления. Это требование с самого начала применения ядерных взрывных устройств в промышленных целях не было количественным, поскольку никто из специалистов тогда не мог определенно сказать, с каким же приемлемым количеством осколков деления можно создать первичный инициирующий узел. Выражение "приемлемая величина количества осколков деления", подразумевает возможность создания необходимых условий для протекания термоядерных реакций во вторичном узле при минимальном количестве осколков деления в первичном. Это было необходимое условие, не выполнив которое, нельзя было добиться ожидаемого эффекта от ядерного взрыва. От количества осколков деления и степени загрязнения окружающей ядерное взрывное устройство породы зависело время, по истечении которого можно было начинать выполнение запланированной работы на месте взрыва. От величины энерговыделения вторичного узла зависел конечный эффект ядерного взрыва: размеры воронки, ширина рва (канала), количество обрушенной породы и т.п. В начале 60-х годов считалось приемлемым, если из 100% энерговыделения 95% будет выделяться в результате термоядерных реакций и только 5% - в результате реакции деления [14]. Другими словами, при таких долях из общего энерговыделения, равного 100 кт, только 5 кт будут приходиться на энерговыделение за счёт реакции деления и образование 290

г осколков. Результаты измерений уровня радиоактивного загрязнения окружающей среды после наземных ядерных взрывов с разным энерговыделением, а также после подземного ядерного взрыва, произведенного 15.01.1965 г. для создания воронки выброса под будущее водохранилище, позволили сделать вывод, что 5% энерговыделения за счёт реакции деления допустимо, однако уменьшение его на порядок, то есть до 0,5%, позволило бы значительно снизить стоимость последующих работ.

Естественно, что разработать требования к какой-то характеристике технического устройства проще, чем добиться их практической реализации. К тому же необходимо было проектировать ЯВУ с учётом выполнения всех требований, учитывать возможности производства, удобство и безопасность транспортировки и подготовки их к применению не только в малонаселённой местности. Такой многофакторный подход к разработке ядерных взрывных устройств в сочетании с изобретательностью их создателей привел к успеху: уже 11.05.1965 г. на Семипалатинском испытательном полигоне был проведен первый взрыв экспериментального ядерного устройства, физическая схема которого была предложена начальником физико-теоретического отдела ВНИИТФ Ю.С. Вахрамеевым. Опыт прошёл успешно, а предложенная физическая схема настолько удачной, что дала возможность создать несколько таких конструкций, с помощью которых были решены как задачи создания "чистых" ЯВУ для ядерных экскавационных взрывов и обрушения полезных ископаемых, так и задачи многих физических опытов. На рис. 3.2 представлена сделанная в музее РФЯЦ-ВНИИТФ фотография ядерного взрывного устройства большой мощности, предназначенного для проведения экскавационных ядерных взрывов.

В результате нескольких ядерных испытаний удалось довести "чистоту" первичного ядерного узла до такой степени, что после взрыва образовывалось всего несколько грамм осколков деления. Однако этой энергии было недостаточно, чтобы осуществить термоядерные реакции во вторичном, основном, энерговыделяющем узле ЯВУ. Даже для принятого в качестве "рабочего чистого" первичного узла с выходом около 20 грамм осколков деления* потребовалось разработать переходное термоядерное взрывное устройство, в котором создавалось бы энерговыделение, необходимое для возбуждения и развития термоядерных реакций с требуемым энерговыделением. При разработке "чистого" первичного узла особое внимание уделялось не только конструкции и подбору веществ центрального узла, содержавшего делящиеся материалы, но и различным внутренним деталям и сборочным единицам, которые в процессе ядерного взрыва могли активироваться, увеличивая тем



Рис. 3.2. Ядерное взрывное устройство большой мощности, предназначенное для проведения взрывов с выбросом грунта.

самым выход радиоактивности в окружающую среду. Это потребовало создания и применения новейших технологий получения особых сплавов металлов и материалов, необходимых для изготовления деталей сложной конфигурации.

Результаты, полученные при проведении испытаний ядерных взрывных устройств на Семипалатинском полигоне, многочисленных сложных физических расчётов и опытно-конструкторских работ по созданию "чистых" зарядов, показали, что первичный узел этих ЯВУ работает стабильно, то есть обеспечивает переходной узел необходимым и устойчивым количеством энергии.

Успехи в создании первичного узла не решили проблему создания "чистого" ЯВУ для взрывов наружного действия. Первые результаты расчётно-теоретических исследований указывали на возможность получения термоядерного энерговыделения требуемой величины при минимальном количестве переходных узлов от первичного узла к основным. Однако результаты экспериментов (ядерных испытаний) не подтверждали результатов расчётно-теоретических исследований, проводившихся в обоих ядерных центрах страны.

* По устному сообщению сотрудника Ливерморской Национальной лаборатории им. Лоуренса доктора Лоуэлла Вуда американским физикам удалось довести "чистоту" своего первичного узла до 57 г осколков деления.

Как уже отмечалось (См. раздел 3.1.), трудность в создании ЯВУ для взрывов наружного действия заключалась в жестком запрете увеличивать осколочную радиоактивность при его взрыве. Основной энерговыделяющий узел и переходное устройство к нему могли быть только чисто термоядерными. Такие требования не распространялись на ядерные заряды военного назначения, что, естественно, облегчало их создание.

В предыдущем разделе был приведен набор тех веществ, ядерные реакции в которых могут служить источником термоядерной энергии. Эти вещества для осуществления термоядерных реакций можно использовать в любом агрегатном состоянии: газообразном, жидком (например, охлажденные до жидкого состояния газы) или твердом [15]. Наиболее доступными для конструирования термоядерных зарядов являются газообразные дейтерий (D) и тритий (T), а также дейтериды, дейтеридтритиды и тритиды лития-6 (Li^6D , Li^6DT , Li^6T). Разработчики ядерных зарядов в США применяли дейтерий и тритий в жидком состоянии. Однако использование таких материалов, да еще при очень низких температурах, было связано с большими трудностями. В свою очередь, применение в газообразном состоянии трития или его соединений с литием из-за радиоактивного распада трития (период полураспада трития равен 12,33 года) тоже не совсем приемлемо, поскольку, во-первых, со временем нужно было менять компоненты заряда, содержащие тритий, и, во-вторых, в конструкцию узлов, содержащих тритиды или дейтерид-тритиды лития необходимо было включать устройства, компенсирующие со временем увеличение объёма деталей из этих материалов*. Как правило, такие конструктивные меры компенсации объемов не очень воспроизводимы, и всегда есть опасность непредсказуемого поведения всей конструкции. Такие случаи были в практике ядерных испытаний, поэтому, если есть возможность отказаться от применения трития и тритидов, эту возможность надо использовать. Однако использование реакции "дейтерий+тритий" в значительной степени способствует возможности получения положительного эффекта вследствие сравнительно большого сечения этой реакции, то есть вероятность протекания такой реакции является наибольшей по сравнению с другими. Она начинается при низких энергиях дейтонов*, поэтому ее выгоднее было использовать при низких начальных уровнях энергии, "поджигающих термоядерные реакции". Именно с такими закономерностями встречались разработчики зарядов, когда стремление снизить величину осколочной

* Это явление, получившее название "распухание", представляет серьезную опасность для целостности деталей, содержащих в своём составе тритий в связанном состоянии.

радиоактивности первичного блока приводило к уменьшению энергии на выходе, которая и предназначается для возбуждения термоядерных реакций. Таким образом, перед специалистами двух таких ядерных центров, как ВНИИТФ и ВНИИЭФ стояли задачи поиска путей использования термоядерных реакций в практике создания ЯВУ для проведения взрывов наружного действия. Пути эти были разные.

Так, физики-теоретики ВНИИЭФ А.Д.Сахаров, Ю.Б. Харитон, Ю.А. Трутнев, В.Н. Мохов, В.С. Пинаев, В.С. Лебедев, А.В. Певницкий и другие после долгих поисков пришли к выводу, что наиболее целесообразным является использование твердых дейтеридов и дейтеридтритидов лития-6. На основании этих выводов во ВНИИЭФ был разработан и успешно испытан 16.11.1964 г. на Семипалатинском полигоне термоядерный заряд для промышленных целей с неполным энерговыделением. Примерно через два месяца после этого испытания с помощью такого же заряда в районе слияния рек Чаган и Ащи-Су 15.01.1965 г. была образована воронка, которая впоследствии стала частью искусственного водохранилища [16]. Радиационная безопасность проведения такого экскавационного взрыва обеспечивалась особо высокими параметрами использованного ядерного взрывного устройства: при суммарном энерговыделении 140 кт количество осколочной активности не превышало 5% [17], что для того времени было ниже нормы, которой, по мнению американцев, должен был удовлетворять экскавационный ядерный заряд. В конструкции термоядерного блока этого заряда были использованы твердые дейтериды и тритиды лития-6. Соединение в последовательную цепочку отдельных узлов, содержащих эти вещества, позволило добиться устойчивого возникновения термоядерных реакций при сравнительно слабом энерговыделении первичного (делительного) блока заряда. Однако для получения более высоких энерговыделений потребовалось бы увеличить расходы трития, что экономически было невыгодно, так как значительно повышалась стоимость заряда.

Специалисты другого ядерного центра - ВНИИТФ - сначала тоже предполагали при создании "чистых" ЯВУ для взрывов наружного действия использовать твердые дейтериды лития с небольшой добавкой трития (для затравки). Однако в 1963 г. возникли новые идеи. Так, физики-теоретики ВНИИТФ Е.Н. Аврорин, Е.И. Забабахин, Л.П. Феоктистов, А.К. Хлебников, А.А. Бунатян и другие, предложили провести физический опыт, в котором осуществить "зажигание"* большого количества трития и дейте-

* Дейтоны, дейтроны - разные названия ядер дейтерия.

рия. Для этого на заводе Института была создана специальная физическая установка ФО-24, сконструированная группой специалистов первого конструкторского бюро ВНИИТФ под руководством Б. В. Литвинова и П.А. Есина. Физический опыт с использованием этой установки был проведен 04.02.1965 г. на Семипалатинском полигоне. В этом эксперименте, возможно, впервые в мире было осуществлено зажигание большой массы газообразного дейтерия [17].

Развивая идеи, реализованные при проведении этого опыта, Е.Н. Аврорин предложил в новой физической схеме заряда использовать газообразный дейтерий под большим давлением (повышенной плотности). Проверка этого конструкторского предложения, проведенная 13.02.1966 г. на Семипалатинском полигоне, была успешной и полностью подтвердила результаты физических расчетов. Зажигание было осуществлено от первичного узла, осколочная активность которого не превышала 6% от общего энерговыделения. Таким образом был доказан факт получения энерговыделения от больших количеств дейтерия. Этот важный научный и практический результат открывал путь к использованию в энергетике самого дешевого сырья - дейтерия. То, чего не удалось получить в дорогостоящих и сложнейших установках для термоядерного синтеза, было получено в несоизмеримо больших масштабах при подземном ядерном взрыве.

Путь к этому результату был совсем нелегким. Повысить плотность дейтерия можно было только увеличением его давления до нескольких сот атмосфер. Для этого необходимо было достигнуть соответствующей прочности узлов, содержащих дейтерий. Следует отметить, что к моменту отправки ЯВУ на полигон не удалось обеспечить длительную прочность этих узлов, поэтому в интересах безопасности закачку дейтерия в узлы производили непосредственно в штольне из-за первой забивки, имевшей толщину 50 м. Для этого после проведения забивки в штольню был доставлен компрессор и по специальному трубопроводу произведена закачка газа в заряд до требуемого очень высокого давления, которое продержалось до момента взрыва.

Позже, когда были достигнуты гораздо большие запасы прочности узлов с дейтерием, закачка дейтерия по-прежнему производилась дистанционно, что повышало безопасность подготовительных работ.

Естественно, успех первого крупномасштабного испытания "чистого" ЯВУ настроил специалистов на продолжение физических опытов с целью определения того минимального количества дейтерия,

* "Зажиганием" физики называют осуществление термоядерной реакции с заметным энерговыделением, которое способно привести к устойчивому течению термоядерных реакций.

которое может устойчиво взрываться. Один такой опыт был успешно проведен 07.01.1968 г. также на Семипалатинском испытательном полигоне. Таким образом, задача создания мощного термоядерного узла, в котором энерговыделение обеспечивалось термоядерными реакциями между ядрами дейтерия, была решена. Однако необходимо было решить задачу "поджига" такого термоядерного узла от маломощного первичного узла. Оказалось, что это и есть наиболее трудная часть проблемы создания "чистого" ЯВУ для ядерных взрывов наружного действия. За период с 1967 г. по 1970 г. специалистами обоих ядерных центров страны было проведено более десятка физических опытов и ядерных испытаний на Семипалатинском испытательном полигоне, среди которых были и неудачные.

В конце 1970 г. Е.И. Забабахин - научный руководитель ВНИИТФ - на заседании научно-технического совета Минсредмаша СССР отметил, что созданное во ВНИИЭФ переходное устройство было технически более совершенно, чем во ВНИИТФ, и предложил объединить усилия специалистов обоих институтов в деле создания промышленного ЯВУ для подземных ядерных взрывов наружного действия. Это предложение было поддержано научным руководителем ВНИИЭФ Ю.Б. Харитоновым и одобрено министром Е.П. Славским. Для такого ЯВУ первичный узел и термоядерная дейтериевая часть были разработаны специалистами ВНИИТФ, а переходная между ними часть - специалистами ВНИИЭФ. Итогом совместной работы специалистов двух Институтов стало появление в СССР "чистого" ядерного взрывного устройства, успешное испытание которого было осуществлено 10.12.1972 г. на Семипалатинском полигоне. Доля осколочной активности в этом ЯВУ составляла около 1% от его общего энерговыделения, а специальные устройства в его ядерном заряде обеспечивали низкую наведенную активность и малый выход остаточного трития. По мере конструирования новых видов ядерных зарядных устройств велись большие работы и по созданию, а также и совершенствованию различных подвижных средств, предназначенных для обслуживания и безопасного использования ядерных зарядов.

Однако в 1974 г., в соответствии с советско-американским Договором о мирных ядерных взрывах, даже независимо от характеристик ядерных зарядных устройств, ядерные взрывы на выброс были прекращены. Огромный труд больших коллективов, затраченный на создание "чистых" экскавационных ядерных зарядов, остался практически невостребованным. Есть слабая надежда, что результат этой титанической работы найдет свое применение в получении энергии при подземных ядерных взрывах, производимых в специальных камерах. Активными пропагандистами этой идеи выступают физики ВНИИТФ: академик Б. В. Литвинов,

доктора наук Г.А. Иванов, А.С. Ганеев, Н. П. Волошин и другие. Ими написана интересная книга [18], в которой изложены идеи получения энергии с помощью взрывов дейтериевых ЯВУ, подобных тем, которые были созданы для подземных ядерных взрывов наружного действия. Важно, что новый источник энергии создан, есть энтузиасты его использования, и, в конце концов, они добьются его применения во благо человечества.

Следует отметить, что требования, предъявляемые к ЯВУ для подземных ядерных взрывов наружного действия, были применимы и к ЯВУ, которые использовались при проведении ядерных взрывов под землёй для обрушения горных пород или добычи полезных ископаемых. Это обусловлено тем, что с обрушенной рудой или породой необходимо было начинать работы сразу же после обрушения. Существенное отличие ЯВУ, предназначавшихся для взрывов на выброс грунта, от ЯВУ, применяемых при взрывах под землей для обрушения породы при подземной добыче полезных ископаемых, состояла в том, что достаточно эффективное обрушение могло быть достигнуто при существенно меньших энерговыделениях, которые требуются для создания воронки выброса. Так, согласно результатам расчётов специалистов ВНИПИпромотехнологии, двумя-тремя взрывами с энерговыделением в каждом 1,0-1,5 кт можно обрушить 1,5-2,0 млн. тонн рудного тела, используя всего 0,3-0,4 км горной проходки, тогда как для производства той же работы с помощью обычного химического ВВ необходима проходка штольни длиной 2,5-5 км. Если учесть, что 30-50% стоимости руды составляет её дробление, то ядерно-взрывная технология позволяет снизить стоимость одной тонны добытой руды в 1,5-2 раза. Расчётная эффективность обрушения рудного тела ядерным взрывом требовала экспериментального подтверждения. Местом опытно-промышленного изучения эффективности ядерной отбойки руды был выбран апатитовый рудник Куэльпор в Хибинах.

Для этих работ специально было сконструировано ЯВУ калибром около 900 мм, длиной до 2 м, массой около 1 т и энерговыделением, равным или 2,1 кт или 1,8 кт. В этом ядерном устройстве были использованы "чистый" первичный узел и чисто термоядерный вторичный узел, физическую схему которого предложили физики-теоретики Л.И. Шибаршов и Е.Г. Гамалий. Этот узел прошел проверку в физическом опыте, который был проведен 09.11.1968 г.

Ядерное взрывное устройство с энерговыделением 2,1 кт было применено для дробления руды. Это был взрыв "Днепр-1", произведенный в Мурманской области 04.09.1972 г. Чтобы максимально снизить загрязнение руды продуктами взрыва, ЯВУ было раз-

мещено за пределами подвергаемого дроблению блока руды, то есть на границе рудного тела и покрывающих пород. Заряд был дополнительно экранирован слоем карбида бора. Полученные экспериментальные данные подтвердили расчётную эффективность использования ядерных взрывов для дробления рудных тел. Следует отметить, что после этого взрыва общий объем загрязненной руды и выход негабаритных фракций составлял не более 13% от всей раздробленной массы руды; каких-либо осложнений в работе близлежащих предприятий (до 14 км) не было отмечено; жилой поселок, расположенный на расстоянии 2 км от района взрыва, не получил никаких повреждений.

Ядерные взрывные устройства, разработанные для отбойки руды, применялись еще в двух опытно-промышленных взрывах: один - взрыв со вспучиванием мерзлой породы для создания плотины хвостохранилища отходов кимберлитовой руды в Якутии (взрыв "Кристалл" 02.10.1974 г.), второй - на площадке Муржик Семипалатинского ядерного полигона (взрыв "Лазурит" 07.12.1974 г.) для создания набросной плотины на горном склоне.

В Мурманской области (в Хибинах) 27.08.1984 г. был произведен еще один взрыв для отбойки руды ("Днепр-2"), но это уже был групповой взрыв двух ЯВУ с энерговыделением 1,8 кт каждый. В этом эксперименте был использован эффект столкновения ударных волн, что существенно увеличивало выход руды. Кроме того, был эффективно применён отвод в пустую породу за рабочий участок даже той малой доли радиоактивности, которая образуется при взрыве таких ЯВУ. К сожалению, такие работы, как и многие другие, были прекращены.

Таким образом, представленные в этом разделе данные свидетельствуют о том, что задачи создания ядерных взрывных устройств для подземных взрывов наружного действия были полностью решены, а именно:

- создано несколько типов ЯВУ, полностью удовлетворяющих основному требованию - требованию предельно малого энерговыделения за счет реакций деления;
- созданные ЯВУ с успехом были применены в опытно-промышленных ядерных взрывах;
- наряду с ЯВУ были сконструированы и опробованы в условиях работ в малонаселённой и труднодоступной местности приспособления и оснастка, необходимые для подготовки таких ЯВУ к применению.

3.5. ЯДЕРНЫЕ ВЗРЫВНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ КАМУФЛЕТНЫХ ВЗРЫВОВ

Первыми промышленными камуфлетными ядерными взрыва-

ми были взрывы "Бутан-1,2,3", произведенные в 1965 г. для интенсификации деятельности Грачёвского нефтяного месторождения, расположенного в Башкирии (См. Приложение 1.1.).

Во всех этих взрывах применялись ЯВУ, в состав которых входили ядерные заряды, разработанные для военного применения. В середине 60-х годов требования к ЯВУ внутреннего действия, представленные выше в разделе 3.3, ещё не были сформулированы. Отсутствовали и специально разработанные для камуфлетных взрывов ЯВУ. И хотя уже в те далекие годы интенсификация добычи нефти была одним из наиболее перспективных направлений промышленного применения ядерных взрывов, однако исследования по определению оптимального соотношения диаметра скважины и суммарной стоимости ЯВУ + проводка скважины определённого диаметра стали выполняться гораздо позже (А.П. Васильев, ВНИИТФ). Поэтому для взрывов "Бутан" использовались ЯВУ с ядерными зарядами, которые были разработаны в начале 60-ых годов во ВНИИЭФ для ядерных боеприпасов и которые могли опускаться в обсадную трубу диаметром 426 мм. Приведенные выше в табл. 3.3 данные свидетельствуют о том, что проводка таких скважин стоила очень дорого, но ничего другого не было, а начинать с чего-то надо было. Этим и объясняется применение в промышленных целях почти до 1972 г., кроме эксперимента "Чаган", осуществленного 15.01.1965 г., ЯВУ, разработанных для военных целей.

Аналогичными соображениями руководствовались и при применении военного ядерного заряда в 1966 г. впервые для гашения мощного аварийного газового факела на газовом месторождении Урта-Булак в Бухарской области (См. Приложение 1.1.). Однако неопределённость в расстоянии между технологической скважиной для размещения ЯВУ и аварийной скважиной требовала проведения ядерного взрыва с энерговыделением не менее 25 кт [19]. К этому времени во ВНИИЭФ уже был испытан ядерный заряд с энерговыделением, близким к требуемому, а также таких габаритов, которые обеспечивали создание ЯВУ под обсадную трубу диаметром 426 мм. Это определило применение такого ЯВУ для гашения самого мощного из всех горевших газовых фонтанов в СССР. Ежедневно в нём сгорало 12 млн. куб. м газа.

Серьёзным испытанием для ЯВУ, примененного для гашения этого факела, стала температура на глубине размещения ЯВУ (1532 м), равная 73°C. За время установки в скважине цементных пробок, обеспечивающих безопасность проведения ядерного взрыва, заряд тоже нагревался до такой же температуры, поэтому было опасение,

что это испортит заряд. Результаты предварительных лабораторных испытаний макетов заряда на нагрев до рабочих температур были положительными, т.е. никаких повреждений в макетах не наблюдалось. Однако запас тепловой прочности ядерного заряда был минимальным. Возглавлявший Государственную комиссию по проведению работ, связанных с гашением факелов, главный конструктор ядерных зарядов ВНИИЭФ Е.А. Негин сократил до минимума сроки проведения забивочных работ. Непрерывно дистанционно измерялась температура наиболее чувствительных к ней деталей ядерного заряда. Был составлен график проведения всех необходимых подготовительных работ, который очень строго соблюдался. Единственным срывом графика была задержка приезда на взрыв членов правительства Узбекской Республики во главе с первым секретарём компартии Узбекистана Ш.Р. Рашидовым. По просьбе приехавшего на взрыв министра Е.П. Славского на 1 час взрыв был отложен. Тем не менее результат взрыва был великолепным: спустя некоторое время, которое потребовалось, чтобы выгорел газ, оставшийся в отсечённой взрывом от газовой залежи скважине, факел погас. Впоследствии Е.А. Негин рассказывал, что после взрыва наступила тишина, которая *"давила на уши сильнее, чем рёв горящего факела"*. Естественно, может возникнуть вопрос: чем рисковали, проводя взрыв на грани выхода из строя ядерного заряда? Только тем, что ядерного взрыва могло не быть. Но он состоялся 30.09.1966 г., а его энерговыделение оказалось достаточным для надёжного перекрытия аварийной скважины.

Однако для успешного проведения ядерных взрывов, предназначенных для гашения аварийных фонтанов или факелов, требовалась разработка таких конструкций ЯВУ, которые могли работать при повышенных температурах.

В том же 1966 г., когда был ликвидирован факел на месторождении Урта-Булак, возникла аварийная ситуация на другом узбекском газовом месторождении Памук, находившемся в Кашкарарьинской области. Здесь ни факела, ни фонтана не было, а газ из аварийной скважины растекался под землёй в стороны от неё и появлялся в колодцах с питьевой водой или просто прорывался на поверхность земли в самых неожиданных местах. После многочисленных попыток перекрыть аварийную скважину обычными методами было принято решение перекрыть её ядерным взрывом. По условиям геологического строения газовой залежи Памук ядерный взрыв необходимо было провести в интервале глубин от 2000 до 2500 м. Температура среды в этом интервале глубин изменялась от 98°C до 115°C, а давления доходили до 55 МПа. Из-за такой большой глубины взаимное расположение аварийной и технологической скважин было еще более неопределенное, чем на месторожде-

нии Урта-Булак. В таких условиях требовался ядерный взрыв с энерговыделением не менее 40 кт. Ядерного заряда с такими характеристиками в середине 60-х еще не было, поэтому в конце 1966 г. министр Е.П. Славский поручил специалистам ВНИИТФ разработать необходимый заряд. Такой заряд, который разрабатывался не только для проведения работ в условиях газового месторождения Памук, но и в подобных ему условиях, был успешно испытан на Семипалатинском ядерном полигоне 15.07.1967 г. По сути это была разработка не просто ядерного заряда, а ядерного взрывного устройства и всех его элементов: ядерного заряда, аппаратуры для контроля за его работой и подрывом, корпуса и гермовводов. Обсуждалась и возможность подрыва ЯВУ от датчиков глубины, встроенных в него, то есть без связи с наземной аппаратурой. Однако этот вариант не был принят из-за малой его надёжности, а для связи бортовой аппаратуры с наземной был выбран стандартный многожильный кабель, применяемый в геофизических работах. Под него были разработаны гермовводы, принятые вскоре в качестве стандартных к применению в ЯВУ, разрабатываемых как во ВНИИТФ, так и во ВНИИЭФ. Ядерный взрыв для ликвидации перетоков газа из залежи в выше расположенные горизонты на Памукском газовом месторождении был произведен 21.05.1968 г. Эффект пережатия аварийной скважины (уменьшение количества выходящего газа) стал наблюдаться только спустя полтора месяца после взрыва, когда газ вышел из насыщенных горизонтов.

Результаты работ по ликвидации аварийных газовых проявлений явились убедительным доказательством необходимости создания специальных ЯВУ для проведения промышленных камуфлетных ядерных взрывов. В разработке технических требований к таким устройствам, которые будут приведены ниже, принимали участие специалисты ВНИПИПромтехнологии.

Созданное для ликвидации аварии на Памукском газовом месторождении ЯВУ после введения в него элементов, повысивших безопасность его использования, а также после незначительных доработок было принято в качестве основного для применения в скважинах с обсадной трубой диаметром 299 мм при температурах в месте его завески свыше 80°C.

Для применения в скважинах с обсадной трубой диаметром 299 мм при температурах в месте его завески ниже 80°C во ВНИИТФ было разработано ещё одно ЯВУ с более экономичным по расходу делящихся материалов зарядом, энерговыделение которого можно было регулировать. Регулировка обеспечивалась добавлением или изъятием соответствующих деталей ядерного заряда вплоть до последнего этапа подготовки ЯВУ к использованию

в полевых условиях. Такие заряды были использованы при взрывах серий "Вега" и "Батолит".

Гарантированное время пребывания* в скважине всех ЯВУ, разработанных во ВНИИТФ, от момента их завески до подрыва составляло 18 суток. Этого времени было вполне достаточно, чтобы выполнить все работы, необходимые для подготовки и проведения ядерного взрыва.

Следует отметить высокую надёжность всех комплектующих элементов, разработанных для условий воздействия на ЯВУ в течение длительного времени гидростатического давления. Например, подрыв ЯВУ в опыте "Гелий" был произведен через 2 года после его завески в коллекторе. Работа прошла в заданном режиме, обеспечив полное выполнение задач проекта. Эта вынужденная проверка работоспособности ЯВУ в нерегламентированных условиях указывала на возможность расширения, при необходимости, отдельных параметров ЯВУ с подтверждением их правильности результатами дополнительно проведенных лабораторно-конструкторских исследований.

Специалистами ВНИИТФ для обеспечения выполнения требований по снижению массы остаточного трития была разработана и проверена специальная технология сборки деталей из делящихся материалов. Это позволило уменьшить массу остаточного трития значительно ниже установленного уровня (См. формулу 3.3.).

В начале 80-х годов на Семипалатинском ядерном полигоне были испытаны разработанные во ВНИИТФ экспериментальные образцы новых ядерных зарядов для проведения камуфлетных промышленных ядерных взрывов. Эти заряды были экономически более выгодные, чем ранее созданные, кроме того, их можно было применять в скважинах, обсаженных трубами с наружным диаметром 219 мм, а также использовать для работы в двух диапазонах температур. С созданием таких зарядов был достигнут тот минимальный набор ЯВУ, который позволял решать любые задачи, связанные с применением камуфлетных ядерных взрывов в промышленных целях.

Результаты реализации различных проектов, связанных с использованием подземных ядерных взрывов в народном хозяйстве страны, показали, что необходимость в серийном производстве ядерных взрывных устройств для подземных взрывов отсутствует. Каждое ЯВУ могло изготавливаться одновременно с выполнением других работ по реализуемому проекту, например, геологическая разведка будущего места

* Гарантированное время пребывания ЯВУ в скважине определяется как время, по истечении которого гарантируется нормальная работоспособность всех составляющих ЯВУ.

взрыва, бурение и строительство скважины, обустройство будущего места взрыва. Таким образом был снят вопрос о массовом изготовлении и длительном хранении ядерных взрывных устройств до их практического применения.

Следует отметить, что за период с 1964 г. по 1984 г. в Советском Союзе были созданы все типы ЯВУ, которые отвечали различным техническим требованиям и обеспечивали реализацию большинства разработанных проектов использования подземных ядерных взрывов в промышленных целях.

3.7. ПОЛИГОННАЯ ОТРАБОТКА ЯДЕРНЫХ ЗАРЯДОВ ДЛЯ ЯВУ ВСЕХ ТИПОВ

Для принятия на вооружение любых боевых средств, а ядерного оружия особенно, требовалось проведение большого объема разнообразных лабораторных и полигонных испытаний. Естественно, что полигонным испытаниям ядерного оружия, в процессе которых осуществлялись полномасштабные ядерные взрывы и изучались последствия воздействия их поражающих факторов на различные объекты войскового назначения, придавалось большее значение, чем лабораторным и специальным технологическим исследованиям.

Необходимость совершенствования ядерных зарядных устройств для промышленных целей также требовала проведения полигонных испытаний. В ходе этих испытаний необходимо было определить выход энергии за счет протекания реакций деления и синтеза, суммарное энерговыделение (тротиловый эквивалент) заряда, работу системы автоматики подрыва, интенсивность испускания потоков гамма-квантов и нейтронов и др. Следует отметить, что методы и способы проведения полигонных испытаний промышленных ядерных зарядов в скважинах или штольнях практически не отличались от методов и способов, используемых при проведении испытаний ядерного оружия. Были случаи, когда военные и промышленные заряды взрывались в одном ядерном испытании одновременно, но в разных отсеках штолен, однако при этом с использованием одной и той же регистрирующей аппаратуры.

Испытания, направленные на "отработку ядерных зарядов для промышленных целей", осуществлялись на Семипалатинском и Новоземельском испытательных полигонах [20]. В рамках выполнения в СССР Государственной программы "Ядерные взрывы для народного хозяйства" на этих полигонах было проведено 32 ядерных испытания, распределение которых по годам представлено в табл. 3.5. В ходе этих испытаний была проверена работа 38 различных ядерных зарядов, специально сконструированных для ЯВУ

промышленного назначения. Полный перечень испытаний промышленных ядерных зарядов на Семипалатинском испытательном полигоне (СИП) и Северном испытательном полигоне Новая Земля (СИПНЗ) представлен в табл. 3.6.

В США в рамках американской программы "Плаушер" было осуществлено всего 10 специальных исследовательских взрывов, связанных с разработкой промышленных ядерных зарядов, из них 9 - в целях совершенствования зарядов с очень малой долей энергии за счет реакций деления и один - для отработки конструкции заряда с образованием небольших количеств трития и использования этого заряда в работах по интенсификации добычи нефти и газа [9].

Уверенность у советских специалистов в работоспособности ЯВУ создавали не только результаты, получаемые в ходе ядерных испытаний их зарядов, но и результаты лабораторно-конструкторских исследований и натурной отработки ЯВУ как в полной сборке, так и отдельных сборочных единиц взрывного устройства. Лабораторно-конструкторская отработка зарядов для ЯВУ промышленного назначения несколько отличалась от аналогичного вида

Таблица 3.5.

Распределение по годам испытаний промышленных ядерных зарядов на полигонах СССР

| Год | Число ядерных испытаний | Число испытанных ядерных зарядов | Год | Число ядерных испытаний | Число испытанных ядерных зарядов |
|------|-------------------------|----------------------------------|--------------|-------------------------|----------------------------------|
| 1964 | 2 | 2 | 1971 | 1 | 1 |
| 1965 | 2 | 2 | 1972 | 1 | 2 |
| 1966 | 7 | 7 | 1973 | 1 | 1 |
| 1967 | 4 | 6 | 1974 | 1 | 1 |
| 1968 | 3 | 3 | 1975 | 1 | 1 |
| 1969 | 5 | 6 | 1983 | - | 1 |
| 1970 | 4 | 4 | 1984 | - | 1 |
| | | | Всего | 32 | 38 |

Примечания: 1. В 1983 и 1984 гг. специальных испытаний промышленных ядерных зарядов не проводилось, но в 1983 г. на Новоземельском полигоне в штольне А-40 одновременно было взорвано 5 ядерных зарядов, среди которых один был промышленный заряд мощностью 0,001-20 кт; в 1984 г. на Семипалатинском полигоне в скважине 1353 были взорваны 2 заряда, один из которых - также промышленный мощностью 0,001-20 кт.

2. В период осуществления ядерных испытаний в атмосфере (1949-1962 гг.) взрывы промышленных ядерных зарядов не проводились.

**Испытания ядерных зарядов для промышленных целей на полигонах
СССР в 1964-1984 гг.**

| № пп | № по каталогу [21] | Число, месяц, год | Место проведения испытаний | Энерговывделение, кт ТЭ | Примечание |
|------|--------------------|-------------------|----------------------------|-------------------------|---|
| 1. | 229 | 25.10.1964 | СИПНЗ шт.Б | 0,001-20 | |
| 2. | 230 | 16.11.1964 | СИП шт.3-5 | 20-150 | Испытание заряда для экскавации грунта. |
| 3. | 238 | 17.06.1965 | СИП шт.Ж-1 | 0,001-20 | То же. |
| 4. | 244 | 24.12.1965 | СИП шт.3-3 | 0,001-20 | |
| 5. | 245 | 13.02.1966 | СИП шт.Е-1 | 125 | Испытание заряда с термоядерным блоком, содержащим дейтерий под большим давлением |
| 6. | 247 | 21.04.1966 | СИП шт.А-4П | 0,001-20 | |
| 7. | 249 | 07.05.1966 | СИП шт.25 | 4 | |
| 8. | 250 | 29.06.1966 | СИП шт.3-6 | 20-150 | Испытание заряда для гашения аварийных факелов. |
| 9. | 253 | 19.08.1966 | СИП шт.3-1П | 0,001-20 | Испытание заряда для экскавации грунта. |
| 10. | 261 | 03.12.1966 | СИП шт.14 | 0,001-20 | То же. |
| 11. | 262 | 18.12.1966 | СИП скв.101 | 20-150 | То же. Урочище Сары-Узень. |
| 12. | 266 | 20.04.1967 | СИП шт.25П | 20-150 | Испытание заряда для экскавации грунта. |
| 13. | 267 | 28.05.1967 | СИП шт.11П | 0,001-20 | Испытание заряда для интенсификации добычи нефти и газа. |
| | 267 | 28.05.1967 | СИП шт.11П | 0,001-20 | |
| 14. | 269 | 15.07.1967 | СИП шт.506 | 0,001-20 | Испытание заряда для гашения аварийных факелов. |
| 15. | 275 | 17.10.1967 | СИП шт.Б | 0,001-20 | |
| | 275 | 17.10.1967 | СИП шт.Б | 0,001-20 | |
| 16. | 280 | 07.01.1968 | СИП шт.810 | 0,001-20 | Физический опыт для определения минимального количества дейтерия, которое может устойчиво взрываться. |
| 17. | 294 | 09.11.1968 | СИП шт.606 | 0,001-20 | С 1967 по 1970 гг. испытывался заряд с термоядерным блоком, дающим минимум наведенной активности. Всего проведено 8 таких опытов. |
| 18. | 296 | 18.12.1968 | СИП шт.508 | 0,001-20 | |
| 19. | 299 | 13.04.1969 | СИП шт.24П | 0,001-20 | |
| 20. | 302 | 04.07.1969 | СИП шт.710 | 0,001-20 | |

Таблица 3.6. (окончание)

| № пп | № по каталогу [21] | Число, месяц, год | Место проведения испытаний | Энерговыделение, кт ТЭ | Примечание |
|------|--------------------|-------------------|----------------------------|------------------------|--|
| 21. | 306 | 11.09.1969 | СИП шт.503 | 0,001-20 | |
| - | 306 | 11.09.1969 | СИП шт.503 | 0001-20 | |
| 22. | 311 | 27.11.1969 | СИП шт.511 | 0,001-20 | |
| 23. | 315 | 29.12.1969 | СИП шт.Ш-1 | 0,001-20 | |
| 24. | 318 | 27.03.1970 | СИП шт.610 | 0,001-20 | |
| 25. | 322 | 28.06.1970 | СИП шт.705 | 0,001-20 | |
| 26. | 326 | 06.09.1970 | СИП шт.8 | 0,011-20 | |
| 27. | 328 | 04.11.1970 | СИП шт.125 | 0,001-20 | |
| 28. | 333 | 22.03.1971 | СИП шт.510П | 20-150 | |
| - | 357 | 28.03.1972 | СИП шт.191 | 0,001-20 | |
| 29. | 377 | 10.12.1972 | СИП скв.1204 | 140 | Испытание особо "чистого" заряда с высоким коэффициентом термоядерности (около 1%) |
| 30. | 382 | 23.07.1973 | СИП скв.1066 | 150-1500 | |
| 31. | 400 | 31.05.1974 | СИП скв.1207 | 20-150 | |
| 32. | 422 | 08.06.1975 | СИП шт.165 | 0,001-20 | |
| - | 616 | 18.08.1983 | СИПНЗ шт.А-40 | 0,001-20 | |
| - | 658 | 28.12.1984 | СИП скв.1353 | 0,001-20 | |

Примечание: Пояснения к взрывам, осуществленным в 1983 г. и 1984 г., приведены в примечаниях к табл. 3.5.

отработки ядерных зарядов военного назначения.

3.7. ЛАБОРАТОРНО-КОНСТРУКТОРСКАЯ ОТРАБОТКА ЯДЕРНЫХ ЗАРЯДОВ ДЛЯ ЯВУ ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Лабораторно-конструкторская отработка ядерных зарядов военного назначения являлась обязательной, поскольку полученные результаты позволяли специалистам конструкторского бюро доказать заказчику, что все его требования выполнены.

Следует отметить, что проведение испытаний военных ядерных зарядов в лабораторных условиях требовало наличия большого количества специального оборудования, с помощью которого можно было бы воспроизводить практически все виды нагрузок, воздействующих на ядерный боеприпас в процессе его длительной эксплуатации, а также при боевом применении, да еще с учетом противодействия противника (вибрация, температура, динамические перегрузки, ударные волны, ионизирующие излучения, глу-

бокий вакуум и др.). Такой подход к исследованию "работоспособности" ядерных зарядов, предназначенных для военного применения различными боевыми средствами (баллистическими и крылатыми ракетами, авиабомбами, торпедами, минами и т.д.), был вполне обоснован и гарантировал высокую надежность, безопасность и "работоспособность" зарядов как в течение установленного срока эксплуатации, так и в условиях боевого применения.

Однако такой подход к лабораторным испытаниям ядерных зарядов, предназначавшихся для промышленного применения, вряд ли был необходим по целому ряду причин.

- Во-первых, промышленные ядерные заряды не было необходимости заготавливать впрок и хранить их на складах длительное время. Они предназначались для выполнения вполне конкретных взрывных работ, к моменту проведения которых в плановом порядке всегда можно было изготовить необходимое количество промышленных ядерных зарядов, а тем более один заряд. Производственный потенциал заводов-изготовителей ядерных зарядов всегда позволял это сделать.
- Во-вторых, для осуществления конкретных видов работ с применением промышленных ядерных зарядов, то есть работ, цели которых были известны заранее, поскольку выполнялись по уже подготовленным и утвержденным проектам, требовался ограниченный объем проведения лабораторных испытаний.
- В-третьих, доставку промышленного ядерного взрывного устройства можно было осуществлять отдельными блоками, обеспечивая тем самым наиболее берегаемым из них щадящие условия транспортировки.

Все это послужило основанием для ограничения объема проведения лабораторных испытаний промышленных ядерных зарядов. Тем не менее, работоспособность и надёжность промышленных ЯВУ или безопасность регламентированного обращения с ними при транспортировке или при подготовке к взрыву были гарантированы. Не было ни одного случая отказа в работе ядерных взрывных устройств или возникновения аварийной ситуации из-за конструкторско-технологических недоработок. Лишь раз такая ситуация возникла при ликвидации газового фонтана на газовом месторождении в Туркмении, когда работники бригады из Конструкторского бюро автотранспортного оборудования запустили систему высокого давления в ЯВУ до его спуска в скважину, а не после, как это требовалось по регламенту. Только надёжность системы высокого давления, разработанной конструкторами ВНИИТФ и изготовленной на его заводе, обеспечила сохранение высокого давления в ЯВУ до момента его подрыва. Газовый

фонтан был ликвидирован, задача была выполнена. Руководитель работ, допустивший грубейшее нарушение правил подготовки ЯВУ к работе, был навсегда отстранён от подобных работ. Необходимо сказать о том, что подготовка ЯВУ к взрыву, в каких бы условиях она не проводилась - дело чрезвычайно ответственное, которое не терпит халатности и невнимательности.

Следует однако признать, что одной из причин некоторых вынужденных отступлений от традиций лабораторно-конструкторской отработки зарядов для ЯВУ промышленного назначения было отсутствие в стране необходимого испытательного оборудования. Промышленные ЯВУ применялись в условиях более определенных и сильно отличающихся от тех, в которых мог находиться ядерный боеприпас (ЯБП) и ядерный заряд такого боеприпаса. Так, поскольку заранее было известно в какую скважину или штольню следует помещать ЯВУ, то, естественно, были известны состояние среды, окружающей взрывное устройство (температура, давление, отсутствие или наличие влаги), время, дальность и вид транспортировки, какие операции будут проводиться при подготовке к взрыву и сколько времени они займут. Это позволяло составить чёткий сетевой или обычный график всех работ от начала изготовления комплектующих единиц ядерного взрывного устройства до самого момента его подрыва. И тем не менее, в этом технологическом процессе необходимо было предусмотреть проведение таких работ, которые позволили бы обеспечить надёжную проверку состояния деталей, сборочных единиц, всего изделия в целом, а также уверенность, что ЯВУ работает в заданном режиме. Естественно, что для этого требовалось специальное оборудование.

В набор требуемого испытательного оборудования для проверки соответствия сборочных единиц и изделия в целом техническим условиям на них должны были входить термобарокамеры, вибростенды, гидравлические камеры, создающие давление при соответствующей применению температуре на корпус и гермовводы. В ядерных центрах из-за отсутствия в них барокамер, вибростендов и камер высокого давления, с помощью которых можно было испытывать ЯВУ, длина которых достигала почти 4 м, а масса - от нескольких сот килограмм до нескольких тонн, приходилось отрабатывать лишь отдельные сборочные системы ЯВУ. Проверка герметичности изделия проводилась с помощью специальных течеискателей, так же проверялись гермовводы. Прочность корпуса должна была строго соответствовать требованиям конструкторской документации.

В начале 70-х годов во ВНИИТФ начали разрабатывать гидравлические стенды для проверки собранных корпусов ЯВУ, пред-

назначаемых как для проведения ядерных взрывов наружного действия, так и камуфлетных ядерных взрывов, учитывая при этом характерные для этих видов ЯВУ температуры и давления. Эти стенды, которые не имели аналогов в СССР, были разработаны, изготовлены и начали работать во ВНИИТФ в конце 70-х годов.

Испытания ЯВУ на прочность при транспортировке проходили не в лабораторных условиях, а в условиях непосредственной доставки их на места работ, где они затем тщательно осматривались. Сборочные единицы многократного применения проверялись на работоспособность. Все результаты проверок фиксировались и заверялись подписью трёх участников работ. Этот порядок неукоснительно соблюдался при проведении всех ядерных промышленных взрывов. Таким образом обеспечивались работоспособность, надёжность и безопасность ЯВУ на протяжении всего их жизненного цикла.

Картина создания и применения промышленных ЯВУ будет неполной, если не будет сказано о том, как обеспечивалась безопасность транспортировки ЯВУ и работы с ними в местах проведения взрывов.

3.8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ЯВУ И ПОДГОТОВКЕ ИХ К ПРИМЕНЕНИЮ НА МЕСТЕ ВЗРЫВА

Поскольку ядерное взрывное устройство содержит в своём составе взрывчатые, радиоактивные и токсичные вещества и материалы, то, естественно, важным требованием при его применении является обеспечение безопасности на всех этапах обращения с ним, то есть вплоть до момента его подрыва. Основой обеспечения безопасности при использовании ЯВУ являются три главных требования:

- конструкция ЯВУ должна быть "дуракоупорной", то есть такой, которую невозможно или очень трудно привести в опасное состояние неумелыми, самодельными, неграмотными или даже намеренными действиями исполнителей работ;
- исполнители работ должны быть хорошо обучены и отчётливо представлять, чем грозит нарушение правил проведения работ, определенных технической документацией на ЯВУ, которая утверждается его главным конструктором;
- все работы с ЯВУ должны выполняться только теми исполнителями, фамилии которых указаны в документах на проведение работ; изменение состава исполнителей разрешается производить только с письменного разрешения старшего руководителя работ. При выполнении особо ответственных и опасных работ

всегда должно соблюдаться правило: один читает исполняемый документ, второй выполняет зачитываемые операции, третий контролирует и читающего, и исполняющего. Это была своего рода традиция, которая установилась в СССР с первого ядерного испытания в августе 1949 г.

Постоянное соблюдение этих требований обеспечило безопасность проведения работ с ЯВУ на всех этапах контакта с ними. С 1970 г. к выполнению промышленных взрывных работ была подключена новая организация Минсредмаша СССР - Конструкторское бюро автотранспортного оборудования.

Эта организация, созданная 25.03.1963 г. Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР на базе Специального конструкторско-технологического бюро и опытного завода при нём, подчинявшегося Мособлсовнархозу, сначала называлась Опытно-конструкторским бюро № 20, а затем - Конструкторским бюро автотранспортного оборудования (КБ АТО). Первым директором и главным конструктором этой организации стал опытный испытатель ядерных боеприпасов С.П. Попов, а с 1975 г. по 1992 г. ее возглавлял В. И. Казаков. Эта организация, быстро ставшая важным звеном в обеспечении эксплуатации ядерных боеприпасов, проектировала на базе серийных автомобилей передвижные средства для работы с ядерными боеприпасами в полевых условиях. Фотографии таких унифицированных машин приведены на рис. 3.3 и 3.4.

До 1968 г. разработка промышленных ядерных зарядов, а также и сами мирные взрывы проводились силами ВНИИЭФ и ВНИИТФ. В связи с увеличением числа промышленных ядерных взрывов и расширением географии их осуществления появилась необходимость в создании специализированной организации, способной оперативно и квалифицированно выполнять заказы различных ведомств СССР на разработку средств доставки ядерных зарядов к местам их взрывов. Приказом Минсредмаша СССР от 14.08.1969 г. было создано особое подразделение на базе КБ АТО. Возглавил это подразделение известный разработчик и испытатель ядерного оружия Виктор Иванович Жучихин, который после окончания в 1947 г. Московского высшего технического училища (МВТУ) им. Баумана более 7 лет работал во ВНИИЭФ, затем был переведен на работу во вновь создаваемый на Урале Институт - ВНИИТФ [22]. После 1969 г. В.И. Жучихин в течение 13 лет возглавлял единственное в Советском Союзе подразделение по организации и проведению ядерных взрывов для нужд народного хо-



Рис. 3.3. Унифицированная машина НГЗП1 для транспортировки, хранения и сборки промышленных ядерных зарядов средней и большой мощности.



Рис. 3.4. Машина НГ6А7 (НГ6А71) аппаратного комплекса "Дружба".

зйства на обширной территории страны. За это время было осуществлено 55 МЯВ. Далее эстафету принял А.К. Седнев, под руководством которого специалисты КБ АТО провели еще 35 промышленных ядерных взрывов.

Как правило, район, на территории которого должен был осуществляться очередной мирный ядерный взрыв, в целях обеспечения сейсмической и радиационной безопасности его населения выбирался на максимально возможном удалении от населенных пунктов. В таких районах нередко отсутствовали транспортные

коммуникации, необходимые для доставки технологического оборудования и жизнеобеспечения экспедиционного персонала, не было никаких стационарных сооружений для размещения оборудования, приборов и снаряжения, а также укрытий для личного состава. Поэтому для обеспечения работ по реализации программы промышленного и научного использования подземных ядерных взрывов необходимо было иметь комплекс мобильного технологического оборудования, которое могло быть размещено в специальных кузовах на шасси автомобилей (тягачей) высокой проходимости или в специальных контейнерах, транспортируемых вертолетами.

Основной комплекс технологического оборудования для обеспечения полного цикла подготовительных и заключительных работ с ЯВУ имел в своем составе следующий набор специальных средств:

- стенд для сборки ядерного заряда с комплектом технологической оснастки и инструмента;
- комплект аппаратуры для дистанционного управления подрывом ядерного заряда (Рис. 3.5-3.7.);
- комплект аппаратуры для осуществления контроля и документальной регистрации параметров ядерного взрыва и работы различных узлов заряда (Рис. 3.8.)

Кроме того, комплекс технологического оборудования имел подъемные краны, необходимые для перегрузочных и сборочных работ с ядерным зарядом, вес которого мог достигать нескольких сот килограмм, а также устройство для опускания в скважину заряда и кабельных коммуникаций. Кузова на автомобильных шасси были обеспечены оборудованием (нагревательные устройства, кондиционеры, электрогенераторы с приводом от собственного двигателя), необходимым для поддержания нормальных микроклиматических условий людей и аппаратурного комплекса в любое время года и в различных регионах страны.

Такое оборудование было создано в КБ АТО. Были разработаны унифицированные кузова, которые устанавливались на шасси автомобилей высокой проходимости типа УРАЛ-375 и МАЗ-543. Все оборудование, включая автомашины, было рассчитано на доставку его к месту работ авиационным транспортом (самолеты, вертолеты), что обеспечивало высокую оперативность выполнения работ и соответствующий экономический эффект. На рис. 3.9 приведена фотография специалистов КБ АТО - участников мирных ядерных взрывов.

В ходе подготовки и проведения промышленных взрывов постепенно была выработана типичная территориально-технологическая структура технологических площадок и комплекса оборудования, обеспечивающего выполнение необходимых работ. На



Рис. 3.5. Комплект аппаратуры приемного пункта автоматики (ППА).



Рис. 3.6. Комплект аппаратуры командного пункта автоматики (КПА) "Тайга".

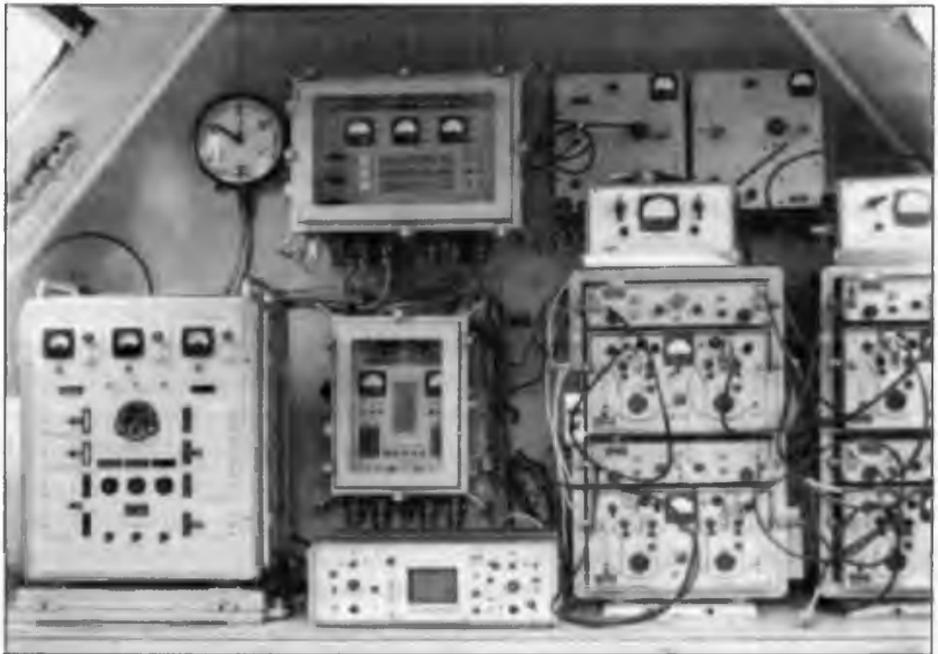


Рис. 3.7. Аппаратура управления подрывом ядерного заряда, разработанная в ИХФ АН СССР. Устанавливалась на автомашине "Урал-375" и использовалась как на ППА, так и на КПА.



Рис. 3.8. Разборный комплекс аппаратуры для регистрации физических параметров взрыва ядерного заряда.

технологической площадке размещалась буровая установка для бурения скважины. Эта же установка использовалась и для спуска ЯВУ в скважину. Вокруг скважины размещались эстакады для спусковых труб, которые, если это было необходимо, применялись для спуска заряда в скважину. Тут же находились временные хранилища для забивочных материалов. На некотором удалении от устья скважины оборудовался приборный комплекс - передовой пункт автоматики (кузова с измерительной и регистрирующей аппаратурой), а на безопасном расстоянии от скважины (2-3 км и более) для операторов размещался командный пункт с системой управления автоматикой подрыва и измерительной аппаратурой. Подача сигналов управления с командного пункта на подрыв заряда и включение измерительной аппаратуры производилась и по кабелю, и по радио.

При подготовке и проведении каждого промышленного взрыва принимались меры по предупреждению возможности случайного нахождения людей и сельскохозяйственных животных в опасной зоне, а также все меры по обеспечению сейсмической и радиационной безопасности.

Процесс безопасной, то есть безаварийной, с соблюдением требований ядерной и радиационной безопасности доставки ядерных заряд-



Рис. 3.9. Фотография участников проведения мирных ядерных взрывов из КБ АТО. Слева направо в первом ряду: Шатов А.С., Чугринов К.О., Швилядадзе К.Д., Жучихин В.И., Ерохин Н.А., Чесноков В.М., Козлов Ф.А., Ахапкин В.П., Расказов И.Е.; во втором ряду: Викторов Г.В., Иванов Е.А., Гольдич В.Г., Гуцало С.С., Чекмарев В.И., Ясиков А.П., Никитин В.М., Сосновский Л.А., Севастьянов В.С., Степанов А.А.

ных устройств к месту проведения промышленных взрывов был достаточно сложным. Для доставки ядерных зарядов в отдаленные районы использовались различные транспортные средства. Как правило, основная часть пути приходилась на железные дороги. От ближайшей к месту назначения железнодорожной станции перевозка грузов осуществлялась на специальных и обычных автомашинах высокой проходимости. К числу специальных относились разрабатываемые в КБ АТО по заказам военных автомашины, которые использовались для перевозки и хранения ядерных боеприпасов в полевых условиях. На таких же машинах к месту назначения доставлялись и промышленные заряды. Естественно, для этого требовалось оснащение автомашин необходимым технологическим оборудованием и соответствующими инструментами. Для перегрузочных работ использовались автокраны определенной грузоподъемности и удовлетворяющие требованиям повышенной безопасности.

Помимо варианта "железная дорога - автомашины" были и такие, как, например, "железная дорога - вертолет", "железная дорога - речной транспорт - автомашины", "самолет - автомашины - вертолет" и др. Для каждого из перечисленных вариантов предусматривался набор

средств, необходимых для выполнения погрузочно-разгрузочных работ, а также комплект контрольно-измерительной аппаратуры для технологических проверок, подтверждающих сохранность ядерного взрывного устройства или его отдельных блоков после транспортировки.

Практика показала, что тщательная отработка всех вопросов, связанных с транспортировкой ядерных зарядов, а также предварительное изучение и обследование маршрутов доставки этих зарядов и необходимого для выполнения работ оборудования к месту назначения способствовали обеспечению безопасной доставки ядерных зарядных устройств во всех 124 случаях их использования в промышленных целях.

В период проведения испытаний ядерного оружия на полигонах СССР существовал определенный порядок подготовки зарядов к взрыву, включавший в себя обязательную контрольную проверку заряда после его транспортировки. Такая проверка могла проводиться как во временных помещениях (палатка, юрта, домик из подручных материалов и т.д.), так и в постоянных сооружениях (лабораторные корпуса, сборочные здания и т.п.). В них же осуществлялось доведение ядерного заряда до состояния "наибольшей допустимой готовности", то есть проводилась установка на заряд капсулей-детонаторов и стыковка кабелей и магистралей во всех блоках (узлах) заряда. После соединения зарядного отсека с его приборным отсеком ядерное зарядное устройство можно было доставлять к скважине или закатывать в концевой бокс штольни. Эти работы могли занимать несколько дней. Все выполненные операции записывались в формуляр на изделие, который затем передавался на постоянное хранение в архив учреждения. Такой порядок надежно обеспечивал безопасную и качественную подготовку военного ядерного заряда к натурным испытаниям. Поэтому этот порядок практически полностью был перенесен и на подготовку к взрыву в намеченном районе промышленного заряда. Весь комплект технологического оборудования автомашин высокой проходимости, в которых, как правило, проводилась подготовка промышленного ядерного заряда к взрыву, полностью повторял комплект оборудования, используемого на заводе при его изготовлении и подготовке к отправке. Это гарантировало отсутствие значимых расхождений в результатах контрольных проверок на заводе и на месте применения заряда. Если происходила потеря работоспособности какого-либо узла или детали в процессе транспортировки, что случалось очень редко, то они заменялись на работоспособные. Такие случаи или случаи расхождения наличного комплекта технологического оборудования с заводским комплектом возникали чрезвычайно редко,

но, тем не менее, если они возникали, то детально обсуждались специалистами-издельщиками по возвращении из экспедиции для принятия упредительных мер. Все это способствовало обеспечению высокого качества подготовки промышленных ядерных зарядов к их практическому использованию.

Особое значение придавалось получению данных о функционировании самого ядерного заряда и его различных блоков. Такие данные фиксировались аппаратурой физических измерений. Данные о функционировании основных сборочных единиц заряда (комплектующих деталей и элементов) регистрировались специальной аппаратурой контроля. Контролировались и работа автоматики подрыва: время и последовательность выдачи команд; величины амплитуд и длительности некоторых важных импульсов, например, электрического импульса на подрыв капсулей-детонаторов или импульса на нейтронное иницирование блока деления.

Проверялись и готовились к работе практически одновременно обе части аппаратуры подрыва и контроля ("бортовая" и "наземная"), поскольку перед состыковкой зарядных блоков взрывного устройства с приборным блоком необходимо было проверить весь путь (тракт) прохождения команд управления, подрыва и контроля, начиная от командного пункта и кончая приборным отсеком заряда. Контролировалась также работоспособность всех кабелей подрыва, которые в последующем опускались в скважину вместе с ядерным зарядным устройством. Эта процедура проверки именовалась "генеральной проверкой автоматики". Если ее результаты были положительными, то из тракта подрыва изымались аккумуляторы, цепи подрыва расстыковывались, места соединений цепей закрывались и пломбировались, чтобы не допустить несанкционированных подключений к ним.

По завершении "генеральной проверки автоматики" приборный отсек состыковывался с зарядным отсеком, проводились последние проверки герметичности всех соединений и только после этого считалось, что ядерное взрывное устройство готово к спуску в скважину. В зависимости от глубины скважины и конструкции забивочного комплекса спуск заряда в скважину вместе с сооружением забивочного комплекса мог длиться от двух до пяти суток.

День взрыва заряда обычно назначался исходя из результатов выполнения двух основных требований: во-первых, от достижения заданной прочности цементным камнем забивочного комплекса и, во-вторых, от направления ветра в разрешенном секторе. Время "Ч" или точное время взрыва (часы и минуты) назначались заранее. При сейсмическом глубинном зондировании земной коры время взрыва согласовывалось со временем включения всей сети сейсмоприемни-

ков. Вся организация работ в день взрыва расписывалась по часам и минутам для выполнения различных заключительных операций и отработывалась накануне в ходе проведения генеральной репетиции. В определенное и заранее установленное время управление всей системой подрыва, контроля и физических измерений переводилось на автоматический режим. При этом всегда, в случае крайней необходимости, имелась возможность за несколько секунд до взрыва отключить всю автоматику по приказу руководителя работ, находящегося на командном пункте. О возникновении такой ситуации необходимо было сделать отметку в формуляре на ЯВУ, указав причину принятия решения об отключении автоматики подрыва.

После взрыва ядерного заряда проводились сбор и обработка всей информации о работе автоматики и физической аппаратуры. Полученная информация свидетельствовала о качестве работы ядерного взрывного устройства и всей аппаратуры, обеспечивающей подрыв заряда. По результатам проведенной работы было принято составлять экспресс-отчет в самое кратчайшее время после взрыва. Одновременно с обработкой информации велась подготовка к возвращению коллектива экспедиции и всего оборудования в места постоянного их нахождения.

В создании современной измерительной, контрольной и диагностической аппаратуры, необходимой для успешного осуществления промышленных ядерных взрывов, большая заслуга принадлежит академику РАН В.Н. Михайлову [23]. Под его руководством и при участии ведущих специалистов-ядерщиков на базе НИИИТ были разработаны комплексы аппаратуры с наносекундным и пикосекундным временным разрешением, а также с высокой точностью по определению величины амплитуды полезного сигнала. Кроме того, была создана целая серия аналого-цифровых и аналоговых диагностических измерительных каналов, включая первичные преобразователи гамма-квантов, нейтронного, рентгеновского и светового излучений. В ядерно-взрывных экспериментах успешно использовались и новые линии передачи информации, в том числе оптические кабели, удовлетворяющие требованиям удержания радиоактивных продуктов взрыва под землей.

Следует отметить, что с разработкой ядерных взрывных устройств для проведения промышленных взрывов появилось новое направление в конструировании специальных ядерных зарядов. Это обогатило науку новыми данными и знаниями, а технику - новыми технологиями, материалами и необходимыми в промышленном производстве средствами [24]. Большое значение имели приобретенный опыт проведения крупномасштабных работ в труднодоступной и малонаселенной местности. В настоящее время мож-

но с уверенностью говорить о том, что результаты проведения промышленных ядерных взрывов подтверждают правильность большинства принятых при разработке специальных ядерных зарядов решений, без которых невозможно было бы обеспечить минимально допустимый уровень радиоактивного загрязнения внешней среды, сохраняемой или добываемой продукции, а также решить многие вопросы радиационной и сейсмической безопасности.

В настоящее время в Российском Федеральном ядерном центре ВНИИТФ действует Музей ядерного оружия, в котором находятся образцы специальных ядерных взрывных устройств. Среди этих образцов есть ЯВУ, предназначавшиеся как для проведения камуфлетных взрывов мощностью от 1 до 40 кт на большой глубине (Рис. 3.10.), так и для взрывов с выбросом больших масс грунта (См. рис. 3.2.).

В 2000 г. 31 марта этот музей посетили Президент Российской Федерации Пути В.В., секретарь Совета безопасности РФ Иванов С.А. и министр РФ по атомной энергии Адамов Е.О. На фотографии, приведенной на рис. 3.11, гости музея осматривают макет ЯВУ, который может использоваться для проведения ядерных взрывов в промышленных целях.



Рис. 3.10. Ядерные взрывные устройства мощностью от 1 до 40 кт, предназначенные для проведения камуфлетных взрывов на большой глубине.



Рис. 3.11. Президент РФ В.В. Путин в Музее ядерного оружия Российского Федерального Ядерного Центра - ВНИИ Технической Физики им. академика Е.И. Забабахина осматривает макет ядерного взрывного устройства для производства ядерных взрывов в мирных целях. Пояснения дает главный конструктор этих устройств академик Б.В. Литвинов. Сзади слева от В.В. Путина секретарь Совета Безопасности РФ С.А. Иванов, справа - министр Министерства РФ по атомной энергии Е.О. Адамов.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 3

1. Творцы ядерного века. Е.П. Славский. Страницы жизни. - М.: ИздАТ, 1998. - 238 с.
2. Научные и технические основы ядерной энергетики. Под редакцией К. Гудмена. Перевод с англ. М. ИЛ. 1948.
3. Thomas V. Cochran, William M. Arkin, Milton M. Hoenig. Nuclear Weapons Databook. Vol.1. U.S. Nuclear Forces and Capabilities. Cambridge, Massachusetts. Ballinger Publishing Company. 1984.
4. Peaceful Nuclear Explosions. Proceedings of a Panel on the Peaceful uses of Nuclear Explosions organized by the International Atomic Energy Agency and held in Vienna, 2 - March 1970. Vienna. IAEA. 1970, p. 456.
5. Peaceful Nuclear Explosions II. Proceedings of a Technical Committee on the Peaceful uses of Nuclear Explosions organized by the International Atomic Energy Agency and held in Vienna, 18-22 January 1971. Vienna. IAEA. 1971, p. 355
6. Peaceful Nuclear Explosions III. Proceedings of Technical Committee on the Peaceful uses of Nuclear Explosions organized by the International Atomic Energy Agency and held in Vienna, 27 November - 2 December 1972. Vienna. IAEA.1972, p.488
7. Peaceful Nuclear Explosions IV. Proceedings of a Technical Committee on the Peaceful uses of Nuclear Explosions organized by the International Atomic Energy Agency and held in Vienna, 20-24 January 1975. Vienna. IAEA. 1975, p. 481.
8. Peaceful Nuclear Explosions V. Peaceful Nuclear Explosions IV. Proceedings of a Technical Committee on the Peaceful uses of Nuclear Explosions organized by the International Atomic Energy Agency and held in Vienna, 22-24 November 1976. Vienna. IAEA. 1978, p. 281.
9. Нордак М. Д. Исторический обзор американской программы "Плаушер". Тезисы доклада на второй международной конференции специалистов по вопросам истории ядерного оружия в Вашингтоне 16-19 июня 1998 г., США. - С. 422-442.
10. Геология нефти. Справочник, т. 2, кн. 1. Нефтяные месторождения СССР. Под редакцией В.Г. Васильева. М. Недра. 1968.
11. Газовые месторождения СССР. Справочник. Под редакцией В.Г. Васильева. М. Недра.1968.
12. Литвинов Б.В., Блюм В.А., Смирнов В.Г. и др. Исследование эффективности проведения подземных ядерных взрывов. Отчет о НИР по этапу 3. Фонды РФЯЦ-ВНИИТФ, 1998. - 16 с.
13. Терминологический словарь по вопросам использования подземных ядерных взрывов в мирных целях. (Глоссарий). Под общей редакцией О.Л. Кедровского, М.П. Гречушкиной и Л.Б. Прозорова. М. Промниипроект. ОНТИ. 1981.
14. Б.И. Нифонтов, Д.Д. Протопопов, И.Е. Ситников, А.В. Куликов. Подземные ядерные взрывы. М. Атомиздат. 1965.
15. Teller E., Wilson W., Higgins G., Johnson G. The constructive uses of nuclear explosives. McGraw-Hill Company, 1968, p. 90-95.

16. Ахметов М.А., Дубасов Ю.В., Искра А.А., Логачев В.А., Матушенко А.М., Смагулов С.Г., Чернышев А.К. и др. Характеристика исходных данных радиационного состояния эпицентральной зоны объекта "Чаган" - экскавационного подземного ядерного взрыва для создания искусственного водохранилища. // Известия НАН Республики Казахстан, № 6, сер. физ.-мат., 1994. - С. 79-97.
17. Мясников К.В., Приходько Н.К., Мусинов В.И. и др. Исследование эффективности проведенных подземных ядерных взрывов в мирных целях и оценки перспективы их использования в современных условиях. Отчет о НИР по этапам 1 и 2. Фонды ВНИПИпромтехнологии, 1997. - 119 с.
18. Г.А. Иванов, Н.П. Волошин, А.С. Ганеев, Ф.П. Крупин, Б.В. Литвинов, С.Ю. Кузьмин, А.И. Свалухин, Л.И. Шибаршов. Взрывная деятельность энергетика. Снежинск. ОНТИ. 1997.
19. О.Л. Кедровский. Использование камуфлетных ядерных взрывов для ликвидации неуправляемых нефтяных и газовых фонтанов. Peaceful Nuclear Explosions II. Proceedings of a Technical Committee on the Peaceful uses of Nuclear Explosions organized by the International Atomic Energy Agency and held in Vienna, 18-22 January 1971. Vienna. IAEA. 1971, p. 209 - 222.
20. Ядерные испытания СССР. Т. 4. Использование ядерных взрывов для решения народнохозяйственных задач, научных и фундаментальных исследований. В печати.
21. Испытания ядерного оружия и ядерные взрывы в мирных целях СССР. 1949-1990 гг. / Кол. авторов под рук. В. Н. Михайлова. - Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 1996. - 66 с.
22. Жучихин В.И. Частное сообщение. 1999 г.
23. Михайлов В.Н. Научная политика Минатома России - вчера сегодня, завтра. Тезисы доклада на Второй междунар. конф. специалистов по вопросам истории ядерного оружия в Вашингтоне 16-19 июня 1998 г., США. - С. 275-292.
24. Новиков С.А. Полезные взрывы. Труды ученых РФЯЦ, № 8. - Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2000. - 293 с.

Часть 2

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСКАВАЦИОННЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ

В период проведения подземных ядерных взрывов на полигонах бывшего СССР большое внимание, как уже было отмечено, уделялось вопросам организации и проведения мероприятий, обеспечивающих сейсмическую и радиационную безопасность участников испытаний и населения, проживавшего вблизи полигонов. Для решения этих важных вопросов использовались получаемые в ходе испытаний данные о механическом действии подземных взрывов, в результате которого происходил выброс грунта и образовывалась воронка (кратер) больших размеров, об особенностях формирования радиационной обстановки, о возможных дозах внешнего и внутреннего облучения. Следует отметить, что из всех видов подземных ядерных взрывов наиболее опасными, с точки зрения радиоактивного загрязнения окружающей среды и возможности облучения населения, являются подземные взрывы с вскрытием котловой полости и выбросом грунта. Изучением закономерностей формирования радиационной обстановки, обусловленной продуктами таких ядерных взрывов, занимались специалисты многих научных организаций Минздрава СССР, Минобороны СССР, Главного управления гидрометеослужбы при Совете Министров СССР, Минсредмаша СССР, Академии наук СССР и других ведомств.

Так, большой вклад в решение вопросов, связанных с выявлением закономерностей формирования радионуклидного состава выпадений из облака взрыва и базисной волны, загрязнения природных сред, дисперсного состава выпадающих частиц внесли работы, проводимые под руководством Ю.А. Израэля, А.А. Тер-Саакова, А.П. Манжулы, А.С. Кривохатского, Ю.В. Дубасова и других. Изучением радиохимических и физических свойств продуктов подземных ядерных взрывов занимались такие специалисты, как Ф.Я. Ровинский, С.В. Шахалина, В.М. Лоборев, А.М. Матущенко,

А.Н. Волков и другие. Вопросам токсикологии радиоактивных продуктов таких взрывов были посвящены работы И.Я. Василенко, Ю.А. Классовского, В.Г. Рядова, А. Н. Марeya и других. Оценке доз внешнего и внутреннего облучения людей при воздействии продуктов подземных ядерных взрывов большое внимание уделяли в своих работах О.И. Лейпунский, Ю.М. Штуккенберг, П.А. Ямпольский, Д.П. Осанов, И.А. Лихтарев, К.И. Гордеев, В.А. Книжников, С.Г. Чухин и многие другие.

Это лишь краткий перечень тех вопросов, которые решались советскими учеными в процессе исследований, связанных с проблемами обеспечения радиационной безопасности при проведении подземных ядерных взрывов с выбросом грунта.

Глава 4

ОСНОВЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ С ВЫБРОСОМ ГРУНТА

В начальный период реализации Программы мирного использования подземных ядерных взрывов основное внимание уделялось разработке технологий экскавации грунта и образования воронок (кратеров). Применение ядерной энергии для этих целей экономически было наиболее выгодно, а технически - достаточно просто.

Из множества проблем, стоящих перед разработчиками ядерно-взрывных технологий, используемых в промышленности, главной стала проблемы создания в СССР водохранилищ для улучшения агротехнических условий в огромных по размеру засушливых районах страны, а также сооружения канала для отведения части водных ресурсов из арктического района в бассейн Волги и в Каспийское море. Для решения этих задач предполагалось использование ядерных взрывов с выбросом грунта.

В ходе проведения ядерных испытаний на полигонах было установлено, что при экскавационном взрыве происходит образование облака выброса, часто с прорывом газов из него, и пылевой базисной волны с содержанием большого количества радиоактивных веществ в них. При движении по ветру этой сложной аэрозольной "системы" из нее на землю выпадали радиоактивные частицы, образуя на местности след радиоактивного загрязнения, которое представляло основную опасность для населения, проживавшего в районе создания объекта с помощью подземного ядерного взрыва. Поэтому целесообразно более подробно рассмотреть основные закономерности прохождения фронта радиоактивного загрязнения в районе создаваемого объекта, а также связанные с этим источники радиационной опасности. Понимание существа этого механизма определяло содержание мероприятий, обеспечивающих радиационную безопасность населения тех районов, на

территориях которых осуществлялись промышленные подземные ядерные взрывы.

4.1. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СЛЕДА РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Известно, что нестабильные нуклиды (атомы) постоянно претерпевают радиоактивный распад [1]. При каждом таком акте распада высвобождается энергия, которая и передается в пространство в виде излучения. В ходе радиоактивного распада могут испускаться альфа-частицы, состоящие из двух протонов и двух нейтронов, и бета-частицы, представляющие собой нейтроны. Часто нестабильный нуклид оказывается настолько возбужденным, что испускание частицы не приводит к полному снятию возбуждения, тогда такой нуклид выбрасывает порцию (квант) "чистой" энергии, называемой гамма-излучением. Число распадов в секунду в радиоактивном образце - есть его активность, единицей измерения которой является беккерель (Бк). Это название дано в честь ученого Беккерелли, открывшего явление радиоактивности. Один беккерель равен одному распаду в секунду ("старая" единица измерения активности кюри равна $3,7 \times 10^{10}$ Бк). Время, за которое распадается половина радиоактивных атомов (радионуклидов) данного типа в любом радиоактивном источнике, называется периодом полураспада.

Разные виды излучений (альфа-частицы, бета-частицы и гамма-кванты), как известно, обладают неодинаковой проникающей способностью, поэтому, естественно, степень их воздействия на ткани живого организма различна. Так, альфа-излучение задерживается, например, листом бумаги и практически не способно проникать через наружный слой кожи, образованный в основном отмершими клетками. Поэтому альфа-излучение не представляет практической опасности для человека до тех пор, пока радиоактивные вещества не попадут внутрь организма, когда они становятся очень опасными. Бета-излучение обладает большей проникающей способностью: оно может проникать в ткани организма на глубину один-два сантиметра. Проникающая способность гамма-излучения очень велика: оно может пронизывать тело человека насквозь.

Следует отметить, что вызванных излучением в живом организме повреждений будет тем больше, чем больше энергии это излучение передаст тканям. Количество такой энергии, переданной единице массы какой-либо ткани организма, называется поглощенной дозой, единицей измерения которой является грей (Гр). Однако в этой единице измерения не учитывается то, что при одинаковой поглощенной дозе альфа-излучение гораздо опаснее

бета- или гамма-излучения. Если величину поглощенной дозы умножить на коэффициент, отражающий способность излучения данного вида повреждать ткани организма, то полученная величина будет представлять собой так называемую эквивалентную дозу или просто дозу, единицей измерения которой является зиверт (Зв). Понятия поглощенная доза и эквивалентная доза можно считать тем минимумом, который необходим для понимания основных принципов и критериев обеспечения радиационной безопасности при контакте с радиоактивными веществами, образующимися после проведения экскавационных ядерных взрывов.

Величины доз облучения различных органов и тканей организма человека, как известно, зависят от условий, в которых находится этот человек, но, в первую очередь, от величины мощности дозы излучения и закономерности ее изменения во времени, поскольку в простейшем случае доза облучения равна произведению средней мощности дозы излучения за период облучения на продолжительность этого периода. Чем ближе человек находился к месту экскавационного взрыва, то есть к месту, где интенсивность выпадения радиоактивных веществ высокая, тем больше может быть величина дозы облучения. С удалением от места взрыва величины доз облучения, как правило, уменьшаются. Связано это со снижением концентрации радиоактивных веществ в воздухе и плотности радиоактивного загрязнения местности и других объектов внешней среды. По своему происхождению радиоактивные вещества, образовавшиеся в результате экскавационного взрыва, могут быть продуктами реакций деления, которые происходят в первичном блоке зарядного устройства, а также продуктов активации нейтронами конструкционных материалов заряда и грунта.

4.1.1. СВОЙСТВА РАДИОАКТИВНЫХ ВЫПАДЕНИЙ

Образующиеся в результате экскавационного ядерного взрыва продукты деления, которые выпадали из облака взрыва и пылевой базисной волны, представляли собой первоначально смесь около 80 изотопов 35 химических элементов средней части Периодической системы элементов Д. И. Менделеева: от цинка (порядковый номер 30) до гадолиния (№ 64). Почти все ядра изотопов были перегружены нейтронами, являлись нестабильными и претерпевали бета-распад с испусканием гамма-квантов. Первичные ядра осколков деления в последующем подвергались трем-четырем распадам и затем в разное время превращались в стабильные изотопы. Таким образом, каждому первоначально образовавшемуся ядру (осколку) соответствовала своя цепочка радиоактивных превращений.

Всего на разных этапах радиоактивного распада возникало около 300 различных радионуклидов, включая и такие биологически опасные, как йод-131, стронций-90, цезий-137 и др. [2]. Изменение осколочной активности во времени, как и уровень радиации на местности или плотностей загрязнения природных сред (концентрации радионуклидов), определялось формулой Вей-Вигнера $P_t = P_0(t/t_0)^n$, где P_0 и P_t - уровни радиации или активность осколков деления ко времени t_0 и t после взрыва, n - показатель степени снижения рассчитываемой величины во времени. Для практических расчетов значение n принимается равным 1,2. По мере увеличения времени, прошедшего после взрыва, активность осколков деления быстро уменьшалась. Если через один час после взрыва общую активность продуктов взрыва принять за 100 %, то через сутки она составит всего 2,5 %, через месяц - 0,5%, через три месяца - 0,01% и через год - 0,005%.

Вклад отдельных радионуклидов осколочного происхождения в суммарную активность в разное время после взрыва приведен в табл. 4.1.

Таблица 4.1.

Изменение радионуклидного состава продуктов деления во времени и вклад основных радионуклидов в их суммарную активность [3]

| Вклад основных радионуклидов в суммарную активность на различное время после взрыва | | | | | | | | | |
|---|----|---------------|----|-------------|----|---------------|----|--------------|----|
| 24 часа | | 3 месяца | | 1 год | | 4 года | | 10 лет | |
| Радионуклид | % | Радионуклид | % | Радионуклид | % | Радионуклид | % | Радионуклид | % |
| Иттрий-93 | 4 | Иттрий-91 | 6 | Иттрий-91 | 2 | Рутений-106 | 20 | Цезий-137 | 29 |
| Цирконий-97 | 6 | Цирконий-95 | 12 | Цирконий-95 | 5 | Родий-106 | 20 | Барий-137m | 29 |
| Ниобий-97m | 6 | Родий-103m | 13 | Ниобий-95 | 10 | Цезий-137 | 9 | Прометий-147 | 13 |
| Ниобий-97 | 7 | Родий-103 | 13 | Рутений-106 | 19 | Барий-137m | 9 | Самарий-151 | 3 |
| Молибден-99 | 4 | Рутений-106 | 4 | Родий-106 | 19 | Церий-144 | 7 | Стронций-90 | 12 |
| Йод-133 | 7 | Родий-106 | 4 | Цезий-137 | 2 | Празеодим-144 | 7 | Иттрий-90 | 12 |
| Йод-135 | 4 | Церий-141 | 9 | Барий-137m | 2 | Прометий-147 | 17 | | |
| Ксенон-135 | 11 | Церий-144 | 4 | | | | | | |
| Церий-143 | 5 | Празеодим-144 | 4 | | | | | | |
| Сумма радионуклидов от активности всей смеси продуктов деления | 54 | | 69 | | 59 | | 89 | | 98 |

Из данных табл. 4.1 следует, что в начальный период после взрыва (до 1-2 месяцев) биологически опасными радионуклидами являются изотопы йода. Биологически опасный цезий-137, который откладывается в мягких тканях организма, появляется в

значительных количествах лишь через год, а стронций-90 (аналог кальция, который откладывается в костной ткани) - только через несколько лет после взрыва.

В табл. 4.2 приведен вклад отдельных радионуклидов, которые образовывались в результате захвата нейтронов в горной породе среднекларкового состава в разное время после взрыва.

Таблица 4.2.

Изменение во времени радионуклидного состава наведенной активности в грунте и вклад основных радионуклидов в их суммарную активность [3]

| Вклад основных радионуклидов в суммарную активность на различное время после взрыва | | | | | | | | | |
|---|----|--------------|----|--------------|----|--------------|----|--------------|----|
| 24 часа | | 3 месяца | | 1 год | | 5 лет | | 10 лет | |
| Радио-нуклид | % | Радио-нуклид | % | Радио-нуклид | % | Радио-нуклид | % | Радио-нуклид | % |
| Натрий-24 | 86 | Тербий-160 | 24 | Железо-55 | 37 | Тритий | 49 | Тритий | 74 |
| Марганец-56 | 6 | Железо-55 | 21 | Тритий | 31 | Железо-55 | 28 | Европий-152 | 11 |
| Самарий-153 | 7 | Марганец-54 | 13 | Цезий-134 | 8 | Европий-152 | 7 | Европий-154 | 8 |
| | | Тритий | 13 | Кальций-45 | 5 | Кобальт-60 | 6 | Кобальт-60 | 6 |
| | | Кальций-45 | 6 | Кобальт-60 | 5 | Цезий-134 | 5 | | |
| | | Цезий-134 | 5 | Европий-152 | 5 | Европий-154 | 5 | | |
| | | Железо-59 | 4 | Тербий-160 | 4 | | | | |
| Сумма радионуклидов от активности всей смеси продуктов активации грунта | 99 | | 86 | | 95 | | 99 | | 99 |

Данные табл. 4.2 свидетельствуют о том, что в течение первых суток после взрыва основной вклад в активность смеси радионуклидов, образующихся в грунте под действием потока нейтронов, вносят марганец-56 и натрий-24, в течение года - тербий-160, железо-55, тритий, а далее, в последующие годы, - тритий, железо-55, европий-152,154, кобальт-60. При проведении ядерных взрывов в породах, содержавших газ и нефть, под действием нейтронов образовывался углерод-14 (бета-излучатель с периодом полураспада 5730 лет). Ориентировочные расчеты показали, что выход углерода-14 мог составить примерно 80 кюри на один моль нейтронов.

Интерес может представлять оценка интенсивности выхода нейтронов за пределы корпуса ядерного заряда. Для промышленного ядерного зарядного устройства мощностью 20-150 кт, испытанного 16.11.1964 г. (См. табл. 2.4.), доля нейтронов, которые могли выйти за пределы корпуса, составляла 0,3 % от общего количества нейтронов, образовавшихся при взрыве, то есть примерно 5×10^{23} нейтронов [3].

Определенное значение в формировании радиационной обстановки имели радионуклиды, образующиеся в результате захвата нейтронов материалами, которые входили в состав конструкции заряда, а также радионуклиды - остатки непрореагировавшего ядерного горючего.

В табл. 4.3 представлены данные, свидетельствующие о том, что в первые сутки после взрыва основная доля активности группы радионуклидов, образующихся в конструкционных материалах, обусловлена хромом-51, натрием-24, нептунием-239, а спустя годы - тритием, марганцем-54 и кобальтом-60.

Таблица 4.3.

Вклад радионуклидов, образующихся в конструкционных материалах ядерного заряда под действием нейтронов при взрыве мощностью 20-150 кт, в суммарную активность в разное время после взрыва [3]

| Радионуклид | Масса радионуклида, г | Вклад радионуклида в суммарную активность в различное время после взрыва, % | | | | |
|----------------------|-----------------------|---|----------|-------------------|-------|--------|
| | | 24 часа | 3 месяца | 1 год | 5 лет | 10 лет |
| Тритий ¹⁾ | 40 | 8 | - | 54 | 99 | 10 |
| Натрий-24 | 0,2 | 11 | - | - | - | - |
| Хром-51 | 3,0 | 52 | 40 | (9) ²⁾ | - | - |
| Марганец-54 | 0,25 | - | - | (27) | (7) | - |
| Кобальт-60 | 0,7 | - | - | (21) | (93) | (100) |
| Тантал-182 | 0,2 | - | - | (4) | - | - |
| Вольфрам-185 | 4,0 | 5 | 2 | (37) | - | - |
| Свинец-203 | 2,0 | 8 | - | - | - | - |
| Нептуний-239 | 4,0 | 14 | - | - | - | - |

Примечание: 1) В том числе "остаточный" тритий.

2) В скобках приведен вклад в суммарную активность без учета трития.

Материальными носителями радионуклидов "осколочного" или "активационного" происхождения являются частицы выброшенного из воронки грунта, на которые в той или иной степени воздействовали различные теплофизические, механические и радиационные факторы, свойственные ядерному взрыву. В ходе проведения ядерных испытаний было установлено, что при подземном взрыве большое значение в образовании радиоактивных частиц и облака взрыва имеет температурный режим в полости этого взрыва [4,5]. Начало процесса образования радиоактивных частиц при подземном ядерном взрыве связано с возникновением мощной ударной волны, которая приводит к нагреванию грунта и вовлечению его в движение, направленное во внешнюю область. При этом основная часть энергии расходуется на испарение и плавление твердой породы. Количество испарившейся породы составляло примерно

50 т на 1 кт мощности взрыва, а количество расплавленной - 500-600 т на 1 кт [5]. Ударная волна по пути своего движения, дробя и разламывая породу, постепенно затухает, скорость распространения уменьшается, и она превращается в упругую волну.

Следует отметить, что процесс формирования радиоактивных частиц - процесс достаточно сложный: сначала частицы формируются в грунте, а затем, после вскрытия полости взрыва, - в атмосфере, поэтому основные физико-химические свойства и характеристики таких частиц имеют значительные отличия. При подземном взрыве с выбросом грунта образование радиоактивных частиц происходит в двух основных зонах:

- первая зона - это полость взрыва, где при взрыве образуются высокие давление и температура, а также "набор" радионуклидов (См. табл. 4.1.-4.3.). В процессе развития полости радионуклиды, образовавшиеся при взрыве, взаимодействуют с расплавом. Однако по причине различия термодинамических характеристик изотопов интенсивность их проникновения и вероятность удержания в расплаве неодинакова. При прорыве полости в атмосферу расплавленный слой грунта дробится, образуя радиоактивные частицы различных размеров (частицы первого типа);
- вторая зона - зона выброса раздробленного грунта и радиоактивных продуктов взрыва. Эту зону можно считать более "холодной", чем первую. Радиоактивные продукты в зоне выброса в отличие от частиц, образовавшихся из расплава, характеризуются значительным обеднением тугоплавкими и обогащением легколетучими радионуклидами. Поэтому радиоактивные частицы во второй зоне образуются в основном в результате осаждения радиоактивных продуктов взрыва на относительно холодную поверхность грунтовых частиц - носителей активности (частицы второго типа).

Частицы этих двух типов распределяются неодинаково в основных радиоактивных источниках, обуславливающих загрязнение атмосферы и местности: так, район воронки и навала грунта, а также зона выпадений из облака взрыва обогащены расплавленными частицами, то есть частицами первого типа, а зона выпадений из облака базисной волны - частицами второго типа. Отмеченные закономерности формирования основных источников радиоактивного загрязнения и образования различных типов радиоактивных частиц-носителей характерны для всех подземных ядерных взрывов с выбросом грунта.

По результатам исследования дисперсного состава радиоактивных выпадений на следах таких взрывов было установлено, что

распределение числа частиц и их активности по размерам достаточно хорошо аппроксимируются нормально-логарифмическим законом. Крупные радиоактивные частицы выпадали непосредственно в зоне навала грунта и на ближнем следе, по мере удаления от воронки взрыва размер выпадающих радиоактивных частиц уменьшался. Выпадения из облака базисной волны характеризовались более высокодисперсной радиоактивной пылью, чем выпадения из пылевого столба. На гребне навала грунта средний размер радиоактивных частиц в диаметре составлял несколько миллиметров, однако можно было обнаружить и шлаковые конгломераты размером до нескольких сантиметров [6].

Целесообразно более подробно рассмотреть свойства радиоактивных частиц различных типов, поскольку, как известно, изменение свойств этих частиц при смываемости с них радиоактивных веществ водой или желудочным соком имело важное значение для оценки степени опасности внутреннего облучения населения, проживавшего на следе радиоактивного облака, образовавшегося после проведения подземного ядерного взрыва с выбросом грунта.

Выше было отмечено, что частицы первого типа образуются из расплавленного слоя грунта (расплава). Внешне они выглядят как оплавленные, угловатые образования, большинство из которых имеют изломленные грани, напоминающие кромку разбитого стекла. Это прозрачные частицы от светлой до светло-коричневой и даже желто-зеленой окраски, иногда с темными вкраплениями, а также с большим количеством газовых включений. При прокаливании их вес практически не изменяется. Радиоактивность в таких частицах распределена относительно равномерно по объему, а зависимость активности частицы от ее размера определяется степенным законом $A \cong d^n$, где $n \cong 2,7-3,0$.

Частицы второго типа по своему внешнему виду не отличаются от частиц раздробленной породы из района взрыва, но имеют вкрапления различных оттенков. На очень многих частицах была заметна налипшая мелкая пыль, смываемая водой. При прокаливании их вес уменьшался не менее чем на 10%. Радиоактивное загрязнение таких частиц поверхностное, легко смывается водой.

Следует отметить, что кроме частиц этих двух типов есть частицы, которые по своим свойствам занимают промежуточное положение. Такие частицы имеют как бы вспененную поверхность. Цвет их в основном темный, на поверхности много налипшей пыли, при механическом удалении которой частицы могут разрушаться. При прокаливании таких частиц их вес также уменьшается, а окраска, как правило, становится рыжеватой. Основное

количество радиоактивных продуктов сосредоточено в тонком поверхностном слое таких частиц.

От величины активности частиц различных типов и распределения в них радионуклидов зависит степень перехода этих радионуклидов в различные растворы, о чем свидетельствуют данные табл. 4.4.

Таблица 4.4.

Степень перехода радиоактивных продуктов из частиц различного типа, которые образуются при подземных ядерных взрывах с выбросом грунта, в растворы разной кислотности [4]

| Тип частиц | Степень перехода радиоактивных продуктов из частиц в различные растворы, % | | | |
|-------------------------------|--|-------------------------------|----------------|-----------------------------------|
| | вода | 1%-ый раствор соляной кислоты | желудочный сок | концентрированная азотная кислота |
| Первый (из расплава грунта) | 0,5-1,6 | 0,7-2 | 1,4-3,5 | 2,5-7,5 |
| Второй (из дробленого грунта) | 60-75 | 75-92 | 84-90 | 86-96 |

Приведенные в табл. 4.4 данные показывают, что степень перехода радионуклидов в любой раствор с частиц второго типа значительно выше, чем с частиц первого типа. Следует отметить, что соотношение частиц различного типа в соответствующих им зонах выпадений в значительной степени влияет на изотопный состав радиоактивных продуктов, на степень перехода радионуклидов в растворы и т.д. Так, на следе базисной волны доля частиц первого типа (по активности) примерно в 2 раза больше, чем частиц второго типа, а на следе облака взрыва - в 10 раз. В зоне базисных выпадений наблюдалось обогащение частиц летучими радионуклидами. Базисные выпадения формируют значительно более широкий след, чем выпадения из облака взрыва.

При оценке доз внешнего и внутреннего облучения населения на следах подземных ядерных взрывов с выбросом грунта, причем особенно в отдаленные сроки после взрыва, необходимо учитывать вклад всех трех групп радионуклидов: осколков деления, наведенной активности и неразделившейся части ядерного заряда. Так, например, если облучение населения происходило сразу после формирования радиоактивного следа, то основной вклад в дозу внешнего облучения вносили продукты деления.

Необходимо особо отметить, что экскавационные ядерные взрывы, как правило, проводились в малонаселенных районах, где плотность населения составляла от 0,2 чел./км² (Ненецкий национальный

округ) до 6 чел./км² (Коми-Пермяцкий национальный округ, Западно-Сибирские районы Российской Федерации), а также вдали от крупных населенных пунктов. Небольшая плотность населения в зоне предполагаемого прохождения радиоактивного облака (так называемый "рабочий сектор") позволяла с приемлемыми экономическими затратами обеспечить должный уровень радиационной безопасности.

4.1.2. СТЕПЕНЬ РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ В ПЕРИОД ФОРМИРОВАНИЯ СЛЕДА

Как известно, степень радиационной опасности для человека определяется величиной дозы облучения: чем больше доза, тем выше степень радиационной опасности. Облучение человека может быть внешним и внутренним. Внешнее облучение обусловлено потоком гамма-квантов и бета-частиц в период прохождения облака взрыва и его шлейфа или истечения радиоактивной струи из зоны взрыва, а также выпадения на местность радиоактивных частиц, которые тоже являются источником ионизирующих излучений. Внутренне облучение является следствием поступления радионуклидов в организм человека ингаляционным (с вдыхаемым воздухом) или пероральным (с пищей и водой) путями.

В ходе анализа и обобщения материалов, характеризующих динамику формирования дозовых нагрузок на человека при внешнем воздействии ионизирующих излучений, было установлено, что существуют два основных периода, формирующих дозовые нагрузки: это, во-первых, период прохождения облака взрыва над определенной местностью и, во-вторых, период после выпадения радиоактивных продуктов на поверхность почвы. В табл. 4.5 приведены основные характеристики подземных ядерных взрывов с выбросом грунта, определяющие закономерности формирования доз внешнего облучения населения.

Данные табл. 4.5 свидетельствуют о том, что чем выше поднимается верхняя кромка облака взрыва, тем больше становятся протяженность следа радиоактивного загрязнения и масштабы радиоактивного загрязнения местности и различных объектов природной среды. Для оценки степени радиационной опасности в период формирования следа необходимо иметь данные об основных параметрах радиационной обстановки, которая складывалась после проведения подземного ядерного взрыва с выбросом грунта, когда образовывались облако взрыва и пылевая базисная волна. Последняя возникала в результате дробления выброшенных из воронки кусков грунта при их падении на поверхность земли. Поскольку эти куски грунта содержали радиоактивные продукты, то и пылевая

Основные характеристики подземных ядерных взрывов с выбросом грунта, осуществленных в СССР в рамках реализации Программы мирного использования ядерной энергии [5,7]

| Время проведения и название взрыва | Мощность взрыва, кт | Глубина заложения заряда, м | Высота подъема облака, м | Высота подъема базисной волны, м | Длина следа (по уровню 0,5 Р на Д+1), км | Доля активности, выпавшей на следе, % | Мощность дозы на навале грунта, Р/ч время |
|--|---------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------------------|--|---------------------------------------|---|
| 15.01.1965 г. Чаган, скважина 1004 | 140 | 178 | 4800 | 600 | 70 | 30-35 | $\frac{\sim 2000}{Д+1}$ |
| 14.10.1965 г. Сары-Узень, скважина 1003 | 1,1 | 48 | 300 | нет | 30 | 5,5 | |
| 21.10.1968 г. Телькем-1 скважина 2308 | 0,24 | 31,4 | 200 | 115 | 7,5 | 0,2 | $\frac{1-2}{Д+3}$ |
| 12.11.1968 г. Телькем-2 скважины 2305, 2306, 2307 | 3×0,24 | 31,4 | 450-500 | 40-80 | 10 | 0,3 | $\frac{1-2}{Д+3}$ |
| 23.03.1971 г. Тайга скваж. 1Б, 2Б, 3Б | 3×15 | 128 | 1800 | выражена слабо | 25 | 0,4-1,4 | $\frac{50-200}{Ч+1}$ |
| 02.10.1974 г. Кристалл скважина | 1,7 | 98 | Выражена слабо | нет | 12 | <0,005 | $\frac{10-12}{Ч+1}$ |
| 07.12.1974 г. Лазуриг скважина Р-1 | 1,7 | 75 | Выражена слабо | нет | 0,7 | 3 | $\frac{0,15-0,3}{Ч+1}$ |

базисная волна становилась радиоактивной, поэтому после ее прохождения происходило загрязнение местности.

На рис 4.1 графически показаны закономерности изменения параметров радиационной обстановки (P - уровни радиации на местности и C_{ϕ} - концентрации радиоактивных веществ в приземном слое воздуха) во времени (t) в период прохождения облака взрыва через какую-либо точку местности по направлению ветра. Обозначения на рис. 4.1 имеют следующие смысловые значения:

- t_0 - время начала выпадения радиоактивных частиц в данной точке следа (начало формирования следа), час. Обычно $t_0 = x/V$, где x - удаление данной точки от места взрыва, км, V - скорость среднего ветра, км/ч. Повышение мощности дозы в данной точке начинается за несколько минут до начала выпадения

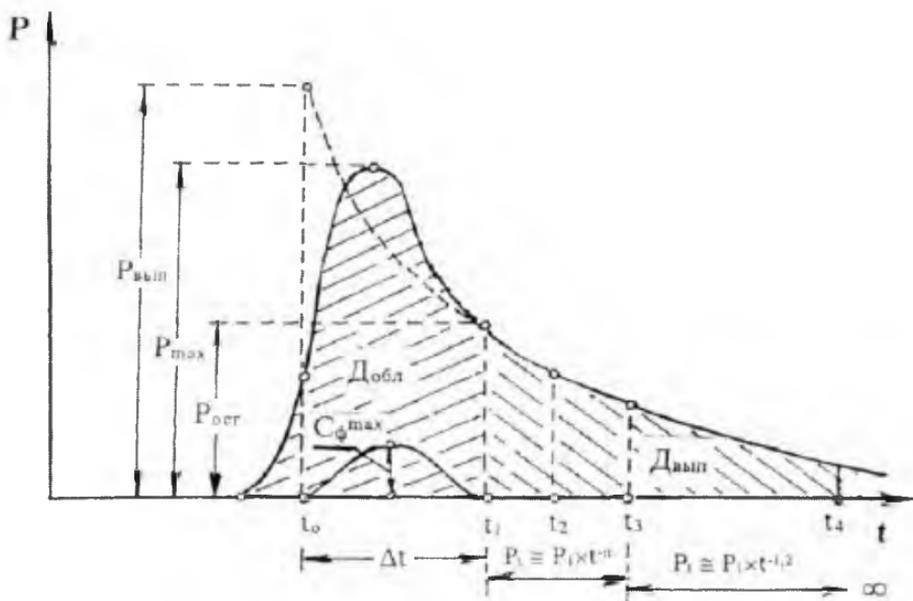


Рис. 4.1. Схема изменения мощности дозы излучения на местности и концентрации РВ в воздухе при формировании радиоактивного загрязнения на ближнем следе.

частиц за счет приходящих с некоторым опережением этих частиц излучений от шлейфа облака;

- t_1 - время условного окончания выпадения частиц (формирования следа) и принятого начала воздействия излучений от выпавших на местность радиоактивных продуктов. Разность $t_1 - t_0 = \Delta t$ характеризует длительность выпадения радиоактивных частиц, а C_{ϕ}^{\max} - максимальное значение концентрации радиоактивных веществ в воздухе в период формирования следа;
- время от t_1 до t_3 - это переменные величины, зависящие от показателя степени n (от 1 до 2) в уравнении Вей-Вигнера, по которому рассчитывается изменение мощности дозы P во времени;
- время от t_1 до $t = \infty$ - это период, в течение которого происходит радиоактивный распад осевших на местность продуктов взрыва. Для времени $t > t_3$ при оценке изменения мощности дозы можно принимать показатель степени n , равный 1,2;
- P_{\max} - максимальная величина мощности дозы излучения на местности в период формирования следа, Р/ч, сГр/ч и др;
- $P_{\text{ост}}$ - величина мощности дозы на местности к моменту прекращения выпадения радиоактивных частиц из проходящего облака взрыва, $P_{\text{ост}} \cong 0,5P_{\max}$, Р/ч, сГр/ч и др.;

- $D_{\text{обл}}$ - доза излучения от облака, то есть доза от момента начала выпадения на местность радиоактивных продуктов t_0 и до момента времени t_1 , Р, Гр. Для расчета доз и мощностей доз излучения используются различные математические модели. Так, в работе [8] К. И. Гордеев рекомендует использовать формулу:

$$D_{\text{обл}} \cong 0,5P_{\text{max}} \times \Delta t;$$

- $D_{\text{вып}}$ - доза излучения от момента t_1 и до какого-либо времени t_4 , Р, Гр. Если время окончания облучения стремится к бесконечности, то доза от выпавших радиоактивных частиц обозначается как $D_{\text{вып}}^{\infty}$. Доза излучения на местности от t_0 и до t_{∞} будет равна $D_{\infty} = D_{\text{обл}} + D_{\text{вып}}^{\infty}$. Это максимальная величина дозы облучения человека при условии его постоянного пребывания на открытой местности в течение длительного времени.

Самую простую модель расчета дозы излучения можно интерпретировать следующим образом: если мощность дозы $P_{\text{ост}}$ пересчитать по уравнению Вей-Вигнера до момента времени t_0 (пунктирная линия на графике рис. 4.1.), то можно получить величину мощности дозы излучения $P_{\text{вып}}$. В этом случае расчетная модель будет выглядеть следующим образом: как только текущее время станет равным t_0 , то есть к данной точке следа подойдет фронт радиоактивного загрязнения, то мощность дозы быстро возрастет до значения $P_{\text{вып}}$, а затем за счет радиоактивного распада уменьшится по закону Вей-Вигнера с показателем степени $n = -1,2$. Интегрирование этой закономерности позволяет получить формулу для расчета дозы излучения без учета экранирующего действия зданий и сооружений:

$$D = 5P_{\text{вып}} \times t_0^{1,2} (t_{\text{нач}}^{-0,2} - t_{\text{кон}}^{-0,2}),$$

где $P_{\text{вып}}$ - мощность дозы к моменту времени t_0 (час) после взрыва, Р/ч, сГр/ч;

$t_{\text{нач}}$ - время начала облучения, час;

$t_{\text{кон}}$ - время окончания облучения, час.

При длительности облучения $t_{\text{кон}}$, стремящейся к бесконечности ($t_{\text{кон}} \rightarrow \infty$) получается соотношение [2]

$$D_{\infty} = 5P_{\text{вып}} \times t_0,$$

по которому можно рассчитать дозу (D_{∞}) до полного распада радиоактивных веществ. Как известно, любое здание и сооружение обладает экранирующим действием, снижая дозу излучения от загрязненной местности. Кратности ослабления гамма-излучения, которыми обладают некоторые жилые и служебные здания, приведены в табл. 4.6.

Кратности ослабления гамма-излучения от облака взрыва ($K_{обл}$) и от выпавших на местность радиоактивных веществ ($K_{вып}$) некоторыми жилыми и служебными помещениями [8]

| Наименование объекта | Кратность ослабления | |
|-----------------------------------|----------------------|-----------|
| | $K_{обл}$ | $K_{вып}$ |
| Кирпичные одноэтажные жилые дома | 3 | 10 |
| Щитовые дома со шлаковой засыпкой | 2 | 5 |
| Жилые саманные дома | 3 | 13 |
| Хозяйственные саманные постройки | 1,1 | 6 |

При оценке относительного вклада $D_{обл}$ и $D_{вып}$ в суммарную дозу облучения населения на следе подземного ядерного взрыва с выбросом грунта необходимо учитывать тот факт, что на близких расстояниях от места взрыва $D_{обл} \equiv D_{вып}$, но по мере удаления от него возрастает доля дозы от выпавших продуктов взрыва ($D_{вып}$) [9]. Если высота поднятия верхней кромки облака значительно превышает 2 км, то вкладом дозы от облака ($D_{обл}$) в суммарную дозу внешнего облучения можно пренебречь.

Дозовые нагрузки на население при проведении подземных ядерных взрывов с выбросом грунта могут формироваться как за счет внешнего облучения, так и за счет внутреннего, то есть при поступлении радиоактивных веществ внутрь организма человека. Внешнее облучение, как было показано выше, обусловлено воздействием потоков гамма- и бета-излучения в период прохождения облака взрыва над территориями населенных пунктов, а также образованием остаточного радиоактивного загрязнения местности после выпадения радиоактивных частиц. Внутренне облучение является следствием поступления радионуклидов в организм человека с вдыхаемым воздухом (ингаляционный путь) или с водой и пищей (пероральный путь).

Ингаляционный путь поступления продуктов взрыва внутрь организма связан в основном с периодом формирования радиоактивного следа, когда через данную местность проходит шлейф выпадающих радиоактивных частиц (См. рис. 4.1.). В этот период в приземном слое воздуха могут создаваться высокие концентрации радиоактивных продуктов ядерного взрыва ($C_{ф}^{max}$), а их попадание в легкие и затем в кровь человека может стать причиной облучения его внутренних органов.

Период перорального поступления продуктов подземного ядерного взрыва может быть достаточно длительным - до нескольких десятков лет. Этот период, с точки зрения загрязнения радиоактивными веществами сельскохозяйственной продукции, можно разделить на два основных этапа: этап аэроального (выпадение

из воздуха) загрязнения сельскохозяйственной продукции и растительности и этап корневого поступления радионуклидов в растения из загрязненной почвы. Первый этап начинается сразу после формирования следа радиоактивного загрязнения и характеризуется поступлением радионуклидов в организм человека по нескольким пищевым цепочкам:

- растительность - животные - человек;
- растительность - человек;
- пищевые продукты (при внешнем загрязнении) - человек;
- вода (снег) - животные - человек.

Второй этап, который может длиться достаточно долго, характеризуется миграцией биологически значимых радионуклидов в организм человека по пищевым цепочкам, исходным звеном которых является загрязненная вода или растения, выращенные на загрязненной почве.

При проведении подземных ядерных взрывов с выбросом грунта одним из основных принципов обеспечения радиационной безопасности населения и персонала являлось обоснованное прогнозирование размеров контролируемых зон (санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения) с целью недопущения превышения величин эффективных доз, установленных существовавшими в разные периоды использования ядерно-взрывных технологий санитарно-гигиеническими нормативами.

4.2. КОНЦЕПЦИИ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Как известно, в период проведения ядерных испытаний неоднократно изменялись концепции радиационной безопасности. Связано это было с тем, что в ходе испытаний постоянно шло накопление знаний и данных о последствиях влияния поражающих факторов ядерных взрывов на живой организм. На основании результатов проводимых в ходе ядерных испытаний медико-биологических экспериментов разрабатывались соответствующие времени новые принципы и критерии обеспечения общей и радиационной безопасности населения и участников ядерных испытаний и проведения мирных ядерных взрывов. Поэтому подходить к оценке безопасности при выполнении работ или проектов в 60-е и 70-е годы, когда интенсивность осуществления мирных ядерных взрывов была максимальной [10], необходимо именно с позиций тех лет, а не с позиций требований НРБ-99 [11].

Следует отметить, что до середины 80-х годов за рубежом, а в Советском Союзе вплоть до конца реализации программы мирного

использования ядерной энергии (1988 г.) основным принципом радиационной защиты являлся принцип порогового действия ионизирующих излучений. Радиационная безопасность характеризовалась величинами доз ниже определенного предела как "состояние без какой-либо опасности". Поэтому планируемый выброс активности в атмосферу при взрывах с выбросом грунта считался приемлемым при выполнении условия непревышения установленных санитарно-гигиенических нормативов ("дозовых пределов"). Специалисты отмечают, что провозглашенные в НРБ-76 принципы исключения всякого необоснованного облучения населения и снижения доз до возможно низкого уровня следует воспринимать скорее как благое пожелание, поскольку никаких количественных оценок и механизма проверки выполнения этих принципов "Нормы радиационной безопасности" не предусматривали [12].

Принятие Международной комиссией по радиационной защите (МКРЗ) в 60-е годы концепции беспороговой зависимости "доза-эффект" не могло, в принципе, остаться без отклика. В те годы взрывы с планируемым выбросом радиоактивных веществ были прекращены, а необходимость использования ядерно-взрывных технологий в промышленных целях дополнилась требованием полной камуфлетности (точнее герметизации) подземных ядерных взрывов и недопущения выхода радионуклидов на земную поверхность при их проведении. В конечном итоге была выбрана система обеспечения радиационной безопасности при осуществлении мирных ядерных взрывов и ее философский фундамент - концепция безопасности. По нашему мнению, концепция безопасности - это общий замысел, идея обеспечения безопасности при мирном использовании ядерной энергии (Рис. 4.2.).

Концепция радиационной безопасности и охраны окружающей среды при мирном использовании ядерной энергии - это стратегия решения проблемы посредством формулировки основных целей, путей и средств достижения поставленных целей.

Генеральная цель в области мирного использования ядерной энергии - это надежное и экономически эффективное обеспечение радиационной безопасности настоящего и будущих поколений от вредного воздействия ионизирующих излучений и защиты среды обитания человека от радиоактивного загрязнения как при нормальных, так и при экстремальных ситуациях.

Радиационная безопасность обеспечивается при условии выполнения трех основных требований (подцелей) - принципов радиационной безопасности:

- непревышение установленного основного дозового предела,
- исключение всякого необоснованного облучения,

- снижение дозы излучения до возможно низкого уровня.
Защита среды обитания связана с обеспечением радиационной безопасности человека от потенциального радиоактивного загрязнения окружающей среды.



Рис. 4.2. Концепция радиационной безопасности и охраны окружающей среды при использовании спецсредств

Принято считать, что уровень безопасности, необходимый для человека, является достаточным для защиты и других живых существ, а также что любые нормативы для человека и его популяции гарантируют надежность сохранения как отдельных биоценозов, так и биосферы в целом.

Основные задачи. решение которых способствовало снижению радиационной опасности при использовании подземных ядерных взрывов в промышленных целях, - это:

- снижение до возможно низкого уровня количества образующихся биологически опасных радионуклидов (цезий-137, стронций-90, йод-131, тритий и др.) посредством создания специальных ядерных зарядов (См. главу 2);
- использование горного массива как основного защитного барьера и фиксатора радионуклидов;
- управляемость ядерно-взрывными технологиями и их контролируемость.

Радиационная безопасность на созданных с помощью мирных ядерных взрывов объектах должна была обеспечиваться на всех этапах их существования, то есть при проектировании, сооружении, освоении, эксплуатации и консервации объектов, используя при этом различные технические решения.

Каждый такой этап характеризовался необходимостью выполнения целого комплекса определенных требований, обеспечивающих радиационную безопасность.

При проведении ядерного взрыва это:

- выбор глубины заложения ядерного заряда, что являлось основной максимально полного удержания радиоактивных продуктов под землей;
- сооружение забивочного комплекса, предотвращающего выход радиоактивности через боевую скважину;
- размещение ядерного заряда в породах, удаленных от зоны активного водообмена и, как правило, от других водоносных горизонтов;
- создание санитарно-защитной зоны и введение в ней ограничительных мер;
- проведение предупредительного радиационного контроля за радиационной обстановкой и дозами облучения.

При освоении объекта, вскрытии центральной зоны взрыва и обустройстве промплощадки:

- применение специальной технологии заложения ядерных зарядов с магниевой пробкой, позволяющей обеспечивать вскрытие и вход в полость без выноса радиоактивных продуктов при разбурировании;
- использование при необходимости превенторного (специального) оборудования, предотвращающего выброс радиоактивности при вскрытии;
- применение специальных мер индивидуальной защиты персонала в случае непредвиденного выхода радиоактивных продуктов;
- проведение радиационного контроля.

При эксплуатации объекта:

- использование специальных приемов и устройств для захоронения радиоактивных продуктов, позволяющих снизить количество биологически опасных радионуклидов в добываемых продуктах;
- применение специальных технологических воздействий на объект, позволяющих ограничить вынос радиоактивных веществ с добываемыми продуктами (управление гидродинамическими потоками при интенсификации добычи нефти, предотвращение выхода радиоактивности из емкостей с загрязненным раствором и т.д.);
- использование предупредительного радиационного контроля для предотвращения выноса радиоактивности с добываемыми продуктами.

При консервации объекта:

- рекультивация и дезактивация территории, захоронение радиоактивных отходов под землей;
- организация санитарно-защитной зоны с определением ограничительных мер.

Гарантии безопасности обеспечивались системой Государственного надзора за безопасностью и системой экспертизы всех проектов и технических решений.

4.3. СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Большое значение в решении вопросов, связанных с обеспечением радиационной безопасности при проведении промышленных ядерных взрывов, имели как результаты медико-биологических исследований, которые выполнялись в ходе ядерных испытаний на полигонах СССР, так и результаты реализации комплексной научно-технической программы разработки и применения ядерно-взрывных технологий. В процессе выполнения этой программы была создана специализированная система обеспечения безопасности при использовании ядерно-взрывных технологий в народном хозяйстве, а также разработаны различного рода санитарно-гигиенические нормативы. Особая роль в разработке таких нормативов, в аппаратурно-методическом оснащении служб радиационной безопасности, а также в реализации контрольных функций этих служб и оценке эффективности проводившихся мероприятий по обеспечению общей и радиационной безопасности принадлежала 3-му Главному управлению при Минздраве СССР [13].

Разработанная система безопасности являлась единым комплексом взаимосвязанных организационно-технических мероприятий по радиационной защите и радиационному контролю как на

стадии проектирования объектов, так и на всех стадиях их существования, включая консервацию. В содержание этих мероприятий, рассчитанных в основном на нормальный ход технологического процесса, включались пункты, учитывающие и возможность возникновения аварийных ситуаций. Естественно, что создание системы обеспечения радиационной безопасности сопровождалось разработкой регламентирующей документации в рамках существовавших в те годы международных и отечественных норм безопасности.

Как известно, в 1958 г. Международная комиссия по радиационной защите выпустила свои рекомендации (Публикация № 1 МКРЗ), которые стали основой для построения системы радиационной защиты, действующей в течение последующих 20 лет. Была установлена величина максимальной допустимой дозы облучения, равная 5 бэр в год. В Советском Союзе в 1960 г. были утверждены и с 1961 г. введены в действие "Санитарные правила работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений № 333-60", которые соответствовали международным требованиям и являлись базой для создания системы ограничения доз облучения при мирном использовании ядерных взрывов, проводимых в СССР с 1965 г. по 1988 г. включительно.

Для обеспечения радиационной безопасности в 1967 г. были разработаны и утверждены начальником 3-го Главного управления при Минздраве СССР "Временные санитарные требования по обеспечению безопасности участников работ и населения при использовании энергии ядерных взрывов для нужд народного хозяйства", к которым прилагалась "Инструкция для ответственного представителя Министерства здравоохранения СССР при использовании энергии ядерных взрывов для нужд народного хозяйства". Факсимильные копии этих интересных документов приведены в Приложении 4.1.

Во "Временных санитарных требованиях..." написано, что *"допустимые дозы облучения для участников работ и местного населения регламентируются "Санитарными правилами... № 333-60" (предельно допустимые дозы внешнего облучения для участников работ не более 5 бэр/год, для населения - 0,5 бэр/год. Для расчета внутренних доз облучения используются предельно допустимые концентрации радиоактивных веществ в воздухе, приведенные в "Санитарных правилах... № 333-60", умноженные на коэффициент, равный отношению 365 к числу дней в году с возможной повышенной концентрацией в воде или воздухе)"*.

В 1969 г. впервые в практике нормирования степени воздействия вредных факторов на здоровье человека были разработаны и

утверждены "Нормы радиационной безопасности - НРБ-69". В соответствии с этими нормами, а также с использованием данных, полученных в ходе выполнения медико-биологических исследований в период проведения ядерных испытаний на полигонах, были разработаны новые документы, содержащие основные принципы обеспечения безопасности при мирном использовании ядерной энергии, а именно:

- "Временное положение по обеспечению радиационной безопасности при опытно-промышленной эксплуатации объектов, созданных с помощью ядерных взрывов" - 1975 г.;
- "Временное положение по обеспечению радиационной безопасности при проведении подземных ядерных взрывов в народнохозяйственных целях". - 1975 г.;
- "Положение по обеспечению радиационной безопасности в случае радиационной аварии при осуществлении ядерного взрыва в народнохозяйственных целях (ПРБ/РАНХ-86)" - 1986 г.;
- "Правила радиационной безопасности при эксплуатации подземных хранилищ, созданных методами ядерно-взрывной технологии" - 1988 г.;
- "Правила радиационной безопасности при проектировании, сооружении и эксплуатации объектов мирного использования подземных ядерных взрывов" - 1990 г.

Всеми перечисленными документами жестко регламентировались допустимые дозы облучения персонала - 5 бэр/год (50 мЗв/год) и населения - 0,5 бэр/год (5 мЗв/год).

Возвращаясь к истории разработки системы радиационной безопасности при мирном использовании ядерной энергии, нельзя не отметить, что в 1977 г. МКРЗ выпустила свои новые рекомендации (Публикация № 26), основные положения которых были учтены при разработке вышедших в СССР в 1976 г. "НРБ-76" и уточненных в 1987 г. "НРБ-76/87". В табл. 4.7 представлены данные, которые свидетельствуют о том, что в период проведения в Советском Союзе мирных ядерных взрывов (1965-1988 гг.) основные санитарно-гигиенические нормативы - допустимые дозы облучения персонала и населения - практически не изменялись.

В конце 80-х годов на основании результатов большого количества научных разработок и предшествующего опыта обеспечения безопасности при проведении ядерных испытаний были подготовлены "Правила радиационной безопасности при использовании ядерных взрывов в народнохозяйственных целях - ПРБ МИЯВ-90", в которых система обеспечения радиационной безопасности при мирном использовании ядерных взрывов получила фактическое завершение и была регламентирована юридически.

Допустимые дозы облучения персонала (категория А) и ограниченной части населения (категория Б) в период проведения промышленных ядерных взрывов. Основные нормативные документы СССР, регламентирующие величины этих доз

| Год и категория облучаемых людей | Допустимая доза облучения за год, рентген (бэр) | Литературный источник | Примечание |
|--|---|-----------------------|---|
| 1961 Категория А Категория Б Все население | 5 0,5 0,05 | 14, 15 | В случае аварии допускалось однократное облучение в дозе 25 Р. Нормировалось загрязнение продуктов питания, воды, воздуха и различных объектов внешней среды. |
| 1969 (НРБ-69) Категория А Категория Б Все население | 5 0,5 0,17 (5 бэр за 30 лет) | 16 | Впервые введено понятие "предел дозы" (ПД) возможного облучения ограниченной части населения (категория Б) и всего населения (категория В). |
| 1976 (НРБ-76) Категория А Категория Б | 5 0,5 | 17 | |
| 1987 (НРБ-76/87) Категория А Категория Б | 5 0,5 | 18 | |
| 1996 (НРБ-96) Категория А Категория Б | 5 0,5 | 19 | На основании Федерального закона [20] указанные допустимые пределы доз введены в действие с 1 января 2000 года. |

4.4. ЗОНЫ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

При подготовке и проведении промышленных подземных ядерных взрывов с выбросом грунта особое внимание уделялось оценке масштабов и степени радиоактивного загрязнения окружающей среды, то есть определению размеров зон радиационного воздействия. Причем положение и размеры таких зон определялись не только на период формирования следа радиоактивного загрязнения, когда происходит максимальное радиационное воздействие на население, но и на последующий период - период длительного или постоянного проживания людей на загрязненной территории. Поэтому при определении размеров зон радиационного воздействия и возможности последующего хозяйственного использования загрязненной территории применялся весь комплекс довольно сложных закономерностей формирования доз внешнего и внутреннего облучения людей, а также

учитывалось большое количество исходных данных, включая условия проживания местного населения и рационы его питания.

В соответствии с работой [8] исходные данные могут быть трех видов: первичные, производные и стандартные. Первичные данные включают в себя информацию о взрыве (вид взрыва, мощность, состав делящихся материалов, высота подъема верхней кромки облака, направление и скорость среднего ветра по пути движения радиоактивного облака, расположение населенных пунктов относительно точки взрыва и др.). Производные данные - это данные, которые рассчитываются с помощью рекомендуемых соотношений, изложенных в методических пособиях, а также математических моделей оценки доз внешнего и внутреннего облучения. Стандартные данные, которые необходимы для оценки радиационной обстановки, выкопировываются из официальных справочников, справочной литературы и различных Публикаций Международной комиссии по радиационной защите или других авторитетных международных и отечественных организаций. Большой вклад в разработку методических подходов к оценке радиационной обстановки внесли специалисты Института биофизики Минздрава СССР, Института прикладной геофизики Госкомгидромета СССР, Семипалатинского и Новоземельского полигонов и других организаций. Среди этих специалистов особо следует отметить Ю.А. Израэля, А.П. Манжулу, А.Н. Марeya, В.Г. Рядова, К.И. Гордеева, В.М. Лоборева, Ю.С. Степанова и многих других.

Во всех алгоритмах расчета доз облучения населения после проведения ядерных взрывов основным параметром являлась величина мощности дозы гамма-излучения на открытой местности. Этот параметр определялся либо путем прямого измерения на местности с помощью дозиметрического прибора, либо путем поиска в архивах материалов с результатами радиационных разведок. При прогнозировании радиационной обстановки величина мощности дозы излучения определялась расчетным путем, для чего использовались указанные выше необходимые исходные данные.

Размеры зон радиоактивного загрязнения местности и возможные дозы облучения населения в этих зонах после подземного ядерного взрыва с выбросом грунта определялись расчетным путем. В "Нормах радиационной безопасности" периода осуществления промышленных ядерных взрывов, как и в современных НРБ-99 [10], содержались рекомендации о необходимости устанавливать вокруг радиационно опасных объектов так называемые контролируемые зоны, включающие в себя санитарно-защитные зоны и зоны наблюдения. Поэтому в интересах обеспечения радиационной безопасности и реализации необходимого объема мероприятий по

радиационной защите персонала и населения при проведении промышленных ядерных взрывов было решено устанавливать подобные контролируемые зоны. В пределах санитарно-защитной зоны (СЗЗ) уровень облучения людей мог превысить установленный предел дозы (ПД), поэтому в момент проведения взрыва и в период формирования радиоактивного следа в этой зоне исключалось пребывание населения [11]. В более удаленной от места взрыва зоне - зоне наблюдения (ЗН) - вводились лишь частичные ограничения для проживания населения на ее территории. Эти ограничения, в частности, использование жилых и производственных помещений в качестве укрытий в период прохождения шлейфа и облака взрыва, были направлены на снижение уровня радиационного воздействия до допустимых пределов.

Известно, что максимальные величины доз облучения населения могут наблюдаться на оси радиоактивного следа. В связи с некоторой неопределенностью положения самого следа и его оси в пределах рабочего сектора оценка дозовых нагрузок проводилась по ожидаемым на оси следа величинам доз облучения критических групп населения, к которым относятся дети и та часть жителей, которая длительное время находится на открытой местности (строители, механизаторы и др.).

Таким образом, если учитывать определенные неточности в расчете доз облучения населения, а также неопределенности в поведении некоторой части представителей критических групп населения, то прогнозируемые размеры санитарно-защитных зон и зон наблюдения следует увеличивать примерно на 20-25 %, учитывая при этом и возможность возникновения различного рода случайных (аварийных) ситуаций. Наиболее вероятная схема прогнозируемого при подготовке и проведении подземного ядерного взрыва зонирования загрязненной территории приведена на рис. 4.3.

Внутренней (ближней к месту взрыва) границе зоны наблюдения соответствует такое расстояние от эпицентра взрыва, начиная с которого необходимость в проведении каких-либо ограничительных мероприятий отсутствует. На дальней границе этой зоны доза внешнего облучения может составлять 30 % от величины дозы, установленной для профессионалов (персонала) [3].

Деятельность персонала в пределах санитарно-защитной зоны, установленной после формирования следа, должна была регламентироваться и контролироваться службой радиационной безопасности. Следует отметить, что размеры контролируемых зон, которые устанавливались сразу после проведения промышленного ядерного взрыва с выбросом грунта, должны были, в отличие от размеров аналогичных зон вблизи других радиационно



Рис. 4.3. Схема зонирования территории при подготовке и проведении подземного ядерного взрыва с выбросом грунта.

опасных объектов, например, предприятий атомной промышленности, периодически пересматриваться, поскольку в результате распада продуктов взрыва происходит снижение уровней радиационного воздействия во времени.

Установленные перед взрывом размеры зон обязательно уточнялись после проведения взрыва и выполнения комплекса работ по определению реальной радиационной обстановки. Затем, основываясь на закономерностях снижения уровней радиационного воздействия, устанавливались сроки пересмотра и сокращения размеров зон, что способствовало возможности продолжать ведение обычной хозяйственной деятельности на территории, которая ранее была отнесена к санитарно-защитной зоне.

При оценке масштабов и степени радиационного воздействия продуктов подземных ядерных взрывов с выбросом грунта большое значение имело определение величин коллективных доз облучения населения в различных зонах, поскольку, как известно, распространение радиоактивных веществ при таких взрывах происходит не только в ближней к взрыву или промежуточных зонах выпадений, но и в дальней зоне. Иначе говоря, распространение радиоактивных продуктов после взрывов имеет глобальный характер, по мере удаления от эпицентра взрыва дозы излучения резко уменьшаются и становятся сопоставимыми с естественным фоном.

Так, например, о глобальном распространении радиоактивных продуктов после подземных ядерных взрывов с выбросом грунта свидетельствуют данные о перемещении облака взрыва мощностью 20-150 кт, произведенного 18.12.1966 г. на Семипалатинском полигоне [7,9]. После этого взрыва образовавшееся облако поднялось

на высоту до 3000 м, диаметр воронки на гребне навала составил 404 м. Облако взрыва перемещалось по ветру в юго-западном направлении. Радиоактивные массы воздуха, достигнув рубежа озера Балхаш, разделились на две части (ветви): западная ветвь на высотах до 1500 м повернула на северо-запад и стала перемещаться в направлении городов Куйбышев и Пенза, вторая ветвь на высотах 1500-3000 м направилась на юго-восток и на исходе первых суток покинула пределы территории СССР. Подобные картины наблюдались не только после взрывов в СССР, но и в США, например, после взрыва "Sedan", произведенного 06.07.1962 г. [21].

Поскольку при испытаниях ядерного оружия и проведении подземных ядерных взрывов для промышленных целей происходило распространение радиоактивных веществ на большие расстояния, то, естественно, возникла объективная необходимость в организации и проведении постоянного контроля за радиационной обстановкой на всей территории бывшего СССР.

4.5. КОНТРОЛЬ ЗА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКОЙ НА ТЕРРИТОРИИ СССР

В середине 50-х годов Советом Министров СССР были приняты конкретные действия по организации на территории страны контроля за уровнем радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды продуктами ядерных взрывов, а также за состоянием здоровья населения, проживавшего в тех районах, территории которых были загрязнены радиоактивными выпадениями. Постановлением от 14.04.1956 г. № 468-280 "Об утверждении Положения о местной противовоздушной обороне Союза ССР" Совет Министров СССР обязал ряд министерств и ведомств, в их числе и Министерство здравоохранения СССР, создать на крупных пищевых предприятиях, базах, складах, элеваторах и т.д. специальные лаборатории для определения с помощью анализов степени загрязнения радиоактивными и отравляющими веществами различного продовольственного сырья, продуктов питания и др.

Постановлением от 18.03.1957 г. № 289-140 "Об обеспечении систематических наблюдений за степенью радиоактивности атмосферного воздуха, почвы и воды на территории СССР", изданным в дополнение к Постановлению от 14.04.1956 г., Совет Министров СССР в целях обеспечения систематических наблюдений за степенью загрязнения объектов окружающей среды различными вредными агентами обязал Министерство здравоохранения СССР и Министерство внутренних дел СССР подготовить сеть лабораторий к проведению анализов проб воздуха, почвы и воды для определения содержания в них радиоактивных веществ.

Этим же Постановлением Институт атомной энергии им. И.В. Курчатова был обязан в течение 1957-58 гг. продолжить работы по обработке проб, поступаемых с гидрометеорологических станций, находящихся в самых различных районах страны, а также проводить лабораторную обработку материальных носителей информации о степени радиоактивного загрязнения атмосферного воздуха, осадков, почвы и воды.

Постановлением от 04.02.1961 г. № 103-41 "О создании общегосударственной радиометрической службы наблюдения и информации" Совет Министров СССР обязал

- Главное Управление гидрометеослужбы организовать в 1961 г. на базе существующей гидрометеорологической сети общегосударственную радиометрическую службу и осуществить в 1961-62 гг. по согласованию с Министерством среднего машиностроения и Министерством обороны СССР рациональное размещение существующих и организацию новых пунктов наблюдения за радиоактивностью воздуха, осадков, воды, поверхности почвы и снега;
- Министерство здравоохранения СССР проводить наблюдение за степенью загрязнения водоемов, используемых в целях промышленного и питьевого водоснабжения;
- Госкомитет по использованию атомной энергии СССР осуществлять координацию научно-исследовательских работ в области создания методов и приборов, необходимых для изучения степени радиоактивного загрязнения воздуха, осадков, воды, поверхности почвы, снега, а также определять возможность использования соответствующих приборов и аппаратуры при проведении таких работ.

Постановлением от 21.04.1962 г. № 369-169 "О мерах учинения контроля опасности радиоактивных выпадений на территории СССР" Совет Министров СССР возложил на 3-е Главное управление при Минздраве СССР обязанности по определению степени опасности различных уровней радиоактивных выпадений и плотностей загрязнения объектов окружающей среды для здоровья населения страны и по своевременной разработке соответствующих мероприятий. Этим же Постановлением Совмин СССР обязал такие министерства и ведомства, как Министерство обороны СССР, Главное управление гидрометеослужбы СССР, Госкомитет по использованию атомной энергии СССР и Министерство геологии и охраны недр СССР представлять в 3-е Главное управление при Минздраве СССР всю информацию о степени радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды.

Следующим, наиболее важным документом стало Постановление от 21.11.1964 г. № 948-370 "Об усилении контроля в области радиационной, бактериологической и химической защиты объектов внешней среды, пищевого сырья, продуктов питания и фуража", в котором Совет Министров СССР возлагал на ряд министерств и ведомств следующие обязанности:

- на Министерство здравоохранения СССР, то есть на 3-е Главное управление, была возложена вся полнота ответственности за достоверность информации о радиационной обстановке в стране и за оценку степени влияния радиоактивных выпадений на здоровье населения. Кроме того, Минздраву СССР было поручено осуществлять выборочный радиологический контроль за уровнем загрязнения пищевого сырья и продуктов питания;
- Госкомитет заготовок СССР и Главное управление мобрезервов СССР обязаны были организовать лабораторный контроль за радиоактивным загрязнением зерна, хлебопродуктов и других пищевых продуктов, поступавших на склады, элеваторы и мельницы и находившихся в государственном резерве;
- Государственный производственный комитет по рыбному хозяйству СССР нес ответственность за организацию и проведение лабораторного контроля за радиоактивным загрязнением продукции речного и морского промыслов;
- Министерству сельского хозяйства было поручено организовать лабораторный контроль за радиоактивным загрязнением сельскохозяйственных животных и растений, продуктов животноводства и растениеводства.

В соответствии с этим Постановлением Совета министров СССР в период реализации Программы мирного использования ядерной энергии в стране сложилась и надежно функционировала система контроля за радиационной обстановкой. Так, под руководством Главного управления гидрометеослужбы при Совете Министров СССР контроль за радиоактивными выпадениями и плотностями загрязнения поверхностного слоя почвы и снежного покрова проводился в более чем 500 пунктах, расположенных в различных регионах страны. Создана была сеть опорных станций, на которых проводился радиоизотопный анализ различных проб окружающей среды. Из этих пунктов и станций наблюдения вся информация оперативно поступала в филиал Института прикладной геофизики, расположенный в г. Обнинске, где она анализировалась с помощью электронно-вычислительных машин, а по результатам анализов готовились полугодовые отчеты о радиационной обстановке на территории СССР. В случае появления в атмосфере "свежих" продуктов ядерного деления или резкого повышения радиоактив-

ности воздуха или атмосферных осадков Главное управление гидрометеослужбы СССР обязано было информировать об этом все заинтересованные министерства и ведомства.

В системе Министерства здравоохранения СССР действовала сеть радиологических групп (около 200), организованных на базе санэпидстанций, которые располагались в каждой области нашей бывшей большой страны. Кроме специалистов, входивших в состав радиологических групп, в исследованиях радиационной обстановки принимали участие специалисты Института биофизики Минздрава СССР (ныне ГНЦ - ИБФ) и его филиалов, а также Ленинградского научно-исследовательского института радиационной гигиены Минздрава РСФСР. Специалисты этих Институтов, наряду с изучением масштабов и степени радиоактивного загрязнения биосферы и определением возможного уровня поступления радиоактивных веществ в организме людей, обобщали всю поступающую в 3-е Главное управление при Минздраве СССР информацию о радиоактивном загрязнении территорий различных регионов страны, по результатам анализов которой составлялись полугодовые справки и обобщающие отчеты о радиационной обстановке в целом по стране, а также принимали участие в разработке мероприятий по обеспечению общей и радиационной безопасности персонала и населения при проведении промышленных ядерных взрывов. Ежегодно в начале года Минздрав СССР совместно с Главным управлением гидрометеослужбы СССР информировали ЦК КПСС и Совет Министров СССР о радиационной обстановке на территории бывшего Советского Союза.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 4

1. Радиация. Дозы, эффекты, риск. Пер. с англ. - М.: Мир, 1988. - 79 с.
2. Калитаев А.Н., Логачев В.А., Мясников В.В., Пятибратов В. Г. и др. Защита от оружия массового поражения. 2-е изд. перераб. и дополн. - М.: Воениздат, 1989. - 398 с.+илл.
3. Степанов Ю.С. Радиационная безопасность населения при проведении промышленных подземных ядерных взрывов с экскавацией грунта. Дис. на соиск. уч. ст. докт. техн. наук. - Москва, 1985. - 305 с.
4. Атомные взрывы в мирных целях. / Сб. статей под ред. И.Д. Морозова. - М.: Атомиздат, 1970. - 124 с.
5. Израэль Ю.А. Радиоактивные выпадения после ядерных взрывов и аварий. - С-Петербург, "Прогресс-погода", 1996. - 355 с.

6. Ахметов М.А., Дубасов Ю.В., Искра А.А., Логачев В.А., Матушенко А.М. и др. Характеристика исходных данных радиационного состояния эпицентральной зоны объекта "Чаган" - экскавационного подземного ядерного взрыва для создания искусственного водохранилища. // Известия НАН Республики Казахстан. Серия физ.-мат. 1994, № 6. - С. 79-97.
7. Испытания ядерного оружия и ядерные взрывы в мирных целях СССР. 1949-1990 гг. / Кол. авторов под рук. В.Н. Михайлова. - Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 1996. - 66 с.
8. Оценка поглощенных и эффективных доз ионизирующих излучений у населения, постоянно проживавшего на радиоактивных следах атмосферных ядерных взрывов. Методические указания (проект). / Кол. авторов под рук. К.И. Гордеева. - М.: ГНЦ РФ - ИБФ, 1997. - 126 с.
9. Гордеев К.И. Основные закономерности формирования доз внешнего и внутреннего облучения на следах подземных ядерных взрывов. Дисс. на соиск. уч. ст. докт. техн. наук. - Москва, 1970. - 339 с.
10. Чухин С.Г. Радиационная безопасность при мирном использовании подземных ядерных взрывов. - М.: Деп. рукопись в ВИМИ, 1986. - 524 с.
11. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). Гигиенические нормативы. - М.: Центр сан.-эпид. нормир., гигиен., сертификации и экспертизы Минздрава России, 1999. - 116 с.
12. Мясников К.В., Чухин С.Г., Иличев В.А. Радиационная безопасность при мирных ядерных взрывах. - М.: ВНИПИПромтехнологии. Доклад на конф., 1993. - 23 с.
13. Логачев В.А., Логачева Л.А. Изменение во времени взглядов на критерии и методы обеспечения радиационной безопасности населения. // Вестн. науч. прогр. "Семипалатинский полигон-Алтай", 1995, № 3. - С. 42-49.
14. Санитарные правила работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений (СП-333-60). Утверждены М. Никитиным (Госсаннадзор) 25.06.60 г. и введены в действие в 1961 г.
15. Временные предельно допустимые уровни загрязненности радиоактивными веществами продуктов питания, воды, воздуха и различных объектов. Утверждены начальником 3-го ГУ при Минздраве СССР А.И.Бурназяном и главным санитарным врачом СССР Е.И.Смирновым в 1961 г.
16. Нормы радиационной безопасности (НРБ-69). - М.: Атомиздат, 1970.
17. Нормы радиационной безопасности (НРБ-76). - М.: Атомиздат, 1978, 55 с.
18. Нормы радиационной безопасности (НРБ-76/87) и Основные санитарные правила (ОСП-72/87). - М.: Энергоатомиздат, 1988.- 160 с.
19. Нормы радиационной безопасности (НРБ-96): Гигиенические нормативы. -М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России. 1996.- 127 с.
20. Федеральный закон "О радиационной безопасности населения" от 9 января 1996 года № 3-ОРЗ. "Российская газета" 17 января 1996 года.
21. Проект "Седан". Радиоактивная пыль от подземного ядерного взрыва на расстоянии от 3 до 150 миль от эпицентра. Пер. с англ. № 976. - М.: Инст.прикл. геофизики, 1966. - 39 с.

Глава 5

РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ ПЕРВОГО ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ВЗРЫВА "ЧАГАН" И ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ И ПЕРСОНАЛА

Одно из первых направлений Программы промышленного использования подземных ядерных взрывов с выбросом грунта было связано с решением такой важной проблемы, как обеспечение водой засушливых территорий южных регионов бывшего СССР. В частности, это касалось и территорий ряда областей Казахской ССР, а именно, Семипалатинской, Кустанайской, Целиноградской, Павлодарской и Гурьевской, реки которых отличались непостоянным стоком, что затрудняло ведение сельскохозяйственного производства. Во время весенних половодий реки этих областей несут большое количество воды, а в летний период либо совсем пересыхают, либо имеют незначительный сток. Если создать в долинах таких рек глубокие воронки, способные "принимать" 3-5 млн. м³ и даже более воды и при этом иметь малое зеркало испарения, то в засушливое время года использование воды из таких воронок могло бы решить проблему снабжения водой больших по площади территорий.

Первым опытно-промышленным экспериментом, который был проведен в интересах получения информации о возможности применения подземных ядерных взрывов для образования таких воронок, а также для того, чтобы показать и полезность, а может быть, и необходимость использования ядерных зарядов в создании водохранилищ в засушливых районах страны, стал подземный ядерный взрыв с выбросом грунта, осуществленный 15.01.1965 г. Этот взрыв был произведен в 12 часов по местному времени в месте слияния рек Чаган и Аши-Су в урочище Балапан, расположенном на Семипалатинском испытательном полигоне, в точке с координатами 49°56'06,0" с.ш. и 79°00'33,7" в.д. Подготовка и

проведение взрыва осуществлялись по специальному проекту, содержащему комплекс мероприятий по обеспечению радиационной и сейсмической безопасности населения и персонала.

Для организации и проведения эксперимента была создана Государственная комиссия под председательством Г.А. Цыркова. Научным руководителем работ был назначен Д.А. Фишман, первым заместителем - генерал Н.Н. Виноградов, ответственным за подготовку и подрыв заряда, разработанного специалистами ВНИИЭФ, - И.Ф. Турчин. Работу по подготовке и осуществлению эксперимента обеспечивали В.И. Канарейкин, А.А. Бурлаков, М.Ф. Мокшенов, А.Ф. Белоусов, Ю.Т. Бойцов и другие.

При проведении эксперимента присутствовали Министр среднего машиностроения Е.П. Славский, заместитель Министра здравоохранения и руководитель Службы радиационной безопасности страны А.И. Бурназян, а также руководители Семипалатинской области во главе с секретарем обкома КПСС Карпенко.

В оценке масштабов и степени радиоактивного загрязнения окружающей среды после взрыва принимали участие специалисты ПромНИИпроекта (ныне ВНИПИпромтехнологии), Института прикладной геофизики Госкомгидромета СССР, Института биофизики Минздрава СССР и ЦНИИ 12 ГУ Минобороны СССР (ныне Центральный физико-технический институт МО РФ).

В результате механического эффекта взрыва образовалась воронка глубиной 100 м и объемом примерно 6 млн. м³, а выброшенный при этом грунт привел к образованию по контуру воронки навала высотой 20-35 м, который перекрыл русло реки Чаган [1]. На рис. 5.1 представлена фотография, наглядно иллюстрирующая результат взрыва. Впервые эта фотография была опубликована в 1970 г. в книге [2].



Рис. 5.1. Общий вид воронки, образованной 15.01.1965 г. подземным ядерным взрывом в скважине 1004.

Заполнение воронки водой, согласно проекту, должно было происходить за счет весеннего паводка реки Чаган, для чего предусматривалось строительство канала. В марте-апреле того же года такой канал был прорыт с использованием химических взрывчатых веществ. После проведения всех строительных работ образовались два больших водоема: внутренний (объем 7 млн. км³, площадь водной поверхности около 0,15 км², средняя глубина 43 м и максимальная - до 100 м) - в воронке и внешний (объем 10 млн. м³, площадь около 3,5 км², средняя глубина 22 м) - за счет заполнения водой поймы рек Чаган и Ащи-Су. Навал грунта, перекрыв русла этих рек, стал выполнять роль плотины. Через два года в обоих водохранилищах появилась рыба (сорога, линь, сазан и др.), а воду из них местное население стало использовать для водопоя скота.

Этот объект по методам строительства, а именно, по причине использования для его создания ядерного заряда, можно отнести к разряду уникальных. Оценке радиационной обстановки на искусственно созданном объекте и на близлежащих к нему территориях большое внимание уделяли специалисты многих научных учреждений бывшего СССР в ходе выполнения радиационных исследований в рамках различного рода научных комплексных программ (Ю.А. Израэль, С.И. Макерова, В.А. Логачев, В.Н. Петров, Ф.Я. Ровинский, В.Г. Рядов, А.А. Тер-Сааков, С.Л. Турапин и другие), а также радиоэкологических обследований, продолжавшихся в течение многих лет в рамках реализации частных программ (Ю.В. Дубасов, К.И. Гордеев, В.М. Завьялов, А.Б. Иванов, А.С. Кривохатский, В.М. Лоборев, А.М. Матущенко, Л.Б. Прозоров, Ю.С. Степанов, Е.Д. Стукин, Г.А. Шевченко, С.Г. Чухин и другие). Изучение радиоэкологического состояния этого объекта и местности вокруг него было продолжено в 90-е годы уже в рамках выполнения международных программ мониторинговых наблюдений (А.А. Искра, Ю.В. Дубасов, В.А. Логачев, А.М. Матущенко, С.Г. Смагулов, А.К. Чернышев и многие другие) [1]. Большой вклад в изучение и оценку современной радиационной обстановки в районе так называемого озера Чаган вносят специалисты Национального ядерного центра Республики Казахстан, который находится на территории бывшего административно-научного центра уже несуществующего Семипалатинского испытательного полигона - в г. Курчатове (Ш.Т. Тухватулин, М.А. Ахметов, Л.Д. Птицкая, В.Р. Бурмистров, О.И. Артемьев и другие.).

Следует отметить, что, начиная с 1970 г., во многих отечественных публикациях достаточно подробно излагались и комментировались цель и технология проведения первого в СССР опытно-промышленного ядерного взрыва "Чаган", а также материалы с

результатами оценки масштабов и степен радиоактивного загрязнения местности, атмосферы и объектов окружающей среды в разные периоды времени после взрыва [2-13]. Кроме того, результаты этого эксперимента публиковались в зарубежной печати и докладывались на различных международных симпозиумах и конференциях [14-16]. Однако, к сожалению, практически во всех этих публикациях и сообщениях отсутствовали сведения об особенностях обеспечения радиационной безопасности персонала и населения при проведении подземного ядерного взрыва с выбросом грунта, предназначенного для решения промышленной задачи. Поэтому в данной главе основное внимание уделено именно этому вопросу. Но прежде, по мнению авторов, следует представить данные о ядерно-физических и технологических характеристиках взрыва "Чаган".

5.1. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЗРЫВА "ЧАГАН"

Район слияния рек Чаган и Аши-Су в урочище Балапан, где был осуществлен первый в СССР подземный ядерный взрыв для промышленных целей, сложен породами нижнекаменноугольного возраста, перекрытыми с поверхности маломощным чехлом (толщина до 5-7 м) третичных и четвертичных образований, представляющих собой буровато-желтые глины. Породы, расположенные ниже, - это туфогенные песчаники, алевроиты, углисто-глинистые сланцы, конгломераты.

Для взрыва использовался специальный ядерный заряд общей мощностью 140 кт (доля мощности за счет реакций деления равна 7 % [1]), который был размещен в скважине на глубине 178 м. В радиусе образования котловой полости находились сланцы влажностью около 7 % [17]. В породе, прилегающей к центру взрыва, содержалось 2,9 % натрия, 8 % железа и 0,06 % марганца. Под действием нейтронов, испускаемых ядерным взрывом, химические соединения этих элементов образовывали основную долю так называемой наведенной активности.

Сечение устья скважины на глубину до 5 м имело диаметр около 1900 мм и было обсажено трубой, внутренний диаметр которой составлял 1892 мм, а толщина стенки - 16 мм. Ниже, на глубину до 12 м, обсадная труба имела внутренний диаметр 1632 мм, а толщина ее стенки составляла также 16 мм. В скважину на глубину до 82 м была опущена колонка обсадных труб диаметром внутри 1220 мм и толщиной стенок 14 мм. Ниже отметки 82 м обсадных труб не было. Контейнер с ядерным зарядом имел диаметр 860 мм и длину 3 м, причем центр детонации

располагался на расстоянии 1 м от верхней кромки контейнера. Чтобы не допустить выброса радиоактивных продуктов взрыва через скважину, ее заполнили водой.

Внешняя картина взрыва регистрировалась кино-фотоаппаратурой с расстояний 5, 11 и 17 км. Интенсивность сейсмозврывных волн измерялась в зоне от 1 до 1000 км.

Примерно через 40 мсек после подрыва заряда началось фонтанирование воды из скважины и характерное вспучивание грунта диаметром около 600 м у основания. Начальная скорость подъема купола грунта в эпицентре взрыва составляла 100 м/сек. Спустя 2,5 сек после взрыва наблюдался прорыв через слой раздробленной породы раскаленных газов с образованием видимых очагов свечения. К этому времени скорость движения породы вверх составляла 160 м/сек, то есть достигла максимума, затем начала быстро снижаться.

В конце шестой секунды в верхней части столба сформировалось быстро расширяющееся конденсационное облако. Примерно на 10-й секунде столб выброса достиг максимальной высоты, равной 950 м, а диаметр составил 800 м.

В результате падения и дробления грунта у основания султана выброса начала образовываться базисная волна, представляющая собой кольцевое облако пыли, которое распространялось в разные стороны с небольшой скоростью. Достигнув размеров в диаметре около 5000 м при высоте подъема пыли 500-750 м, движение фронта базисной волны практически прекратилось. В последующем облако пыли базисной волны смешалось в северо-западном направлении, а центральное пылевое облако сносилось ветром в северо-восточном направлении.

В течение последующих 30 минут пыль в районе проведения взрыва в основном рассеялась, на поверхности земли вокруг образовавшейся воронки стал виден навал грунта высотой до 20-35 м и диаметром 900-1000 м. К этому времени облако взрыва, поднявшись на высоту до 4800 м, разделилось на две части в соответствии с направлением ветра на разных высотах, формируя локальный след радиоактивного загрязнения. Через 15 минут после взрыва максимальные уровни радиации в облаке взрыва составляли 180 Р/ч, а через 3,5 часа - лишь 0,1 Р/ч.

Как известно, закономерности формирования радиационной обстановки в значительной степени зависят от состояния погоды и, в первую очередь, от состояния атмосферы. Погода в районе взрыва "Чаган" при его проведении была обусловлена восточной периферией циклона и влиянием с юго-запада теплого воздушного фронта. Слоистая облачность сплошного характера располагалась на

высоте 2200 м, а расположенная ниже облачность в 5 баллов имела нижнюю границу на высоте около 800 м. Горизонтальная видимость составляла 8-10 км, наблюдалась слабая дымка, температура воздуха была $-2,4^{\circ}\text{C}$ [18].

Формирование и облака взрыва, и радиоактивного следа происходило при аномальном распределении температуры и ветра по высоте. При этом слой атмосферы от поверхности земли и до максимальной высоты подъема облака, равной 4800 м, имел следующие характеристики:

- на высоте до 750 м располагался задерживающий слой воздуха с изотермическим ходом температуры;
- на высоте от 750 м до 2500 м находился задерживающий слой с инверсионным ходом температуры, когда температура воздуха повышается с увеличением высоты;
- выше 2500 м располагался слой воздуха с нормальным ходом температуры, то есть, чем выше от поверхности земли, тем температура воздуха ниже.

Кроме такого необычного распределения температуры по высоте наблюдался и значительный разворот ветра по направлению с увеличением высоты (почти на 100° вправо в пределах максимальной высоты подъема облака). Сочетание этих факторов привело к образованию локального радиоактивного следа сложной конфигурации, схема которого представлена на рис. 5.2. Так, радиоактивные аэрозоли в слое от 0 до 750 м перемещались по азимуту 330° и сформировали загрязнение местности за счет выпадений из базисной волны. Нижняя часть облака взрыва, находившаяся в слое от 750 м до 2500 м, образовала "северную ветвь" следа с осью по азимуту $40-47^{\circ}$, а верхняя его часть, поднимавшаяся выше 2500 м, перемещаясь по азимуту 70° , сформировала "южную ветвь" следа. Скорость ветра при формировании "северной ветви" составляла 22 км/ч, "южной" - 40 км/ч, фронт базисной волны перемещался со скоростью 17 км/ч.

Данные об уровнях радиации на осях и "северной", и "южной" ветвей следа приведены в табл. 5.1.

Следует отметить, что повышенные уровни радиации были зафиксированы и в г. Семипалатинске, где через 3 часа после взрыва (в 15 часов по местному времени) мощность дозы гамма-излучения достигла максимума, составив примерно 8 мР/ч. Возможно, это стало причиной повышенного выхода радиоактивных продуктов в атмосферу, который, по оценкам специалистов, мог быть равен 20 % из-за того, что ядерный заряд, при его несколько большем энерговыделении (140 кт), был заложен на глубине, соответствующей проектной мощности, равной 100 кт. Прохождение

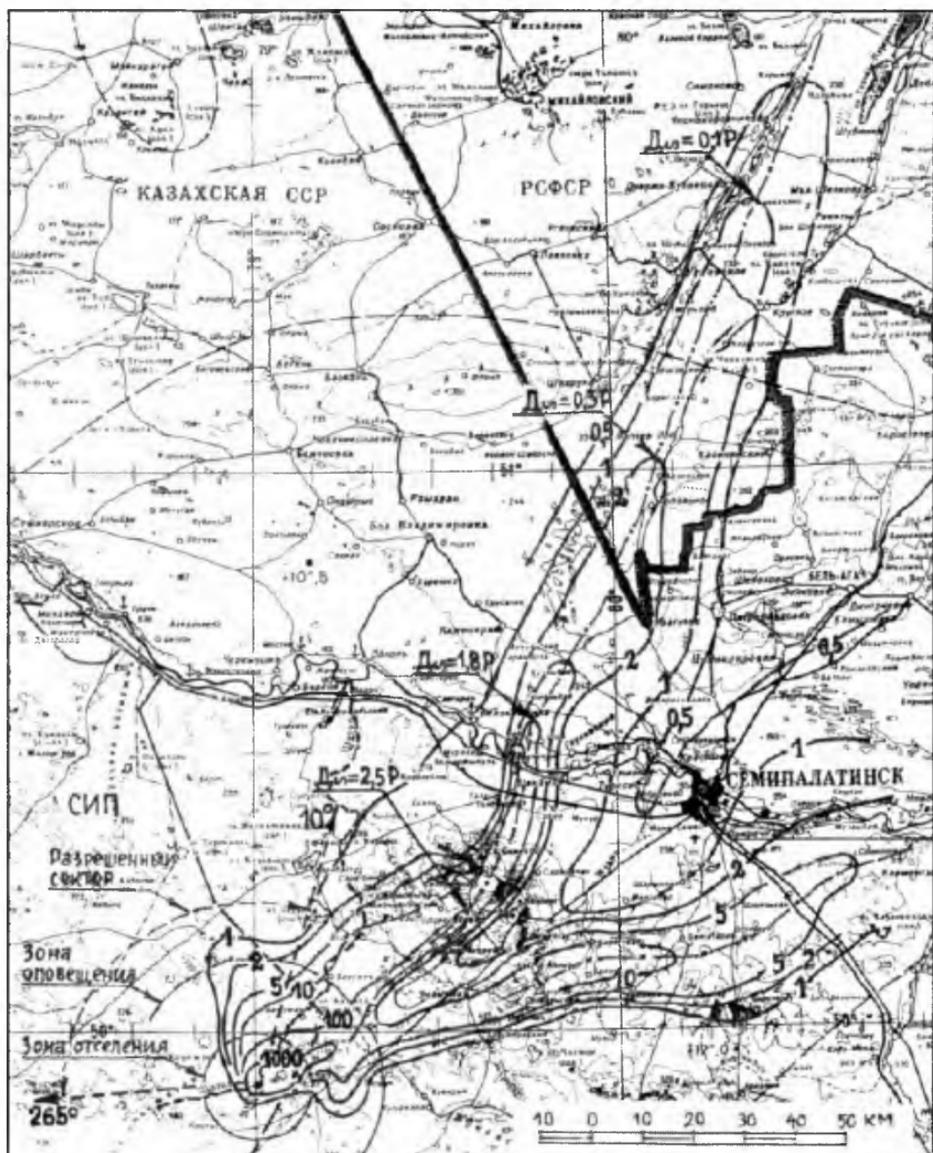


Рис. 5.2. Схема следа радиоактивного загрязнения и зон безопасности после подземного ядерного взрыва с выбросом грунта (скважина 1004), предназначенного для создания искусственного водоема.

Условные обозначения:

- 5— - мощность дозы гамма-излучения через 24 часа после взрыва мР/ч;
- D_{50} - доза на местности до полного распада РВ, Р;
- . - - ось следа.

Мощности доз гамма-излучения на территории радиоактивного следа, образовавшегося после подземного ядерного взрыва с выбросом грунта в скважине 1004 (взрыв "Чаган"), на время "Ч+24" [18]

| Ось ветви следа | Уровни радиации на разных расстояниях (км) от центра взрыва на время "Ч+24", мР/ч | | | | | | | | | | |
|------------------|---|------|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 3 | 6 | 8 | 15 | 24 | 30 | 37 | 49 | 60 | 70 |
| "Северная" ветвь | 25000 | 3300 | 875 | 460 | 160 | 50 | 35 | 45 | 26 | 7 | 4 |
| "Южная" ветвь | - | - | - | - | 35 | 30 | 17 | 12 | 7 | 5 | 4 |

облака над городом продолжалось около 3 часов, однако уже в 17 часов по местному времени уровни радиации по показаниям дозиметрических приборов стали снижаться. По приведенным в работе [19] данным доза облучения от проходящего облака могла составить примерно 0,05 мЗв, а от радиоактивных выпадений на местность - 1,0-1,5 мЗв. Через 10 дней после взрыва мощность дозы гамма-излучения в г. Семипалатинске достигла фоновых значений. В ряде населенных пунктов, расположенных на следе облака ближе к центру взрыва, а именно, в поселках Знаменка и Иса уровни радиации снизились до фоновых значений через 30 дней, а в поселке Сарапан - только через 1,5 года.

К сожалению, после взрыва "Чаган" со стороны США была предпринята попытка предъявить Советскому Союзу претензии за якобы обнаруженные за пределами территориальных границ СССР радиоактивные продукты этого взрыва, а значит, за нарушение имеющихся международных договоренностей, касающихся правил проведения подземных ядерных взрывов. По дипломатическим каналам в США было направлено разъяснение, в котором, в частности, сообщалось, что *"...взрыв проводился глубоко под землей, а количество проникших в атмосферу радиоактивных отходов было столь мало, что вероятность их выпадения за пределами советской территории должна быть исключена"* [20]. После ряда последующих контактов советских и американских дипломатов этот вопрос был закрыт.

В результате проведения первого опытно-промышленного ядерного взрыва образовалась воронка с навалом выброшенного вокруг нее грунта (См. рис. 5.1.). На рис. 5.3 приведена фотография участников этого взрыва на фоне навала грунта вокруг воронки. Размеры воронки по данным аэрофотосъемки масштаба 1:1000 и промеров ее дна с поверхности воды были следующие [17]:



Рис. 5.3. На берегу «искусственного» озера Чаган.
Справа налево: Б.В. Литвинов, М.Л. Шамаков

- диаметр по гребню навала - 520 м;
- диаметр по начальной поверхности - 400-430 м;
- высота гребня от начальной поверхности - 20-35 м;
- радиус навала пород от эпицентра взрыва - 650 м;
- максимальный разлет отдельных кусков породы от эпицентра взрыва - 900-1000 м;
- объем видимой воронки от гребня - 10300 тыс. м³;
- объем видимой воронки от начальной поверхности - 6400 тыс. м³;
- объем навала пород на бортах воронки - 6600 тыс. м³;
- объем пород, упавших обратно в воронку - 5600 тыс. м³.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что объем образовавшейся воронки позволял использовать ее для создания водохранилища в одном из засушливых районов Казахстана. Интересно отметить факт уменьшения объемов воронки со временем. Так, например, первоначальные углы откосов воронки составили в среднем 40°, а через 3 года после взрыва за счет оползневых процессов они уменьшились до 30°. В результате оползней с бортов в воронку "сползло" 1700 тыс. м³ грунта, что привело к уменьшению глубины ее центральной части примерно на 15-17 м. Это стало причиной сокращения полезного объема воронки с первоначальных 6400 тыс. м³ до 5700 тыс. м³, то есть примерно на 10%.

При проведении гидротехнических исследований было установлено, что навал пород вокруг воронки по своим фильтрационным

свойствам можно использовать в качестве тела плотины с напором до 10 м водяного столба без устройства противофильтрационных экранов. Весной после взрыва долину реки Чаган соединили с воронкой для пропуска талых вод в породах навала, перекрывшего эту долину. Тем самым были созданы условия для образования двух водоемов - внутреннего и внешнего.

В последующем в левобережной части навала была построена каменнонабросная плотина (Рис. 5.4.) с водопропускными сооружениями, что позволило регулировать объем воды во внешнем водоеме, а также сделать его проточным и потому пригодным для разведения рыбы и водопоя скота.

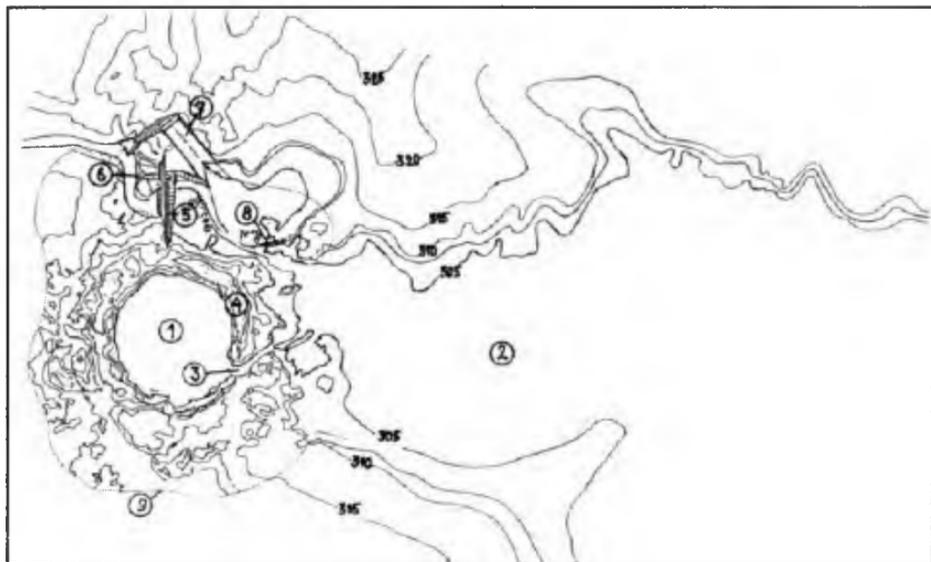


Рис. 5.4. Схема компоновки сооружений искусственного водохранилища на реке Чаган: 1 – внутренний водоем; 2 – внешний водоем; 3 – водоподводящий канал; 4 – навал грунта; 5 – каменнонабросная плотина; 6 – донный водоспуск; 7 – паводковый траншейный водосброс с боковым водосливом; 8 – остатки разрушенной дамбы; 9 – граница зоны навала грунта.

Несомненный интерес могут представлять данные, характеризующие картину распространения сейсмозрывных волн при проведении взрыва "Чаган", поскольку этот вопрос относится непосредственно к проблеме обеспечения безопасности при осуществлении промышленных ядерных взрывов.

Следует отметить, что на самых близких расстояниях, то есть до 10 км, от эпицентра взрыва "Чаган" максимальные смещения и ускорения земной поверхности были связаны с прохождением прямой продольной волны, распространявшейся в верхних слоях. На более

дальних расстояниях прямая продольная волна сменилась головной продольной волной, которая основную часть пути прошла в нижних слоях породы с более высокой скоростью. Максимальные смещения грунта в продольной и головной волнах изменялись от 40 мм на расстоянии 1 км до 0,04 мм на 100 км, а максимальная массовая скорость при прохождении этих сейсмических волн на этих же расстояниях изменялась, соответственно, от 65 см/сек до 0,04 см/сек.

Для оценки интенсивности сейсмического воздействия использовалась 12-бальная шкала MSK-64, которая приведена в табл. 5.2.

Таблица 5.2.

Сейсмическая шкала MSK-64 [21]

| Число баллов | Характеристика сотрясений | Горизонтальное смещение, мм | Максимальная скорость, мм/с |
|--------------|---|-----------------------------|-----------------------------|
| 1. | Колебания отмечаются только приборами | - | <2 |
| 2. | Колебания отмечаются только приборами | - | 2-4 |
| 3. | Колебания ощущаются отдельными людьми | - | 4-8 |
| 4. | Колебания ощущаются людьми, дребезжание стекол | <5 | 8-15 |
| 5. | Обсыпание побелки, качание висячих предметов | 0,5-1 | 15-30 |
| 6. | Тонкие трещины в штукатурке, трещины в печах | 1,1-2 | 30-60 |
| 7. | Откалывание кусков штукатурки, трещины в стенах, повреждение дымовых труб | 2,1-4 | 60-120 |
| 8. | Большие трещины в стенах, падение карнизов, дымовых труб | 4,1-8 | 120-240 |
| 9. | Обрушение стен, перекрытий, кровли в некоторых зданиях | 8,1-16 | 240-480 |
| 10. | Обвалы во многих зданиях, трещины в грунте шириной около 1 м | 16,1-32 | >480 |
| 11. | Обвалы в горах | >32 | - |
| 12. | Изменение рельефа местности | - | - |

В ходе проведения ядерных испытаний было установлено, что при подземном взрыве около 10% энергии выделялось в окружающую среду и распространялось в недрах Земли на различные расстояния в виде сейсмических взрывных волн. По ходу распространения они взаимодействовали с различными слоями пород, что приводило к осложнению волновой картины и преобразованию сферически симметричной взрывной волны в такие типы волн, которые связаны с существованием как свободной поверхности Земли, так и горных пород с разными физико-механическими свойствами. Вызванные сейсмической волной колебания грунта

могли продолжаться десятки секунд, сотрясая здания и сооружения в зонах, размеры которых будут зависеть от мощности подземного взрыва, свойств горных пород, структурно-тектонического строения недр и других факторов.

По результатам анализа экспериментальных данных о последствиях сейсмического воздействия волн различной интенсивности было установлено, что степень повреждения зданий и сооружений прежде всего определяется величиной максимальной горизонтальной скорости движения грунта во время прохождения сейсмозрывной волны. При этом степень повреждения может зависеть не только от параметров сейсмических колебаний, но и от типа зданий, их технического состояния, качества строительных работ и других характеристик.

В ходе эксперимента "Чаган" были получены необходимые исходные данные для определения механического действия взрыва на грунт, а также степени опасности как сейсмического, так и радиационного воздействия на людей и на различные объекты окружающей среды.

Оценка степени радиоактивного загрязнения местности в прилегающей к навалу грунта зоне и непосредственно на навале проводилась специалистами Семипалатинского полигона (в отделах, руководимых С.Л. Турапиным и В.М. Богдановым), ЦНИИ 12 ГУ МО и Военной академии химической защиты.

Основные научно-исследовательские работы по изучению особенностей радиационно-гигиенической обстановки на радиоактивном следе после подземного ядерного взрыва "Чаган" были выполнены сотрудниками Диспансера 4 (главные врачи С.И. Макерова и Л.П. Сгибнева) и Института биофизики Минздрава СССР (директора П.Д. Горизонтов и Л.А. Ильин). Научными руководителями этих работ были В.Г. Рядов, К.И. Гордеев, Г.Е. Смирнов, Ю.С. Степанов. В течение длительного времени в проведении обследований территорий вокруг искусственного озера "Чаган" принимали активное участие сотрудники Диспансера 4 Г.А. Белослюдова, В.И. Дусь, З.И. Зальцман, В.И. Дериглазов, Г.А. Бухтияров, Т.И. Кислякова, Е.Ф. Пинчук, Л.И. Семенова, С.С. Снегирева, Т.М. Юрченко и другие.

5.2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРИМЕНТА "ЧАГАН"

Проектное решение на проведение экспериментального подземного ядерного взрыва на реке Чаган было подготовлено целым рядом научно-исследовательских организаций ведущих министерств и ведомств Советского Союза в соответствии с Программой № 7

по мирному использованию ядерной энергии. Составной частью этого проектного решения стал и "Перечень мероприятий по обеспечению безопасности..." который был утвержден в конце 1964 г. руководителями Минсредмаша СССР, Минобороны СССР и Минздрава СССР и согласован с руководством Главного управления гидрометеослужбы СССР. Фрагмент этого документа приведен на рис. 5.5, а ниже - его основное содержание.

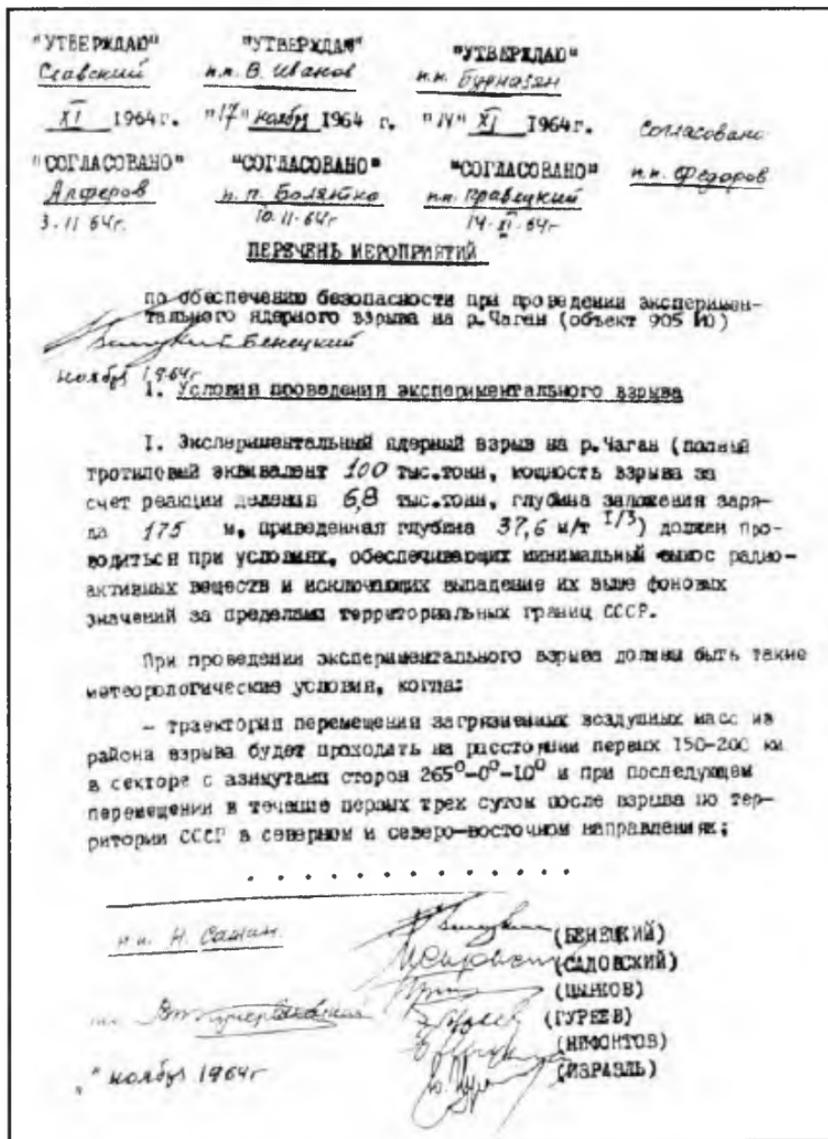


Рис. 5.5. Копия фрагмента документа «Перечень мероприятий по обеспечению безопасности...»

"Перечень..." имел 4 раздела. В разделе 1 "Условия проведения экспериментального взрыва" указывалось, что взрыв 1. "должен проводиться при условиях, обеспечивающих минимальный вынос радиоактивных веществ и исключаящих выпадение их выше фоновых значений за пределами территориальных границ СССР.

При проведении экспериментального взрыва должны быть такие метеорологические условия, когда

- траектория перемещения загрязненных воздушных масс из района взрыва будет проходить на расстоянии первых 150-200 км в секторе с азимутами 265° - 0° - 10° и при последующем перемещении в течение первых трех суток после взрыва по территории СССР в северном и северо-восточном направлениях (разрешенный сектор показан на рис. 5,2.);
- на расстояниях до 200 км от центра взрыва по пути перемещения облака взрыва будут отсутствовать атмосферные осадки.

Выбор метеорологических условий и оценка концентрации радиоактивных продуктов взрыва в воздухе и на поверхности земли проводится группой прогноза при Руководстве испытаниями, в состав которой входят специалисты Центрального института прогнозов ГУГМС, Института прикладной геофизики, ЦНИИ-12, Службы спецконтроля 12 ГУ МО и объекта 905 МО (Семипалатинского полигона).

2. В связи с тем, что при данном экспериментальном взрыве возможны отдельные повреждения и частичное разрушение ветхих построек на расстояниях до 10 км, некоторое повышение радиоактивной загрязненности местности и атмосферы, вынос части радиоактивных продуктов взрыва в реку Чаган, проводится отселение населения, отгон скота из зоны радиусом 10 км на период непосредственной подготовки и проведения опыта с возвратом в эту зону в сроки, определяемые радиационной обстановкой (из зоны радиусом 5 км вывозится сено и фураж). По согласованию с местными партийными и советскими органами осуществляется:

- оповещение населения и вывод людей и скота из построек в зоне радиусом от 10 до 25 км на время прохождения сейсмической волны;
- выполнение после взрыва необходимых ремонтно-восстановительных работ;
- укрытие населения в зданиях в случае повышения радиоактивного загрязнения местности на период прохождения облака взрыва;
- дозиметрическое и радиометрическое наблюдение за объектами внешней среды в населенных пунктах территорий, прилегающих к району взрыва и оказавшихся на следе радиоактивного облака (при необходимости);

- систематическое наблюдение за радиоактивной загрязненностью воды рек Чаган и Иртыш после проведения экспериментального взрыва.

2. Режимные зоны

Для обеспечения безопасности участников испытаний и населения прилегающих районов на период проведения работ создаются следующие режимные зоны.

Зона № 1. Радиус зоны 10 км.

В этой зоне исключается пребывание людей во время взрыва кроме ограниченного числа лиц на наблюдательном пункте и командном пункте автоматики. Список этих лиц утверждается Руководителем испытаний. Гражданское население из зоны № 1 отводится в населенные пункты, удаленные на безопасные расстояния.

За два часа до взрыва участники испытаний в соответствии с утвержденным списком сосредотачиваются на командном пункте автоматики и на наблюдательном пункте. Остальные участники испытаний отводятся за пределы зоны № 1.

В период с "Ч-2" до "Ч-1" производится облет зоны № 1 на самолете или вертолете с целью контроля за выводом людей.

О выводе людей докладывается Руководителю испытаниями.

Вселение жителей в здания зоны № 1 после опыта разрешается после осмотра построек представителями военного командования и проведения необходимых ремонтно-восстановительных работ.

Зона № 2. Радиус зоны 25 км.

В эту зону включается территория, ограниченная... радиусами 10 и 25 км. В зоне за "Ч-1" проводится оповещение населения и вывод людей и скота из построек на время прохождения сейсмической волны.

Зона № 3.

В зону включается местность за пределами зоны № 2 и запретной зоны полигона в секторе допускаемого движения облака взрыва. В этой зоне население о взрыве не оповещается и из домов не выводится.

3. Ответственные за безопасность при проведении экспериментального взрыва

Общая ответственность за соблюдение условий, исключающих выпадение радиоактивных осадков за пределами территориальных границ СССР, а также за обеспечение безопасности участников испытаний и население возлагается на руководителей испытаниями от Минсредмаша и Минобороны СССР.

Ответственность за прогнозирование траектории перемещения воздушных масс из района взрыва возлагается на представителя Центрального института прогнозов ГУГМС.

Ответственность за прогнозирование радиационной обстановки в районе взрыва, оценку возможной концентрации радиоактивных веществ в атмосфере и плотности выпадений их на поверхность Земли на границе СССР и изучение радиоактивного заражения местности, атмосферы и воды рек Чаган и Иртыш возлагается на Институт прикладной геофизики и полигон. Гидрогеологические данные обеспечиваются ГОСНИПИ-14 (ныне ВНИПИпромтехнологии).

Ответственность за организацию службы безопасности и ее деятельность возлагается на начальника полигона.

Ответственность за проведение медицинских мероприятий, связанных с обеспечением безопасности населения, возлагается на представителя Минздрава СССР.

Ответственность за авиационное обеспечение работ и координацию работы авиационных средств изучения радиоактивного загрязнения атмосферы и местности возлагается на представителя 6 Управления ВВС.

Решение по выбору времени испытаний принимается комиссией по проведению испытания и оформляется специальным документом.

При разработке мероприятий по обеспечению радиационной безопасности участников испытаний и населения руководствоваться приказом Министра обороны СССР № 136 от 04.06.1963 г. и "Временными предельно допустимыми дозами внешнего облучения и предельно допустимыми уровнями загрязнения радиоактивными веществами продуктов питания, воды, воздуха и различных объектов (для населения районов, прилегающих к полигонам по испытанию ядерного оружия)", утвержденными заместителем Министра здравоохранения СССР 22.08.1958 г. (Для участников испытаний 15 Р/год (150 мЗв/год), для населения 1,5 Р/год (15 мЗв/год)).

4. Мероприятия по обеспечению безопасности участников испытаний и населения, осуществляемые в подготовительный период после проведения экспериментального взрыва

| № пп | Мероприятия | Кто обеспечивает проведение | Кем контролируется выполнение |
|-----------------------------------|--|--|---------------------------------------|
| 1. Подготовительный период | | | |
| 1. | Создать группу прогноза при Руководстве испытаниями. | 6 Управление 12 ГУ МО | Начальник 6 Управления 12 ГУ МО |
| 2. | Разработать план взаимодействия и создать оперативные группы для организации взаимодействия между ведомствами по изучению радиоактивного загрязнения местности и атмосферы на дальних и сверхдальних расстояниях от места взрыва. | ГУГМС, 6 Управление 12 ГУ МО, 6 Управление ВВС | Начальники учреждений |
| 3. | Укомплектовать службу безопасности полигона. Возложить на нее задачи по обеспечению безопасности. Обеспечить службу безопасности необходимыми средствами и транспортом. | Полигон | Начальник Полигона |
| 4. | Создать отряд воздушной радиационной разведки и обеспечить его всеми необходимыми техническими средствами. Разработать инструкцию о порядке его взаимодействия с наземными подразделениями разведки. | 2 Управление Полигона | Начальник Полигона |
| 5. | Провести оценку фона радиоактивных выпадений и концентрации радиоактивных веществ в воздухе на территории СССР. | 6 Управление 12 ГУ МО | Начальники Управлений |
| 6. | Разработать план взаимодействия представителей военного командования с местными органами власти по осмотру зданий и сооружений населенных пунктов в зоне радиусом 25 км, ремонту зданий, оповещению и выводу населения на момент взрыва. | Полигон | Начальник Полигона |
| 7. | Разработать план и порядок допуска участников испытаний в зону № 1 в подготовительный период и после взрыва, а также план и порядок отвода людей из этой зоны на период взрыва. | Полигон | Начальник Полигона |

| № пп | Мероприятия | Кто обеспечивает проведение | Кем контролируется выполнение |
|-----------------------------------|--|-----------------------------|--|
| 1. Подготовительный период | | | |
| 8. | Разработать инструкцию по обеспечению безопасности после проведения эксперимента при работах в зонах № 1 и № 2 и на площадке П-10. | Полигон | Начальник Полигона |
| 9. | Разработать методiku, порядок работ и инструкцию по отбору проб из воронки взрыва и навала и обеспечению безопасности при отборе проб и их анализе. | ГОСНИПИ-14, Полигон | Начальники Института и полигона |
| 10. | Выбрать пункты контроля за радиоактивным загрязнением воды рек Чаган и Иртыш и обеспечить их необходимыми техническими средствами. | ИПГ, ГОСНИПИ-14, Полигон | Начальники Институты и полигона |
| 11. | Выбрать место для расположения личного состава в период испытаний. Ознакомить участников испытаний с порядком отвода людей из первой зоны в места временной эвакуации, выжидательные районы, наблюдательные и командные пункты. | Полигон | Начальник полигона |
| 12. | Разработать инструкцию по обеспечению безопасности при работах со специзделием во время его транспортировки, сборки, опускания в скважину, а также при работе в районе шахты после опускания специзделия. | КБ-11 Минсредмаша СССР | Руководитель испытаний |
| 13. | Ознакомить весь личный состав с инструкциями и мероприятиями по безопасности. Проверить усвоение требований этих инструкций на частных и генеральной репетициях. | Руководители групп | Начальник службы безопасности Полигона |
| 14. | Оборудовать специальные и приборные сооружения и обогревательные пункты противопожарными и другими материальнотехническими средствами, необходимыми для обеспечения безопасности в подготовительный период и после эксперимента. | Полигон | Начальник Полигона |
| 15. | Создать подразделение на случай проведения аварийных работ. Обеспечить автотранспортом и необходимыми материальными средствами. | Полигон | Начальник полигона |

| № пп | Мероприятия | Кто обеспечивает проведение | Кем контролируется выполнение |
|---|--|---|---|
| 16. | Подготовить необходимое количество пунктов санитарной обработки. Обеспечить участников испытаний индивидуальными средствами защиты и контроля облучения. | Служба безопасности Полигона | Начальник Полигона |
| 17. | Выдать прогноз перемещения воздушных масс из района работ по территории СССР за 72 часа вперед. | ГУГМС | Начальник ГУГМС |
| 18. | Привести в боевую готовность авиационные средства, участвующие в зондировании атмосферы. | 6 Управление ВВС, | Начальник 6 Управления 12 ГУ МО |
| 19. | Привести в боевую готовность планшетные сети Службы спецконтроля и ГУГМС, а также их лаборатории. | 6 Управление 12 ГУ МО | Начальники ГУГМС, 6 Управления 12 ГУ МО |
| 20. | Организовать отвод людей из зоны № 1 в выжидательный район и наблюдательный пункт и провести проверку территории зоны № 1 с целью недопущения пребывания людей в этой зоне в период эксперимента. | Начальник штаба полигона | Начальник Полигона |
| 2. Период после проведения опыта | | | |
| 1. | Организовать радиационную разведку местности в районе взрыва и обозначить границы зоны с опасными уровнями радиации. | Служба безопасности полигона | Начальник Полигона |
| 2. | Провести воздушную радиационную разведку на глубину 500 км в соответствии с прогнозом траектории перемещения облака и уточненными данными о метеобстановке на день испытаний. При необходимости (в случае заноса части радиоактивных продуктов ветром восточнее сектора 10 ⁰) провести наземную разведку и радиометрическое обследование в населенных пунктах, оказавшихся в зоне перемещения шлейфа облака. | 2 Управление Полигона | Начальник Полигона |
| 3. | Организовать наблюдение за распространением (миграцией) радиоактивных веществ с грунтовыми и поверхностными водами в реки Чаган и Иртыш. | ГОСНИПИ-14, ИПГ, 24 Управление полигона | Начальники ГОСНИПИ-14, ГУГМС, Полигона |

Перечень "Мероприятий ..." подписали представитель 12 ГУ МО Бенецкий Г. И., директор Института физики земли АН СССР Садовский М. А., представитель Минсредмаша СССР Цырков Г.А., начальник полигона Гуреев И.Н., Нифонтов Н.К., директор Института прикладной геофизики Израэль Ю. . (См. рис. 5.5.).

Читатель, знакомый с содержанием книг, посвященных принципам обеспечения радиационной и сейсмической безопасности персонала и населения при проведении испытаний ядерного оружия на Семипалатинском и Новоземельском полигонах [22,23], найдет много общего в перечне мероприятий, обеспечивающих безопасность как при осуществлении подземных ядерных испытаний, так и опытно-промышленных ядерных взрывов.

Так, в период проведения подземных ядерных испытаний основным планирующим документом при решении вопросов, связанных с обеспечением безопасности персонала и населения, был "Перечень мероприятий по обеспечению безопасности при проведении испытаний специзделий на Учебном полигоне № 2 Минобороны СССР". Перечень мероприятий, обеспечивающих безопасность при осуществлении промышленных ядерных взрывов с выбросом грунта, также как и при ядерных испытаниях утверждался и согласовывался руководителями союзных министерств, ведомств и их структурных подразделений. Структура "Перечней...", разрабатываемых и для испытаний, и для мирных взрывов, была одинаковой. Как правило, в первых разделах этих документов излагались условия проведения экспериментов, основными из которых были исключение возможности радиоактивного загрязнения территорий с высокой плотностью населения, а также выпадения радиоактивных осадков за пределами границ СССР. Кроме того, вводились различные режимные зоны, назначались ответственные лица за безопасность проведения экспериментов и указывались санитарно-гигиенические нормативы, которыми нужно было руководствоваться при решении вопросов обеспечения безопасности и персонала, и населения. Завершались подобные перечни мероприятий описанием основных правил поведения участников испытаний и населения в подготовительный и другие периоды экспериментальных работ.

Во всех случаях ответственность за прогнозирование траекторий воздушных масс и величин концентраций радиоактивных продуктов на различных расстояниях от места взрыва возлагалась на представителя ГУГМС при Совете Министров СССР (Госкомгидромет). Ответственность за организацию и работу службы безопасности полигона нес начальник полигона, а ответственность за проведение медицинских мероприятий, связанных с обеспечением

безопасности персонала и населения, - представитель Минздрава СССР (3 Главное управление при Минздраве СССР).

Основная часть работ, связанных с обеспечением безопасности населения, проживавшего вне запретной территории полигона, должна была выполняться представителями военного командования (См. п. 6 подготовительного периода в "Перечне мероприятий..."). Это были представители трех категорий: районные, старшие и просто представители. Районные располагались в районных центрах и в наиболее крупных населенных пунктах, старшие - в аулсоветах, правлениях колхозов и т.п., а просто представители - на отдельно расположенных фермах, полевых станах или в бригадах. Кроме того, проведение разъяснительной работы среди населения и осуществление совместно с представителями военного командования мероприятий по обеспечению безопасности людей возлагалось на местные органы советской власти, поэтому в каждый населенный пункт, который по прогнозу мог оказаться в опасной зоне, назначался уполномоченный представитель местных органов советской власти. Эта трудная работа, что особенно следует отметить, требовала знания казахского языка и местных традиций и обычаев.

Вывод людей из опасных зон в выжидательные районы, то есть в зону отселения, осуществлялся в разных направлениях, при этом радиусы отселения тоже были различны. Так, в направлении против ветра радиус был равен 4 км и определялся только сейсмической опасностью, а по направлению ветра в секторе с азимутом $270^{\circ}-0^{\circ}-90^{\circ}$ (См. рис. 5.2.) его размеры доходили до 25 км [24]. На расстояниях от 25 км до 100 км, то есть вплоть до берегов реки Иртыш, в населенных пунктах, где по прогнозу возможно было прохождение радиоактивного облака, размещались группы Службы радиационной безопасности, представители военного командования и научно-исследовательских подразделений полигона и других организаций. По результатам радиационной разведки, которая была проведена после взрыва, и оценки сложившейся обстановки в населенных пунктах, из которых отселялись их жители, а также с учетом снижения уровней загрязнения местности до допустимых пределов принимались решения о возвращении отселенных жителей в места их постоянного проживания и о разрешении ведения обычной хозяйственной деятельности в этих населенных пунктах.

В начальный период после взрыва "Чаган" граница запретной зоны (зоны отселения) проходила по направлению ветра на расстоянии 10 км от эпицентра взрыва, в последующем граница была перенесена практически к краю навала грунта и обозначена соответствующими запретными знаками. К этой зоне в соответствии с требованиями основных санитарных правил [25] прилежала

контролируемая зона, в которой проведение разного рода защитных мероприятий обеспечивало безопасность сотрудников различных исследовательских групп и рабочих, осуществлявших строительство канала через навал грунта для заполнения воронки талыми водами.

На территории, оказавшейся в зоне радиоактивных выпадений, специалистами различных организаций систематически проводились научные исследования для установления основных закономерностей изменения радиационной обстановки во времени. При этом учитывалось, что осуществление мероприятий, направленных на снижение уровней радиационного воздействия на людей и на временное изменение конкретных условий жизнедеятельности местного населения, может существенно влиять на величины дозовых нагрузок, а значит и на размеры санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения.

5.3. ПРИНЦИПЫ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ

Рассматривая связь между дозами внешнего и внутреннего облучения населения и принципами или мероприятиями по защите населения, которое по стечению различных обстоятельств могло оказать на территории, загрязненной радиоактивными выпадениями после проведения промышленного ядерного взрыва, следует учитывать, что все мероприятия условно можно отнести к двум основным видам, а именно, управляемые мероприятия и неуправляемые [24, 26].

К мероприятиям, которыми можно управлять и тем самым влиять на величину дозы облучения людей, следует отнести:

- временное отселение жителей населенных пунктов, оказавшихся на территории санитарно-защитной зоны;
- укрытие людей в зданиях на период прохождения облака взрыва и формирования следа;
- запрещение или ограничение доступа населения в санитарно-защитную зону, размеры которой уточнялись по данным радиационной разведки, проводимой после взрыва;
- выбор времени года и метеоусловий на период проведения взрыва с таким расчетом, чтобы радиационное воздействие было минимальным;
- прием населением препаратов, снижающих уровни накопления биологически значимых радионуклидов в их критических органах;
- проветривание помещений после прекращения радиоактивных выпадений;
- временное исключение из рациона питания населения продуктов местного производства, которые в конкретный период

времени могли быть основными поставщиками радиоактивных веществ в организм людей;

- укрытие пищевых продуктов и источников питьевого водоснабжения от загрязнения радиоактивными выпадениями, исключение из употребления талой воды из загрязненного снега;
- временный перевод молочного скота на "чистые" корма (из внутреннего объема стогов и сеновалов, применение комбикорма и т. д.) и использование для выпаса скота незагрязненных пастбищ.

К основным неуправляемым мероприятиям, как правило, относились:

- защитные характеристики зданий, используемых для укрытия во время прохождения облака взрыва и при привычном образе жизни в последующий период;
- сезонный и среднегодовой режим жизнедеятельности населения конкретного района, подвергшегося радиоактивному загрязнению, то есть распределение в пределах суток времени пребывания основных групп населения на открытой местности и в помещениях;
- установившаяся структура питания населения, а также вклад продуктов местного производства в состав рациона;
- почвенно-климатические и гидрогеологические условия конкретного района.

Практическое значение перечисленных выше управляемых и неуправляемых мероприятий по защите населения, влияющих в значительной степени на уровень внешнего и внутреннего облучения людей, было оценено в ходе исследований в районе взрыва "Чаган", которые проводились под руководством И.Я. Василенко, В.Г. Рядова, Ю.А. Классовского, К.И. Гордеева, А.Ф. Малахова и других. Наиболее сложной для решения задачей была оценка доз внутреннего облучения населения и уровней поступления различных радионуклидов в организм по таким пищевым цепочкам, как "талая вода из загрязненного снега - сельскохозяйственные животные - человек"; "талая вода - человек"; "сено- сельскохозяйственные животные- человек".

Приведенные в табл. 5.3. обобщенные данные о наиболее биологически значимых радионуклидах, образовавшихся после проведения экскавационного подземного ядерного взрыва "Чаган" и перорально поступавших в организм человека, свидетельствуют о том, что формирование доз внутреннего облучения населения происходило в результате воздействия относительно небольшого количества радионуклидов. При этом важное значение имели не только физико-химические или метаболические свойства радионуклидов, но и размеры частиц, содержащие эти радионуклиды.

**Радионуклиды продуктов подземного ядерного взрыва "Чаган",
поступавшие по пищевым цепочкам в организм человека [24]**

| Происхождение радионуклидов | Радионуклиды продуктов взрыва "Чаган" в периоды значимого воздействия, а также содержащиеся в начальном звене пищевой цепочки | |
|-----------------------------|---|--|
| | до 2-6 месяцев после взрыва; загрязненная растительность, талая вода из снега | от нескольких месяцев после взрыва и все последующее время; загрязненная почва, вода |
| Реакции деления | Йод-131 Стронций-89 Йод-133 Йод-135 Теллур-132 (йод-132) | Стронций-90 Цезий-137 Рутений-106 |
| Процессы активации | Тритий Натрий-24 | Тритий Цинк-65 Натрий-22 Цезий-124 Кобальт-60 Марганец-54 |

5.4. ХАРАКТЕРИСТИКА ЧАСТИЦ РАДИОАКТИВНЫХ ВЫПАДЕНИЙ И ИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НА МЕСТНОСТИ

Результаты изучения дисперсного состава радиоактивных выпадений как в зоне распространения базисной волны, так и на образовавшемся после взрыва "Чаган" радиоактивном следе показали, что распределение числа частиц и радиоактивности по их размерам достаточно хорошо аппроксимируются нормально-логарифмическим законом. Также было установлено, что резкое уменьшение медианного (усредненного) диаметра частиц происходило с удалением от эпицентра взрыва. Это свидетельствовало о быстром выпадении крупных частиц непосредственно в зоне навала грунта и на ближнем следе, при этом базисная волна характеризовалась более мелкой пылью, чем облако взрыва и пылевой столб.

Непосредственно на гребне навала грунта медианный диаметр радиоактивных частиц составлял 3000-4000 мкм. Однако на этом же гребне находились и шлаковые конгломераты размером до нескольких сантиметров, причем они сохранились до настоящего времени и, в принципе, могут быть собраны в порядке проведения обычной дезактивации загрязненной территории [1].

5.4.1. СТРУКТУРА РАДИОАКТИВНЫХ ЧАСТИЦ

В процессе исследований было установлено, что на местность в районе взрыва "Чаган" по пути распространения и базисной волны, и облака взрыва выпадали частицы, которые по их специфическим свойствам условно можно разделить на три основных типа. При этом по мере удаления от эпицентра взрыва вклад частиц каждого типа в общую сумму был различен.

Частицы первого типа представляли собой оплавленные угловатые образования, большинство из которых имело резко изломленные ткани, напоминающие кромки разбитого стекла. Это были прозрачные частицы, цвет которых колебался от светлого до светло-коричневого и желто-зеленого, иногда с темными и темно-коричневыми вкраплениями, а также с большим количеством газовых включений. К поверхности большинства частиц "прикипела" мелкая пыль черного цвета, удалить которую было очень трудно. При выдерживании частиц этого типа в течение одного часа при температуре 150°-200°С (например, для определения содержания в них воды) их вес и цвет практически не изменялись. При прокаливании таких же частиц при температуре 1000°С (для определения содержания в них углеводородных и карбонатных соединений) их вес не изменялся, а цвет становился темнее и приобретал металлический блеск. Радиоактивность (А) в таких частицах распределялась равномерно по всему объему. Зависимость активности частиц от размера определялась степенным законом $A(d) \sim d^n$, где $n \sim 2,7-3,0$ [1,4,27].

Частицы второго типа - это были образования с деформированной как бы вспененной поверхностью, похожей на поверхность частиц коксового угля. Цвет частиц в основном был темный и темно-серый, на поверхности много налипшей пыли, при механическом удалении которой поверхность частицы разрушалась. При нагревании таких частиц их вес уменьшался, цвет, как правило, приобретал рыжеватый оттенок, кроме того, наблюдалось "спекание" частиц. Активность в таких частицах убывала к ее центру.

Частицы третьего типа по внешнему виду не отличались от частиц нейтральной раздробленной породы из района взрыва. Такие частицы имели поверхностное загрязнение ($n \sim 1,9$).

При взрыве наряду со сравнительно мелкими радиоактивными частицами, было образовано значительное количество шлаков, представлявших собой куски неправильной формы размером до нескольких сантиметров и удельным весом 0,9-1,2.

5.4.2. ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ПРОДУКТОВ

Большая работа по изучению закономерностей распределения радиоактивных продуктов в поверхностном слое и по глубине была проведена в зоне навала грунта, на следах пылевой базисной волны и облака взрыва.

В зоне навала грунта максимальное загрязнение поверхностного слоя наблюдалось на гребне навала, которое уменьшалось как при направлении в сторону воронки, так и при направлении от эпицентра. На расстоянии трех радиусов воронки средняя поверхностная плотность загрязнения была в 2,5-3 раза меньше, чем на гребне навала. На рис. 5.6. графически показано изменение плотностей загрязнения (в относительных единицах) в зависимости от расстояния, выраженного числом радиусов воронки.

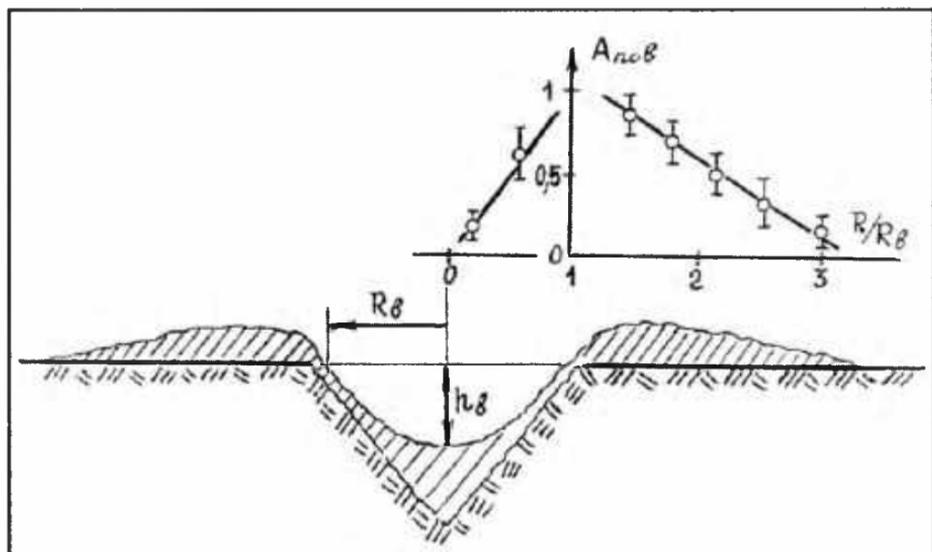


Рис. 5.6. Схема воронки выброса подземного ядерного взрыва (R_0 - радиус «видимой» воронки по начальной поверхности почвы, h_0 - глубина воронки) и изменение удельной плотности загрязнения поверхностного слоя навала ($A_{пов}$, в относительных единицах) в зависимости от расстояния, равного числу радиусов воронки.

В течение многих лет систематически проводились измерения мощности дозы излучения на навале грунта в одной и той же точке, которая располагалась рядом с началом канала. Результаты измерений прибором РК-01, приведены в табл. 5.4.

Изменение во времени мощности дозы гамма-излучения на навале породы в одной той же точке измерения

| Время измерения | | Мощность дозы, мР/час | Коэффициент спада мощности дозы |
|-----------------|---|-----------------------|---------------------------------|
| Дата | Количество дней, прошедших после взрыва | | |
| 01.03.1965 г. | 45 | 3000 | - |
| 15.12.1965 г. | 330 | 90 | 1,8 |
| 25.10.1966 г. | 640 | 28 | 1,8 |
| 03.02.1967 г. | 750 | 21 | 1,8 |
| 06.09.1967 г. | 964 | 17 | 0,9 |
| 09.04.1967 г. | 1165 | 14 | 1,0 |
| 1969 г. | - | 5 | - |
| 2000 г. | - | 0,7 | - |

По результатам расчетов, проведенных специалистами Диспансера 4, было установлено, что через сутки после взрыва ("Ч"+24) мощность дозы на навале грунта и на краю воронки составляла 2500-3000 Р/час [28].

В ходе исследований закономерностей распределения радиоактивных веществ по глубине навала были получены данные, свидетельствующие о том, что эти вещества сосредоточены в сравнительно тонком поверхностном слое. Кроме того, было установлено, что изменение удельной активности в навале по глубине удовлетворительно аппроксимируется экспоненциальным законом, содержание радионуклидов достаточно быстро уменьшается с увеличением глубины. Было также отмечено, что в навале грунта содержится около половины всех образовавшихся при взрыве тугоплавких радионуклидов, а содержание изотопов, имеющих летучих предшественников, меньше, поскольку они обладают способностью удерживаться в зоне дробления и растрескивания горных пород и повышенного выхода в атмосферу [27].

На локальном следе взрыва "Чаган" изучалось изменение во времени активности почв, загрязненных радиоактивными продуктами. В течение многих лет после этого взрыва проводились отбор проб почвы и их радиометрический и спектрометрический анализы. Пробы отбирались на расстояниях до 10 км от навала грунта.

По результатам анализов этих проб было определено, что горизонтальная миграция радиоактивных продуктов более значима, чем вертикальная. Показатели вертикальной миграции повышаются по мере увеличения расстояния от центра взрыва, то есть на дальних расстояниях, где выпадают более мелкие частицы. С уменьшением размеров частиц увеличивается и степень перехода (растворимость) радионуклидов в растворы разной кислотности. В табл. 5.5 приведены данные, характеризующие степень перехода суммарной

активности из частиц разного типа диаметром менее 50 мкм в различные растворы, что свидетельствует о биологической доступности радионуклидов при формировании доз внутреннего облучения.

Таблица 5.5.

Степень перехода в растворы разной кислотности радионуклидов из частиц диаметром менее 50 мкм, являющихся биологически значимой фракцией [2]

| Типы частиц, образующихся при экскавационном подземном ядерном взрыве | Степень перехода радионуклидов из частиц диаметром менее 50 мкм в растворы различной кислотности, % | | | | |
|---|---|----------------------------|----------------|------------------------|-----------------------------------|
| | вода | 1% раствор соляной кислоты | желудочный сок | 1,5% раствор трилона Б | Концентрированная азотная кислота |
| Первый (стекловидная структура) | 0,5-1,6 | 0,7-2 | 1,4-3,5 | 2,2-5 | 2,5-7,5 |
| Третий (похожи на раздробленный грунт) | 60-75 | 75-92 | 84-90 | 83-93 | 86-96 |
| <i>Отношение растворимости частиц третьего типа к первому</i> | 65 | 62 | 35 | 25 | 18 |

Следует отметить, что относительный вклад частиц разных типов в радиоактивное загрязнение окружающей среды во всех зонах после взрыва "Чаган" был различен. Так, эпицентральная зона и ближний след существенно были обогащены частицами первых двух типов, тогда как зона выпадений из базисной волны - частицами третьего типа, которые характеризуются максимальной биологической доступностью. Средняя степень перехода радионуклидов из выпадений в воду через три месяца после взрыва в разных зонах была различна и имела следующие значения: на следе базисной волны она составляла 17 %, на следе облака - 5 %, в зоне совместных выпадений - 12 %, на навале грунта - 3,4 % [1]. Выщелачивание радионуклидов из частиц различных типов и их переход в растворы (в воду, в биологические жидкости) стало основной причиной радиоактивного загрязнения растительности и живых организмов. Таким образом, можно констатировать, что выщелачивание внесло определенный вклад в формирование радиационной обстановки в районе взрыва "Чаган".

5.5. РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА НА РАДИОАКТИВНОМ СЛЕДЕ

Изучению радиационной обстановки после проведения взрыва "Чаган" уделялось большое внимание, поскольку это был первый подземный ядерный взрыв, осуществленный в народнохозяйственных целях, а именно, для создания водохранилища в одном из засушливых районов Казахской ССР. Полученные результаты использовались для прогнозирования радиационной обстановки в тех районах страны, где планировалось проведение промышленных ядерных взрывов с экскавацией грунта.

5.5.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ

Положение радиоактивного следа и его размеры с различными граничными параметрами (численными значениями изолиний) можно определить, используя схему следа, приведенную на рис. 5.2. Естественно, что в результате радиоактивного распада и миграции радионуклидов площадь загрязненной территории постоянно уменьшалась. Так, если по состоянию на июнь 1965 г. площадь следа, ограниченная изолинией 0,5 рентген в год (величина предельно допустимой дозы внешнего облучения населения), составляла примерно 140 км², то через год (середина 1966 г.) она равнялась 50 км², а еще через год, то есть в 1967 г., она уже составляла примерно 17 км² [28]. Период уменьшения площади следа в 2 раза был равен 250 суткам. Примерно через 5 лет площадь контролируемой зоны следа составила менее 1 км².

В результате выпадения радиоактивных продуктов взрыва были загрязнены территории примерно 10 населенных пунктов, в которых проживало около 2000 человек. В табл. 5.6 приведены данные, характеризующие радиационную обстановку в наиболее загрязненных населенных пунктах.

Таблица 5.6.

Радиационная обстановка в 1965 г. в населенных пунктах, территории которых были наиболее сильно загрязнены радиоактивными выпадениями после взрыва "Чаган" [29]

| Населенный пункт | Численность населения, чел. | Расстояние от места взрыва, км | Уровни радиации на "Ч+2", мР/час | Дозы гамма-излучения на местности в 1965 г., Р |
|------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--|
| Сарапан | 162 | 13 | 4400 | 5,8 |
| Иирбала | 10 | 22 | 700 | 6,7 |
| Бейсень | 8 | 24 | 1300 | 2,8 |
| Щербакровка | - | 48 | 300 | 2,6 |
| Иса | 66 | 30 | 110 | 0,9 |
| Знаменка | 980 | 40 | 170 | 2,4 |
| Муса | 22 | 33 | 190 | 1,3 |
| Торейгыр | 11 | 32 | 270 | 2,3 |

По данным табл. 5.6 наиболее крупным по числу жителей населенным пунктом, в котором возможная доза облучения людей могла превышать один рентген, был поселок Знаменка. Жители этого поселка работали в основном в совхозе, хозяйство которого характеризовалось преимущественно зерновым направлением. Большинство семей имело молочный скот, земли для выпаса которого находились в непосредственной близости от поселка. В зимнее время года содержание крупного рогатого скота было стойловое. Село было застроено преимущественно домами саманного типа. Воду жители поселка брали из колодцев, большинство из которых не закрывалось (не имели крышек). Снабжение поселка продуктами питания осуществлялась через торговую сеть, помимо этого, жители использовали и такие продукты местного производства, как молоко, молочные продукты и мясо (баранина, конина), а также картофель и овощи, которые хранились в подвалах домов.

Жители населенных пунктов Сарапан, Бейсень, Иса, Торейгыр и Муса, расположенных по берегам вдоль течения реки Чаган, а именно, ниже места взрыва, испытывали постоянные трудности из-за недостатка питьевой воды. В теплый период года жители использовали воду из реки Чаган, а после пересыхания ее на отдельных участках - из застойных луж (бочагов), что приводило к желудочно-кишечным заболеваниям. Зимой значительная часть жителей пользовалась талой водой из снега, этой же водой поили скот.

Весной 1965 г. из-за перекрытия навалом грунта после взрыва русла реки Чаган вода в ней исчезла примерно на 1,5-2 месяца раньше, чем это происходило в предшествующие взрыву годы. Это стало причиной ухудшения санитарно-гигиенической обстановки в ряде населенных пунктов, расположенных по берегам реки Чаган. Уровни загрязнения радиоактивными веществами воды в этой реке в период половодья, то есть в апреле, на участке протяженностью около 40 км от воронки достигали 3,5-4 кБк/л (10^{-7} Ки/л). Ниже этого участка уровень загрязнения воды в реке, благодаря ее разбавлению талыми водами с "чистых" водосборных территорий, снижался и при впадении в реку Иртыш составлял около 37 Бк/л (10^{-9} Ки/л). Однако основным источником поступления радиоактивных веществ в организм жителей этих населенных пунктов была не вода из реки Чаган, а молоко и мясо местного производства, а также талая вода из загрязненного продуктами взрыва снега. Эти источники составляли начальные звенья пищевых цепочек и являлись основой для формирования доз внутреннего облучения критических органов местных жителей.

С середины апреля 1965 г. скот из-за бескормицы вынуждены были держать на подножном корму. Это значит, что скот питался

сухой прошлогодней травой, что явилось причиной увеличения активности молока за счет радиоактивного стронция-89,90. При этом в течение первого года после взрыва доза внутреннего облучения людей за счет поступления с молоком в организм стронция-89 была примерно в 4 раза выше, чем за счет поступления стронция-90. В последующие годы основной вклад в дозу внутреннего облучения костной ткани вносил стронций-90. Об этом, а также о том, что наибольшая концентрация радиойода в молоке была в пробах, отобранных в поселке Сарапан, свидетельствуют данные, приведенные в табл. 5.7 Незначительное загрязнение молока было отмечено даже в г. Семипалатинске. Однако следует отметить, что содержание биологически опасных радионуклидов в молоке превышало фоновые величины лишь в течение первого года после взрыва.

Таблица 5.7.

Радиоактивное загрязнение молока в разные годы при содержании и выпасе коров на локальном следе взрыва "Чаган" [1,29]

| Место отбора проб молока | Время отбора проб | Время измерения | Содержание радионуклидов, Бк/л | | | |
|--------------------------|-------------------|-----------------|---|-------------------------------|-------------|-------------|
| | | | по сумме радионуклидов на время измерения | йод-131 на время отбора пробы | стронций-89 | стронций-90 |
| Сарапан | 20.01.1965 г. | 23.01.1965 г. | 5000 | 7000 | - | - |
| " | 12.02.1965 г. | 16.02.1965 г. | 150 | 180 | - | - |
| " | 23.04.1965 г. | 29.04.1965 г. | 1600 | - | 750 | 26 |
| " | 18.05.1965 г. | 22.05.1965 г. | 230 | - | 97 | 4 |
| " | 1966 г. | - | 360 | - | - | 170 |
| " | 1967 г. | - | 380 | - | - | 185 |
| " | 1968 г. | - | 260 | - | - | 135 |
| " | 1969 г. | - | 160 | - | - | 90 |
| " | 1989 г. | - | 11 | - | - | - |
| Иирбала | 21.01.1965 г. | 26.01.1965 г. | 1900 | 5000 | - | - |
| " | 06.03.1965 г. | 23.03.1965 г. | 100 | - | - | - |

5.5.2. ОСОБЕННОСТИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Территория района, прилегавшего к месту взрыва "Чаган" и загрязненного после его проведения радиоактивными выпадениями, характеризовалась недостатком влаги и потому скудным растительным покровом. Но, несмотря на это, в районе была широко развита отгонно-пастбищная система, поскольку в структуре его земельных угодий до 80% площади приходилось на выгоны и пастбища, а в системе народного хозяйства он являлся районом производства мяса и шерсти.

В составе растительного покрова преобладали типчаки и некоторые виды ковыли и полыни. В долинах рек, особенно по нижнему и среднему течению реки Ащи-Су, господствовали полынно-типчаковые группировки, на солонцах и солончаках - кокпектовые с пятнами чия. Менее засоленная долина реки Чаган изобиловала ковыльно-полынными и типчаково-полынными степями в сочетании с остепненными лугами. Такие условия позволяли весь скот, за исключением небольшого числа молочных коров, содержать на пастбищах [28].

После взрыва "Чаган" в течение нескольких лет проводился отбор и анализ проб растительности для определения в них содержания радиоактивных веществ. По результатам анализов было установлено, что уменьшение содержания активности во времени достаточно надежно описывается степенной функцией с показателем степени, равным 3.

В первое лето после взрыва загрязнение растительности было в основном поверхностное, причем не только такими биологически значимыми радионуклидами, как цезий-137 или стронций-90, но и другими продуктами активации или деления, среди которых следует назвать цинк-65, марганец-54, натрий-22, кобальт-60, цезий-134, рутений-106 и др. В последующие годы уровень поверхностного загрязнения растительности снижался, но повышалась степень корневого загрязнения растений в результате поступления радионуклидов вместе с питательными растворами в почву. Однако нужно отметить, что более детальное изучение закономерностей радиоактивного загрязнения растительности было начато после осуществления 14.10.1965 г. подземного ядерного взрыва в скважине 1003. Результаты проводимых для этого исследований представлены в следующей главе.

5.5.3. РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЖИВОТНЫХ

В районе образовавшего после взрыва "Чаган" водохранилища с весны 1965 г. начался выпас лошадей. Пастбищем для табуна служили берега водохранилища и окрестности воронки. Для определения степени радиоактивного загрязнения лошадей был организован ежеквартальный отбор и анализ проб мяса и костей отдельных особей из этого табуна. Если считать, что лошадь в среднем съедала до 40 кг растительности (в сыром виде) в сутки, а содержание стронция-90 в растениях составляло примерно 160 Бк/кг, то можно полагать, что в организм животного в сутки поступало до 6000 Бк этого радионуклида. Поступление стронция-90 с водой не превышало 100-120 Бк/сут., поэтому этой составляющей можно в принципе пренебречь.

По результатам проводимых радиохимических и гамма-спектрометрических исследований было установлено, что содержание стронция-90 в костях лошадей в течение двух лет после взрыва постепенно увеличивалось и, достигнув максимальной величины, стало постепенно уменьшаться. В костях баранов максимальное содержание стронция-90 было зафиксировано примерно через год после взрыва, что, вероятно, можно объяснить различными сроками достижения животными зрелости и окостенения скелета.

Полученные в процессе анализа проб костей, мяса и внутренних органов животных результаты показали, что кроме стронция-90 в пробах содержались радиоактивные цинк-65 и марганец-54, являющиеся продуктами нейтронной активации конструкционных материалов ядерного заряда и грунта. Можно предположить, что наличие в легких и печени этих радионуклидов являлось следствием поедания животными запыленной растительности.

В табл. 5.8 приведены данные о содержании биологически значимых радионуклидов в мясе домашних животных, выпас которых осуществлялся в районе созданного взрывом водохранилища.

Таблица 5.8.

**Радиоактивное загрязнение мяса животных при их выпасе
в районе взрыва "Чаган"**

| Год выпаса | Содержание радионуклидов в мясе, Бк/кг | | | | | |
|---------------|--|----------|----------|-----------|----------|----------|
| | стронций-90 | | | цезий-137 | | |
| | конина | баранина | говядина | конина | баранина | говядина |
| 1965 | 300 | 410 | - | 10800 | 800 | - |
| 1966 | 960 | 230 | 350 | 650 | 140 | 290 |
| 1967 | 260 | 100 | 75 | 1100 | 370 | 750 |

Данные табл. 5.8 свидетельствуют о том, что наиболее загрязненным было конское мясо. На различную степень загрязнения мяса разных животных мог оказать влияние режим их выпаса. Так, например, табун лошадей круглогодично находился в районе искусственного водоема, то есть в районе наибольшего радиоактивного загрязнения. Выпас овец и коров проводился на разных пастбищах с различными уровнями загрязнения, причем значительно меньшими, чем на пастбищах выпаса лошадей.

После 1967 г. содержание стронция-90 и цезия-137 в организме животных приблизилось к фоновому уровню, что было важно как с точки зрения оценки радиэкологического состояния окружающей среды в районе искусственно созданного объекта, так и с точки зрения оценки доз внешнего и внутреннего облучения персонала и населения.

5.6. ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАВШЕГО НА ЗАГРЯЗНЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ

Как известно, суммарная (эффективная) доза - это величина, равная сумме дозы внешнего облучения и доз внутреннего облучения различных критических органов человека.

5.6.1. ДОЗЫ ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ

При определении дозы внешнего гамма-облучения людей учитывались величины уровней радиации на местности, измеренные в ходе проведения радиационной разведки, закономерности их изменения во времени и состав выпавших радиоактивных продуктов. В табл. 5.9 показан вклад продуктов деления и продуктов активации в суммарную дозу гамма-излучения в разное время после взрыва.

Таблица 5.9.

Вклад отдельных компонентов - гамма-излучателей в общую дозу излучения в разное время, прошедшее после взрыва [24]

| Наименование компонента | Доля компонентов - гаммаизлучателей в общей дозе излучения в разное время после взрыва, % | | | |
|-------------------------|---|-----------|------------|--------------|
| | 1-6 часов | 6-24 часа | 1-20 суток | 2--365 суток |
| Продукты деления | 12 | 5 | 11 | 22 |
| Продукты активации: | | | | |
| в грунте | 83 | 85 | 67 | 21 |
| в заряде | 5 | 10 | 22 | 57 |

Продукты наведенной активности являлись основными компонентами при формировании доз гамма-излучения на местности, причем в первые несколько суток это были натрий-24 и марганец-56, а в более позднее время - марганец-54, кобальт-60 и цезий-134. Это было основное отличие свойств продуктов промышленных экскавационных ядерных взрывов от свойств продуктов наземных взрывов, которые осуществлялись в период испытаний ядерного оружия.

При расчете доз внешнего облучения людей кроме состава радиоактивных выпадений на местность учитывалось время пребывания разных групп населения в течение суток на открытом воздухе (на улице, в поле и т.д.), а также реальные данные о коэффициентах ослабления гамма-излучения различного вида домами и постройками. Величины таких коэффициентов приведены в табл. 5.10.

Следует отметить, что измерения мощностей доз в зданиях и на открытой местности проводились на высоте одного метра от земли или пола.

Кратности ослабления гамма-излучения различными типами зданий [29]

| Тип здания | Этаж | Кратности ослабления гамма-излучения | |
|-----------------------------------|-------------|--------------------------------------|--------|
| | | в центре комнаты | у окна |
| Дом самый (толщина стен 35-40 см) | 1 | 8 | 4 |
| Дом деревянный (одноэтажный) | 1 подвал | 11 50 | 5 - |
| Дом деревянный (полуподземный) | 1 | 10 | 6 |
| Дом кирпичный (двухэтажный) | 1 2 | 25 33 | - - |
| Дом кирпичный (трехэтажный) | 3 | 42 | 33 |

Время нахождения различных групп населения на улице или в поле на местности, естественно, всегда разное. Так, принималось, что чабаны в течение суток 9 часов находятся на открытом воздухе, дети - 5 часов, а взрослые (и работающие, и неработающие) - 3 часа. С учетом этих данных, а также кратностей ослабления гамма-излучения различными типами зданий были рассчитаны дозы внешнего облучения жителей ряда населенных пунктов, загрязненных радиоактивными выпадениями после взрыва "Чаган". Результаты расчетов представлены в табл. 5.11

Таблица 5.11.

Возможные дозы внешнего облучения жителей населенных пунктов, оказавшихся на радиоактивном следе после взрыва "Чаган" [29,30]

| Населенный пункт | Доза внешнего облучения различных групп населения с учетом экранирования гамма-излучения зданиями, сГр | | |
|--|--|---------------------|----------------------------|
| | дети | взрослые, среди них | |
| | | чабаны | остальные группы населения |
| Сарапан* | 1,7 | 2,6 | 1,2 |
| Иирбала | 2,0 | 2,9 | 1,4 |
| Бейсень* | 0,8 | 1,2 | 0,6 |
| Щербаковка | 0,8 | 1,1 | 0,6 |
| Знаменка | 0,7 | 1,1 | 0,5 |
| Торейгор | 0,6 | 1,0 | 0,5 |
| Муса | 0,4 | 0,6 | 0,3 |
| Иса | 0,3 | 0,4 | 0,2 |
| Семипалатинск (центральная часть города) | 0,04 | - | 0,02 |

Примечание: * При расчете дозы облучения учитывалось временное отселение жителей этих поселков в села Знаменка и Иса. Возвращение отселенных в места постоянного проживания было проведено 19.01.1965 г.

Приведенные в табл. 5.11 данные свидетельствуют о том, что в населенных пунктах Сарапан и Иирбала дозы облучения их жителей были выше, чем в других поселках, однако величины доз не превышали 3 сГр. Необходимо отметить факт использования при проведении взрыва "Чаган" такого важного мероприятия по радиационной защите населения, как временное отселение жителей ряда населенных пунктов, по прогнозу попадающих в зону радиационного воздействия, в безопасные места для ожидания снижения уровней радиации до допустимых пределов в местах их постоянного проживания. Следует отметить, что доза внешнего облучения жителей населенных пунктов в первые 1,5-2 месяца с момента выпадения радиоактивных веществ составляла 90 % от ее суммарной величины. Помимо внешнего облучения население, проживавшее в зоне радиоактивного загрязнения, подвергалось внутреннему облучению в результате поступления радионуклидов внутрь организма с вдыхаемым воздухом, водой и пищей (при потреблении продуктов местного производства).

5.6.2. ДОЗЫ ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ

Величина дозы внутреннего облучения человека зависит от степени облучения его критических органов, основными из которых являются щитовидная железа, костная ткань и мышцы (мягкие ткани). В какой-то степени критическим органом можно считать и кожу, однако в данном конкретном случае ее поражения, даже самой легкой степени, не отмечалось, поэтому дозы облучения кожи не рассчитывались.

Оценка доз облучения щитовидной железы и костной ткани проводилась, исходя из основных гигиенических принципов, с использованием данных о максимальном содержании радионуклидов, обнаруженных в исходных пробах молока, мяса и костей животных.

Облучение щитовидной железы определялось на основании следующих предпосылок:

- поступление основной доли радиоактивных изотопов йода происходило с молоком;
- при расчете доз учитывались данные о фактическом потреблении молока населением, а именно, взрослыми - 0,2 литра в сутки, детьми в возрасте от 1 года до 4 лет - 0,4 литра в сутки;
- масса щитовидной железы у взрослых принималась равной 20 г, у детей - 2 г.

Максимальное загрязнение молока радионуклидами йода отмечалось в поселке Сарапан. В табл. 5.12 приведены данные об

изменении содержания йода-131 в пробах молока, отобранных в этом поселка в течение первого месяца после взрыва.

Таблица 5.12.

Концентрация йода-131 в пробах молока, отобранных в поселке Сарапан в течение первого месяца после взрыва [24]

| Время отбора проб, сутки после взрыва | 5 | 7 | 12 | 17 | 29 |
|---------------------------------------|------|------|-----|-----|----|
| Концентрация йода-131, Бк/л | 2040 | 1740 | 930 | 630 | 15 |

Радиоизотопы йода поступали в молоко в основном с приготовленной из снега водой, которой поили скот.

При оценке доз внутреннего облучения населения после подземного взрыва специального промышленного заряда необходимо было учитывать уровень содержания трития в молоке и в продуктах питания местного производства, поскольку вклад этого радионуклида в облучение всего тела человека в отдельные периоды времени после взрыва мог составлять до 70-80%. В табл. 5.13 приведены данные о среднем содержании трития в воде, в некоторых продуктах питания и в выделениях жителей населенных пунктов Сарапан и Иса.

Таблица 5.13.

Концентрация трития в пробах некоторых объектов

| Населенный пункт | Время отбора проб, годы после взрыва | Среднегодовое содержание трития, Бк/л | | |
|------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------|------------|
| | | вода из колодцев | молоко, мясо | моча людей |
| Сарапан | 4 | 370 | 4500 | 1100 |
| | 5 | 5200 | 3700 | 7000 |
| | 6 | 2600 | 1800 | 1500 |
| Иса | 4 | 1500 | 1100 | 2200 |
| | 5 | 8100 | 4100 | 4400 |

Данные табл. 5.13 подтверждают необходимость учета вклада трития в загрязнение различных объектов окружающей среды при оценке радиационной обстановки и доз облучения населения.

Результаты расчетов доз внешнего и внутреннего облучения жителей поселка Сарапан с учетом поступления трития в их организм приведены в табл. 5.14.

Таким образом, можно констатировать, что в течение первого года после взрыва "Чаган" в поселке Сарапан, как и в других населенных пунктах, расположенных на радиоактивном следе этого взрыва, максимальному облучению подвергалось детское население, у которого основным критическим органом является щитовидная железа. При длительном проживании в зоне радиоактивного

Возможные дозы внешнего и внутреннего облучения критических органов жителей поселка Сарапан за период с января 1965 г. по апрель 1966 г. [30]

| Критический орган | Дозы облучения различных групп населения, сГр (сЗв) | | | | | |
|-------------------|---|------------|-----------|----------|------------|-----------|
| | дети | | | взрослые | | |
| | внешнее | внутреннее | суммарные | внешнее | внутреннее | суммарные |
| Щитовидная железа | 1,7 | 14,4 | 16,1 | 2,6 | 1,1 | 3,7 |
| Костная ткань | 1,0 | 6,7 | 7,7 | 1,5 | 0,3 | 1,8 |
| Все тело | 1,7 | 2,4 | 4,1 | 2,6 | 0,5 | 3,1 |
| Кожа | - | - | 20,0 | - | - | 20,0 |

загрязнения дозы облучения костной ткани и всего тела могли увеличиться примерно в два раза.

Следует отметить, что сложность и своеобразие физико-химических процессов, происходящих в среде обитания человека, не позволяют с достаточной степенью надежности прогнозировать дозы облучения населения, а также и радиационно-гигиеническую обстановку на загрязненных территориях. Наибольшие трудности при оценки этих параметров после взрыва "Чаган" были связаны с особенностями "поведения" внутреннего и наружного искусственных водоемов, а также с необходимостью учета характерных для данного района геохимических и гидрогеологических факторов, от которых, естественно, зависели и уровни содержания различных радионуклидов в воде, и динамика их поведения во времени. Поэтому, прежде чем заполнить воронку взрыва водой, нужно было до начала паводка и интенсивного таяния снега, то есть в феврале-марте 1965 г., прорыть в навале грунта водоподводящий канал и обеспечить безопасность при выполнении этих и других работ.

5.7. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ОСНОВНЫЕ ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩА

В соответствии с техническим проектом создания искусственного водохранилища работы по строительству водоподводящего канала через гребень навала грунта для последующего пропуска в воронку взрыва паводковых вод можно было начинать только после спада уровней радиации до допустимых уровней. Для этого необходимо было постоянно контролировать радиационную обстановку в районе взрыва. Первая группа исследователей, в состав которой были включены В.Н. Доброжан, А.М. Матушенко, Е.Д. Стукин и С.Г. Чухин, 3 февраля, то есть через 18 дней после взрыва, подошла к краю гребня навала грунта, чтобы начать

ведение радиационной разведки и разбивку трассы будущего канала. Зафиксированные в этот день уровни радиации составляли 1,5-2,5 Р/ч. Спустя 10 дней, то есть 13 февраля, была закончена разбивка трассы канала через навал грунта

5.7.1. СТРОИТЕЛЬСТВО КАНАЛА

Все виды работ, связанных со строительством канала, необходимо было проводить с учетом требований безопасности. Вопросы обеспечения радиационной безопасности занималась организованная из специалистов уральского комбината "Маяк" группа, руководил которой С.Г. Чухин [8,9]. Данные о радиационной обстановке, полученные первой группой исследователей, свидетельствовали о том, что все задачи, связанные со строительством канала, необходимо было решать параллельно с изучением радиационной обстановки и разработкой соответствующих ей мер безопасности.

Комплексные исследования включали в себя не только оценку мощностей доз гамма-излучения на местности и степени их опасности для персонала при проведении строительных работ с использованием различных механизмов. Необходимо было также исследовать закономерности спада радиоактивности во времени для прогнозирования возможных доз облучения участников работ, а также оценить распределение радиоактивных веществ по глубине навала для прогноза радиационной обстановки при углублении траншеи и превращении ее в канал. Кроме того, требовалось экспериментальное определение спектрально-угловых характеристик излучения для оценки эффективности использования защитных экранов и оптимального их размещения на кабинах, а также определение возможного загрязнения воздуха и поверхностного загрязнения оборудования, спецодежды и кожных покровов для принятия мер по их санитарной обработке и дезактивации. Однако уже при первом выезде бульдозера на трассу канала было установлено, что по мере снятия верхних слоев грунта существенно уменьшается мощность дозы излучения за счет снижения содержания радионуклидов в нижних слоях грунта. Так, снятие первых десяти сантиметров грунта обеспечивало уменьшение мощности дозы гамма-излучения в 5-6 раз.

При определении эффективности защитных экранов была установлена возможность восьмикратного ослабления ими мощности дозы излучения внутри кабин бульдозеров и экскаваторов.

Необходимо отметить, что жилой поселок строителей канала размещался в 15 км от воронки взрыва - практически в "чистой" зоне. Организационные и технические мероприятия по обеспечению

безопасности работ включали в себя медицинское освидетельствование всех работающих на строительном объекте, обязательный инструктаж по радиационной безопасности, а также строительство санпропускника, снабжение персонала спецодеждой и средствами индивидуальной защиты, предоставление рабочим утепленного автобуса для доставки их от санпропускника до жилого поселка, строительство мойки для машин и механизмов, организацию службы дозиметрии и т.д. "Грязная" зона была огорожена колючей проволокой, для гардеробных использовались армейские палатки, а для дозиметрического пункта, душевой и котельной - деревянные домики. На каждого из 183 человек, работавших на строительстве канала, была заведена личная карточка учета доз облучения и инструктажей.

Для ускорения строительства канала использовались обычные взрывчатые вещества (ВВ). Кроме того, применение ВВ способствовало снижению доз облучения строителей, что было подтверждено эффективностью расчистки от радиоактивных веществ территории рабочей зоны. Повседневный радиационный контроль осуществлялся камерами КИД, суммарные дозы облучения персонала определялись по показаниям кассет ИФК. В табл. 5.15 приведены величины доз облучения участников строительства канала за 35 дней работы.

Таблица 5.15.

Дозы облучения персонала на строительстве канала за 35 дней работы [9]

| Категория работников | Количество, чел. | Доза облучения, сЗв | |
|-------------------------------|------------------|---------------------|--------------|
| | | средняя | максимальная |
| ИТР | 17 | 3,4 | 8,6 |
| Взрывники | 4 | 5,9 | 6,6 |
| Механизаторы | 57 | 2,5 | 8,2 |
| Укладчики взрывчатых веществ: | | | |
| 1-я бригада | 32 | 2,2 | 4,2 |
| 2-я бригада | 28 | 3,7 | 7,7 |
| Геодезисты и гидрогеологи | 10 | 2,1 | 8,8 |
| Дозиметристы | 7 | 1,6 | 3,5 |
| Подсобные рабочие | 28 | 1,4 | 4,4 |
| ВСЕГО | 183 | | |

Данные табл. 5.15 свидетельствуют о том, что дозы облучения работающих на строительстве канала были значительно ниже аварийной дозы, величина которой, равная 30 сЗв, была установлена 11.02.1965 г. специальным разрешением Минздрава СССР. Более того, ни у кого из персонала доза облучения не достигла 10 сЗв, то есть величины, разрешенной документами

ПДУ-60 и действующими в те годы санитарно-гигиеническими нормативами.

Необходимо сказать о том, что работа дозиметрической группы проходила под постоянным контролем представителя 3-го Главного управления при Минздраве СССР. Постоянное наблюдение за состоянием здоровья работавшего на строительстве персонала осуществлялось бригадой врачей Диспансера № 4, который находился в г. Семипалатинске. Результаты наблюдений являлись основой для разрешения допуска персонала к работе.

Согласно данным Медсанчасти № 22, в конце 90-х годов на диспансерном учете состояли 94 человека из тех, кто работал на строительстве канала в районе взрыва "Чаган". Ни у одного из наблюдаемых не было установлено какой-либо связи болезненных проявлений с радиационными нагрузками в период их работы на этом объекте. А ведь трудом именно этих людей с помощью ядерного взрыва был построен первый в мире искусственный крупномасштабный водоем, имеющий народнохозяйственное значение.

5.7.2. СОДЕРЖАНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В ВОДЕ ВОДОХРАНИЛИЩА

Следует отметить, что первый же весенний паводок в 1965 г., обусловивший заполнение водой воронки взрыва по прорытому через навал грунта каналу и образование внешнего водоема, определил и процессы влияния водной среды на перераспределение радионуклидов между грунтом, водой и донными отложениями.

В середине апреля воронка и часть водохранилища были заполнены водой. С прекращением паводка в начале мая, а именно с 08.05.1965 г., уровень воды в этих водоемах начал медленно снижаться (0,5 см в сутки). По мнению гидрологов это происходило в основном за счет испарения воды. Общая минерализация воды в воронке составляла 1,3 г/л, а в водохранилище - 0,5 г/л. По солевому составу вода относилась к хлор-сульфатно-натриевому типу, характерному для поверхностных и подземных вод бассейна реки Чаган.

Суммарная радиоактивность воды и в воронке, и в водохранилище сразу после их заполнения находилась в пределах от 10 до 350 Бк/л. В воронке активность воды постепенно уменьшалась, а объяснить это можно было осаждением на дно взвешенных в воде частиц. Степень радиоактивного загрязнения воды в водохранилище в первый год после взрыва практически не изменялась. Основным радиоизотопом среди множества других, определяющих активность воды в обоих водоемах в этот период, был стронций-89 (период полураспада $T_{1/2} = 50,5$ суток), вклад которого в суммарную

активность составлял 70-80 %. В последующие годы наиболее значимым радионуклидом, с точки зрения санитарно-гигиенических последствий, стал стронций-90, период полураспада которого ($T_{1/2}$) равен 28,5 годам. В мае-июне 1965 г. концентрация стронция-90 в воде не превышала 5 Бк/л [30]. Исключительное своеобразие и сложность физико-химических процессов, происходивших во внутреннем (в воронке) и внешнем водоемах, позволяли только предполагать, что в последующие годы какие-либо изменения и в радионуклидном составе, и в уровнях загрязнения воды в этих водоемах будут происходить медленно и в ограниченных пределах. В этой связи несомненный интерес могут представлять приведенные в табл. 5.16 данные о динамике объемов стоков воды реки Чаган ежегодно в весенние половодья.

Таблица 5.16.

Объемы стоков воды реки Чаган ниже воронки взрыва в весенние паводки в разные годы после взрыва [1]

| Годы | Объем стока, тыс. м ³ | Особенности режима стока воды |
|-------------------------|----------------------------------|--|
| 1965 | 0 | Сток воды из водохранилища отсутствовал. |
| 1966 | 85,3 | В апреле вода прорвала защитную земляную дамбу и устремилась по старому руслу р. Чаган. |
| 1967 | 0 | Паводок был слабый, сток воды отсутствовал. |
| 1968 | 2,7 | Сток воды был незначительный. |
| 1969 | 147,0 | Самый большой сток воды в связи с размывом дамбы. |
| 1970 | 8,3 | Сток воды был незначительный. |
| 1971 | 49,5 | Большой сток воды с размывом дамбы. |
| 1972 | 0 | Завершена постройка новой каменно-земляной плотины с паводковым водосбросом (См. рис. 5.3.). Стока воды не было. |
| 1973 и последующие годы | 0 | Сток воды отсутствовал или был незначительным. |

Для определения возможности использования в хозяйственно-бытовых целях воды из искусственных водоемов, созданных с помощью ядерного взрыва, применялись такие основные критерии, как уровень загрязнения воды радиоактивными продуктами и ее солевой(минеральный) состав. Химический состав воды в обоих водоемах характеризовался наличием хлоридно-сульфатной и натриевой компонент с высоким уровнем минерализации, который во внешнем водоеме мог существенно изменяться в разные сезоны года, а особенно летом, когда происходило интенсивное испарение воды (до 40 % от ее общего объема во всем водохранилище). Кроме того, в зависимости от годового достаточно соленого стока воды

реки Ашу-Су в водохранилище могло поступать до 100 тыс. т соли в год, тем самым увеличивая минерализацию воды до 15 г/л. Только за три года после взрыва содержание солей в воде водохранилища увеличилось по сравнению с первым годом в 6 раз [28]. Возможно, что в данном конкретном случае засоление воды водохранилища является более важной санитарно-гигиенической проблемой, чем ее радиоактивное загрязнение, поскольку спад активности воды происходил и происходит постоянно. В табл. 5.17 приведена динамика изменения среднегодовой концентрации наиболее биологически значимых радионуклидов в воде искусственно созданных водоемов.

Таблица 5.17.

Среднегодовая концентрация радионуклидов в воде искусственного водохранилища "Чаган" [1]

| Годы | Среднегодовая концентрация радионуклидов, Бк/л | | |
|------------|--|-----------|-----------|
| | стронций-90 | цезий-137 | третий |
| 1965, июнь | 5,5/4* | 0,4/- | 120000/- |
| 1966 | 8,5/0,2 | 0,4/- | 107000/- |
| 1967 | 8,0/1,2 | 0,15/- | 107000/23 |
| 1968 | 5,0/0,8 | 0,15/- | 75000/26 |
| 1969 | 0,4/0,15 | - | 92000/10 |
| 1970 | 4/4,4 | - | 78000/9 |
| 1971 | 2,2/1,5 | - | 63000/6,5 |
| 1972 | 3/0,15 | 0,4/- | 78000/8 |
| 1973 | 0,4/0,08 | - | - |
| 1974 | 0,4/0,04 | 0,15/- | - |
| 1988 | 2,3/1,1 | - | - |
| 1989 | 1,5/0,6 | - | - |

Примечание: * В числителе - концентрация радионуклидов в воде внутреннего водохранилища, в знаменателе - внешнего; (-) - наблюдение не проводилось.

Для сравнения можно привести величины допустимых концентраций радионуклидов в воде, которые были определены действующими во второй половине 70-х и в 80-е годы НРБ (НРБ-76/87): так, концентрация стронция-90 определялась величиной, равной 15 Бк/л; цезия-137 - 550 Бк/л и трития - 150000 Бк/л. Таким образом, данные табл. 5.17 свидетельствуют о том, что среднегодовые концентрации биологически опасных радионуклидов в воде водоемов были значительно ниже допустимых уровней. После 1992 г. и в настоящее время уровни загрязнения воды этими радионуклидами не превышали фоновых величин.

Характерным для обоих водоемов было то, что роль сорбционных процессов в их грунтах была незначительной, так как сами грунты состояли из субпесчаных отложений, содержали много кальция - химического аналога стронция, а это не способствовало самоочищению воды от радионуклидов.

В конце 1967 г. в донных отложениях вблизи навала грунта содержание стронция-90 составляло примерно 200 Бк/кг сухого остатка, а на расстоянии 1-1,5 км от него - лишь около 10 Бк/кг. Это свидетельствовало о том, что навал грунта являлся основным источником поступления радионуклидов в воду, а также что содержание этих радионуклидов постоянно уменьшалось во времени.

Важно отметить тот факт, что в течение всех лет существования внешнего водоема его вода была пригодна для хозяйственно-бытового, а также и питьевого потребления даже с учетом сезонных колебаний уровней радиоактивного загрязнения и особенно в зимней период, когда содержание радионуклидов несколько повышалось. Более того, и это нужно тоже отметить, концентрация радионуклидов в воде не превышала допустимых значений, постоянно снижаясь с течением времени.

5.7.3. СОДЕРЖАНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРОБАХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ, РЫБЫ И ВОДОПЛАВАЮЩЕЙ ПТИЦЫ

По результатам проводимых в ходе исследований анализов проб различных объектов, содержавшихся в водоемах, было установлено, что на дальних от воронки участках внешнего водоема коэффициент накопления стронция-90 в донных отложениях (отношение концентрации радионуклида в пробах донных отложений к его концентрации в пробах воды) равнялся примерно 10, тогда как вблизи навала грунта этот коэффициент практически был равен 100. Это свидетельствовало об устойчивой локализации стронция-90 в грунте навала, что, однако, не способствовало его обменному процессу. При взмучивании воды вблизи берега (имитация водопоя животных) концентрация радионуклидов увеличивалась примерно до 10 раз, но и при этом их содержание не превышало допустимых пределов.

Положительным фактором стало то, что в водохранилище появились условия для существования и размножения разной рыбы (лечь, сорога, лещ, гальян м др.), попадающей в него с паводковыми водами. В табл. 5.18 приведены данные о содержании радионуклидов в пробах мышечной и костной тканей рыб, выловленных в водоемах.

Необходимо отметить, что до 1975 г. абсолютные уровни содержания стронция-90 были в 10 раз, а цезия-137 в 4 раза выше в пробах мышечной и костной тканей рыб, обитающих в искусственном водоеме, чем рыб из близко расположенных, но вне зоны выпадения радиоактивных продуктов, естественных водоемов. Начиная с 1975 г. употребление рыбы из искусственного водоема

Содержание радионуклидов в пробах мышечной и костной тканей рыб, обитающих в искусственном водохранилище "Чаган"

| Годы | Содержание радионуклидов в пробах рыбы, Бк/кг | | | |
|------|---|-------|-----------|--------|
| | стронций-90 | | цезий-137 | триций |
| | мышцы | кости | мышцы | мышцы |
| 1966 | 18 | 110 | 17 | - |
| 1967 | 0,8 | - | 29 | 26000 |
| 1968 | 17 | 270 | 22 | 48000 |
| 1969 | 12 | 190 | 11 | 18000 |
| 1970 | 8 | - | - | 19000 |
| 1973 | 15 | 180 | - | - |
| 1974 | 2 | 67 | - | - |

стало совершенно безопасным: годовая доза на костную ткань человека при употреблении им такой рыбы не превышала 15 мкЗв. К настоящему времени эта величина снизилась в 3-5 раз.

Такие же радионуклиды, то есть стронций-90, цезий-137 и триций, были обнаружены и в пробах мяса и костей уток, которые обитали на водохранилище.

Однако следует отметить, что разведение и содержание водоплавающей птицы в пределах водохранилища "Чаган", а также употребление ее мяса в пищу не представляло и не представляет опасности для здоровья людей [28].

5.8. К ВОПРОСУ О РЕКУЛЬТИВАЦИИ И ПРИДАНИИ СТАТУСА ПАМЯТНИКА ТЕРРИТОРИИ ИСКУССТВЕННО СОЗДАННОГО ОБЪЕКТА "ЧАГАН"

Термин "рекультивация" применительно к искусственному водоему, по мнению авторов, не следует понимать в том смысле, что этот водоем следует ликвидировать, то есть ликвидировать и навал грунта, и воронку, и внешнее водохранилище с изъятием из него донных отложений и восстановлением прежнего русла рек Чаган и Ащи-Су, поскольку при этом возникает сложнейшая задача захоронения рекультивируемого грунта, загрязненного радиоактивными продуктами. Для решения этой задачи потребуются огромные силы и средства.

Более того, как уже отмечалось выше, результаты исследований, проведенных в 1995-2000 гг. специалистами Института радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК совместно с российскими специалистами, свидетельствуют о том, что размеры радиоактивно загрязненной территории незначительные [31]. Так, зона с плотностью загрязнения грунта цезием-137 более 1 Ки/км² (37 кБк/м²), то есть зона, которую на основании Закона 1991 г. "О социальной защите граждан, пострадавших вследствие Чернобыльской

катастрофы" можно отнести к "зоне проживания с льготным социально-экономическим статусом, имеет радиус 400-500 м. На расстоянии около 500 м от навала грунта все параметры радиоактивного загрязнения местности не превышают фоновых величин.

При средней величине мощности дозы на навале грунта, равной 50-60 мкР/ч (в локальных точках максимум составляет около 0,7 мР/ч), и при гипотетическом варианте непосредственного проживания людей на навале грунта (в чем нет необходимости) возможно получение этими людьми дополнительной годовой эффективной дозы от 1 до 5 мЗв. За пределами же навала грунта полностью отсутствует необходимость в ограничении потребления молока, мяса и других продуктов местного производства, включая воду из различных водоисточников, в которых концентрация радионуклидов во много раз ниже санитарных норм.

Следует отметить, что по мнению специалистов целого ряда авторитетных международных организаций (ВОЗ, ФАО, МАГАТЭ, НКДАР ООН, ИКРЗ и др.) целью защитных мероприятий на территориях, загрязненных радиоактивными продуктами, является обеспечение высоких показателей здоровья проживающего на этих территориях населения. Достичь этого можно путем снижения доз облучения населения различными способами. Такие рекомендации могут быть достаточно просто выполнены на объекте "Чаган", а именно, исключить длительное пребывание людей в зоне воронки и навала грунта, что, собственно, и соблюдается уже в течение 35 лет и должно быть продолжено, при этом необходимо учитывать, что обозримый период естественного уменьшения величин мощностей доз излучения в 2 раза равен 20-25 годам.

Таким образом, можно сказать, что в рекультивации зоны объекта "Чаган" нет не только экономической целесообразности, но и необходимости. Целесообразнее такой объект сохранить как исторический памятник, впервые в мире созданный с помощью ядерно-взрывных технологий. Кроме того, существует фундаментальное положение в области радиационной защиты населения [32], которое состоит в том, что на практике никакую меру не следует вводить, если риск от дальнейшего облучения меньше того риска, который будет сопровождать осуществление самой меры. Возможно, эти средства более выгодно использовать на проведение мероприятий, направленных на обустройство объекта "Чаган" - памятника мирным ядерным взрывам. Одним из этапов обустройства может стать частичная рекультивация данного памятника, например, путем ландшафтного преобразования навала грунта вокруг воронки, а именно, добавлением на него

плодородной почвы (гумус и т.п.) с последующим засеиванием его травой. Вреда здоровью людей от посещения этого объекта будут не больше, чем от одноразового простейшего рентгено-диагностического обследования.

В настоящее время существуют проекты по обустройству радиоактивно загрязненных территорий, к которым, в частности, относится информационно-поисковая система "Реабилитация" Минатома России, включающая в себя нормативно-методические документы по порядку проведения реабилитации, а также расчету остаточных концентраций в землях после их рекультивации [33,34].

Необходимо отметить, что в настоящее время очень важным стал вопрос, которому на всех этапах развития ядерно-взрывных технологий не уделялось никакого внимания, - это вопрос о сохранении такого рода памятников науки и техники. *"...Нам угрожает полная потеря подобной исторической памяти, что впоследствии приведет к необходимости вторичного поиска различных объектов и их переоткрытия в условиях состоявшихся невосполнимых информационных и материальных потерь. Именно искусственное водохранилище "Чаган", созданное по ядерно-взрывной технологии, является весьма интересным объектом, который обладает целым рядом характеристик, позволяющих отнести его к историческим памятникам культурного и природного наследия: по первичности происхождения, уникальности, типологии..."* - пишут авторы статьи в газете "Атом-пресса" о водохранилище "Чаган" как об объекте музееведения [35]. Копия этой статьи приведена в Приложении 5.1.

В изданной в 1999 г. книге "Памятники науки и техники отечественной атомной отрасли" этому необыкновенному, искусственно созданному озеру "Чаган" вполне объективно присвоен статус музейного природного памятника ноотехносферной деятельности в области применения ядерно-взрывных технологий для промышленных целей. Этот объект является подтверждением того, что *"... был атом рабочим, а не солдатом."* [35]

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 5

1. Ахметов М.А., Дубасов Ю.В., Искра А.А., Логачев В.А., Матушенко А.М. и др. Характеристика исходных данных радиационного состояния эпицентральной зоны объекта "Чаган" - экскавационного подземного ядерного взрыва для создания искусственного водохранилища. // Известия НАН Республики Казахстан. Серия физ.-мат. 1994, № 6. - С. 79-97.
2. Атомные взрывы в мирных целях. / Сб. стат. под ред. И. Д. Морохова. - М.: Атомиздат, 1970. - 123 с.
3. Израэль Ю.А., Петров В. Н., Прессман А.Я., Ровинский Ф.Я., Стукин Е.Д., Тер-Сааков А.А. Радиоактивное загрязнение природных сред при подземных ядерных взрывах и методы его прогнозирования. - Л.: Гидрометеиздат, 1970. - 75 с.
4. Израэль Ю.А. Условия образования частиц радиоактивных выпадений и фракционирование изотопов при подземном ядерном взрыве с выбросом грунта. - ДАН СССР, 1966, т. 169, № 3. - С. 573-576.
5. Израэль Ю.А. Мирные ядерные взрывы и окружающая среда. - Л.: Гидрометео-издат, 1974. - 135 с.
6. Мирное использование ядерных взрывов. // В кн.: Атомная наука и техника в СССР. - М.: Атомиздат, 1977. - 103 с.
7. Губарев В. С. В двух шагах от эпицентра. - М.: "Советская Россия", 1979. - 224 с.
8. Чухин С.Г. Правда о Чагане. // Энергия: экономика, техника, экология, 1992, № 12. - 39 с.
9. Чухин С.Г. Чаган. // Атомная энергия, т. 74, вып. 4, апрель 1993. - С. 348-354.
10. Логачев В.А., Логачева Л.А., Степанов Ю.С. Радиоактивное загрязнение внешней среды после подземного ядерного взрыва с выбросом грунта в районе слияния рек Чаган и Аши-су. // Аналитический обзор. Архив ГНЦ РФ - ИБФ, 1993 - 36 с.
11. Дериглазов В.И., Горин В.В., Мальцев А.Л., Матушенко А.М., Сафонов Ф.Ф., Смагулов С.Г. Радиационно-экологическая обстановка в прилегающих к Семипалатинскому полигону областях Казахской ССР. // Инф. бюл. Центра общ. инф. по атомн. энергии (ЦНИИАтоминформ), 1991, № 4.
12. Горин В.В., Матушенко А.М., Смагулов С.Г., Чернышев А.К. и др. Семипалатинский полигон: хронология подземных ядерных взрывов и их первичные радиационные эффекты 1961-1989 гг. // Инф. бюл. Центра общ. инф. по атомн. энергии (ЦНИИАтоминформ), 1993, № 9.
13. Габбасов М.Н., Замышляев Б.В., Зеленев В.И., Лоборев В.М., Марковцев А.С., Судаков В.В. Оценка уровней радиоактивного загрязнения территории Семипалатинского полигона. / В сб.: Международная научная конференция "Геофизика и современный мир", 9-13 августа 1993 г. - 34 с.
14. Израэль Ю.А., Теверовский Е.Н. Возможность широкого мирного использования атомной энергии при обеспечении радиационной безопасности населения. *Peaceful Uses of Atomic Energy*, v. II, UN New York, Vienna, 1972.

15. Захаренков А.Д., Кедровский О.Л., Мясников К.В. и др. Обзор основных направлений применения ядерных взрывов для мирных целей в народном хозяйстве Советского Союза. // Доклад в МАГАТЭ, сентябрь 1969 г.
16. Кедровский О.Л. Применение подземных ядерных взрывов в промышленности и строительстве. / IAEA - PL - 386/19,20,21. Peaceful Nuclear Explosions Proceedings of a Pannel, Vienna, 2-6 March 1970.
17. Мясников К.В., Приходько Н.К., Мусинов В.И. и др. Исследование эффективности проведенных подземных ядерных взрывов в мирных целях и оценки перспективы их использования в современных условиях. Отчет о НИР по этапам 1 и 2. Фонды ВНИПИпромтехнологии, 1997. - 119 с.
18. Гордеев К.И. Основные закономерности формирования доз внешнего и внутреннего облучения на следах подземных ядерных взрывов. Дис. на соиск. уч. ст. докт. техн. наук. - Москва, 1970. - 339 с.
19. Рядов В.Г., Гордеев К.И., Степанов Ю.С. и др. Радиационно-гигиеническая характеристика районов, прилегающих к искусственному водохранилищу на реке Чаган по результатам наблюдений за 1965-1974 годы. Отчет о НИР. Фонды Диспансера 4. Семипалатинск, 1975. - 151 с.
20. Наука и всеобщая безопасность. Технические предпосылки для политических инициатив по контролю над вооружениями и проблемами окружающей среды. Том 7, вып. 1. США, Принстонский унив., 1998. - 49 с.
21. Родионов В.Н., Адушкин В.В., Костюченко В.Н. Механический эффект подземного взрыва. - М.: Недра, 1971. - 145 с.
22. Ядерные испытания СССР. Семипалатинский полигон: обеспечение общей и радиационной безопасности ядерных испытаний. / Кол. авторов под рук. В.А. Логачева. - М.: 2-я тип. ФУ "Медбиоэкстрем", 1997. - 319 с.+илл.
23. Ядерные испытания СССР. Новоземельский полигон: обеспечение общей и радиационной безопасности ядерных испытаний. / Кол. авторов под рук. В.А. Логачева. - М.: ИздАт, 2000. -487 с.+прилож.
24. Степанов Ю.С. Радиационная безопасность населения при проведении промышленных подземных ядерных взрывов с экскавацией грунта. Дис. на соиск. уч. ст. докт. техн. наук. - Москва, 1985. - 304 с.
25. Санитарные правила работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений (СП-333-60). Утверждены М. Никитиным (Госсаннадзор) 25.06.60 г. и введены в действие в 1961 г.
26. Чухин С.Г. Радиационная безопасность при мирном использовании подземных ядерных взрывов. - М.: Деп. рукопись в ВИМИ, 1986. - 524 с.
27. Израэль Ю.А. Радиоактивные выпадения после ядерных взрывов и аварий. - С-Петербург, "Прогресс-погода", 1996. - 355 с.
28. Макурова С.И., Дусь В.И., Зальцман З.И. и др. Радиационно-гигиеническая обстановка в районе искусственного водохранилища и в зоне радиоактивного следа спустя три года после эксперимента. Отчет о НИР. Фонды Диспансера 4, 1968. - 65 с.
29. Макурова С.И., Степанов Ю.С., Дусь В.И., Зальцман З.И. и др. Радиационная обстановка в районах, прилегающих к искусственному водоему. Отчет о НИР. Фонды Диспансера 4, 1965. - 59 с.

30. Марей А.Н., Степанов Ю.С., Богданов М.В., Турапин С.Л., Василенко И.Я., Гордеев К.И., Рядов В.Г. Санитарная оценка радиационной обстановки в районе р. Чаган, возникшей вследствие экспериментального взрыва 15.01.65 г. Докладная записка. Фонды ГНЦ РФ - ИБФ, 1965. - 13 с + прил.
31. Птицкая Л.Д. Радиологическое состояние южной части территории бывшего Семипалатинского полигона (экспериментальные исследования 1995-2000 гг.) Дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. - Курчатов, НЯЦ РК, 2000. -195 с. (рукопись).
32. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). Гигиенические нормативы. - М.: Центр сан.-эпид. нормир., гигиен., сертификации и экспертизы Минздрава России, 1999. - 116 с.
33. Концепция радиационной, медицинской, социальной защиты населения Российской Федерации, подвергшегося аварийному облучению. Одобрена РНКРЗ 04.03.1994 г.
34. Целевая комплексная программа "Реабилитация территорий, загрязненных радиоактивными и токсическими веществами в результате деятельности предприятий по производству ядерных материалов". Утверждена Минатомом России 29.03.1993 г.
35. Матушенко А.М., Логачев В.А. И был атом рабочим, а не солдатом. // Атом-пресса, 2000 г. № 3-5.

Глава 6

ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОТДЕЛЬНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ НАРУЖНОГО ДЕЙСТВИЯ

В предыдущей главе основное внимание было уделено вопросам обеспечения сейсмической и радиационной безопасности при подготовке и проведении в январе 1965 г. экскавационного ядерного взрыва мощностью 140 кт для создания в одном из засушливых районов Казахстана искусственного водохранилища путем перекрытия русла реки насыпной плотиной. Как и проектировалось, выброшенный из воронки грунт полностью перекрыл реку Чаган в месте впадения в нее реки Ащи-Су. После взрыва к началу весеннего паводка (апрель 1965 г.) через навал грунта в относительно сложной радиационной обстановке с применением новейшей для тех лет землеройной техники, управляемой людьми, был прорыт канал, соединивший два водоема - внутренний и внешний с общим объемом воды около 17 млн. м³. Со дня образования водохранилища и до настоящего времени ведется контроль и изучение радиационной обстановки на прилегающих к нему территориях. По результатам обследований водоемов в 2000 г. установлено что в настоящее время все параметры радиационной обстановки находятся на уровне существующих нормативов.

В соответствии с принятой в Советском Союзе Программой мирного использования ядерной энергии предполагалось в засушливых районах страны создать около 50 искусственных водоемов, построить каналы для переброски вод северных рек в те южные районы, где постоянно ощущался недостаток воды [1,2]. Для этого нужно было накапливать опыт и результаты решения задач подобного рода, совершенствовать расчетные соотношения применительно к различным условиям и энерговыделению промышленных ядерных зарядов, а также методы моделирования радиационной обстановки после проведения мирных подземных

ядерных взрывов и т. д., то есть продолжать проведение опытно-промышленных взрывов для изучения тех факторов, влияние которых нельзя определить с помощью теоретических расчетов, например, влияние новой геологической среды, взаимодействие нескольких зарядов при групповом взрыве и др.

6.1. ОДИНОЧНЫЕ ПОДЗЕМНЫЕ ЯДЕРНЫЕ ВЗРЫВЫ С ВЫБРОСОМ ГРУНТА

В период проведения подземных ядерных испытаний было признано целесообразным продолжить осуществление одиночных экскавационных ядерных взрывов [1,3]. Это объяснялось необходимостью исследования процесса выброса грунта в различных геологических условиях, оценки степени влияния глубины взрыва на параметры различных сейсмических волн, изучения изменения основных характеристик массива горных пород в различных частях зоны взрыва, а также исследования закономерностей радиоактивного загрязнения местности, грунта и грунтовых вод. Результаты таких исследований имели большое значение при подготовке и проведении подземных ядерных взрывов с выбросом грунта в промышленных целях.

6.1.1. ВЗРЫВ В СКВАЖИНЕ 1003

Опытный взрыв в скважине 1003 был произведен 14.10.1965 г. на Семипалатинском испытательном полигоне в урочище Сары-Узень. Специальный ядерный заряд мощностью 1,1 кт был заложен на глубине 48 м (приведенная глубина 46,7 м/кт^{1/3}). Такая глубина обеспечивала минимальный выброс радиоактивных веществ в атмосферу и исключала возможность появления за пределами границ СССР выпадений, активность которых превышала бы фоновые величины [4].

Участок в районе взрыва характеризовался осадочными отложениями верхнего девона, неогена и четвертичными образованиями. Верхнедевонские отложения были представлены преимущественно ожелезненными тонкослоистыми алевролитами и аргиллитами темно-вишневого цвета с прослоями серых песчаников. Выше алевролитов залегали жирные плотные глины зеленовато-серого цвета, в эпицентре взрыва толщина слоя глины составляла 22 м. Четвертичные отложения были представлены суглинистыми отложениями толщиной до 3,7 м. Характерной особенностью этих отложений являлась их сильная загипсованность. В пределах участка взрыва повсеместно располагался один водоносный горизонт, приуроченный к девонским отложениям [5].

Порода на глубине заложения заряда состояла из песчаника со средним содержанием влаги по весу 0,8% и других газообразующих веществ - 4,6%.

Комбинированная забивка скважины состояла из песка и естественных грунтовых вод. На отметке 16 м был установлен металлический поддон, выше которого скважину засыпали кварцевым песком.

Через 45 мсек после подрыва заряда начался подъем купола грунта со скоростью 42 м/сек. При подъеме купола, начальный диаметр которого составил 170 м, наблюдался выброс материала забивки скважины. В процессе подъема купол грунта приобрел в основании почти цилиндрическую форму, превратившись затем в столб выброса породы. Максимальная высота подъема грунта через 6 сек после взрыва составила 190 м, диаметр - 240 м, а спустя 10-12 сек столб выброса уже полностью распался. Максимальная высота подъема облака взрыва была равна примерно 300 м.

Погода в районе взрыва определялась восточной периферией ложбины циклона, ось которого проходила в 400 км к западу от эпицентра взрыва. В момент взрыва наблюдалась четырехбалльная кучевая облачность, температура воздуха была +13°C, а видимость - 10 км.

Формирование радиоактивного облака происходило в условиях задерживающего слоя воздуха с инверсионным ходом температуры на высоте 250-350 м. Образовавшееся облако взрыва перемещалось в северо-восточном направлении со средней скоростью около 40 км/ч [6].

Основной целью проведения этого экспериментального взрыва было изучение возможности создания канала через навал грунта из воронки путем предварительного заложения по радиальному направлению удлиненного заряда из обычных химических взрывчатых веществ (ВВ) с таким расчетом, чтобы после ядерного взрыва заряд ВВ оказался бы под навалом грунта. При последующем подрыве заряда ВВ в навале грунта была образована траншея, которую затем следовало использовать в качестве водоподводящего канала. Так экспериментально была показана возможность создания водоподводящего канала в радиоактивно загрязненной зоне без участия людей и использования землеройной техники.

Образовавшаяся в ходе проведения этого эксперимента воронка, внешний вид которой представлен на рис. 6.1, имела следующие размеры (все параметры были измерены через два года после взрыва):

- диаметр воронки по начальной поверхности - 124 м,
- диаметр воронки по гребню - 141 м,
- диаметр навала пород из воронки - 280 м,
- глубина видимой воронки от гребня - 29 м,
- высота гребня навала грунта - 9 м.



Рис. 6.1. Общий вид воронки, образованной взрывом в скважине 1003

Следует отметить, что и в период подготовки этого экспериментального взрыва и после его осуществления проводились комплексные инженерно-геологические исследования, которые включали в себя аэрофотосъемку местности, изучение геологического, гидрологического, геофизического и физико-механического состояния пород в центральной зоне взрыва и в прилегающем к ней массиве. На рис. 6.2а схематически изображена воронка взрыва и навал грунта с образованной в нем траншеей (юго-западное направление), а на рис 6.2б показаны в разрезе разведочные скважины и оконтуренные ими основные зоны механического действия взрыва.

Для оценки степени сейсмической опасности подземного ядерного взрыва в скважине 1003 проводилась регистрация параметров сейсмических волн по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Было установлено, что при прохождении прямой продольной волны на расстояниях от 0,2 км до 20 км от места взрыва максимальные смещения составляли 97,5-0,03 мм, а массовые скорости - 183-0,02 см/сек.

В ходе гидрогеологических наблюдений, проводившихся более трех лет на площадке в зоне скважины 1003, было установлено, что в результате взрыва в радиусе, превышающем 1000 м, произошло региональное понижение уровня подземных вод. Так, на расстоянии 310 м от эпицентра взрыва понижение составляло 12 м. Начальный гидродинамический уровень подземных вод полностью восстановился через 2,5 года после взрыва.

Заполнение видимой воронки подземными водами началось через три месяца после взрыва. Максимальный объем воды в воронке составлял около 500 м³.

План воронки

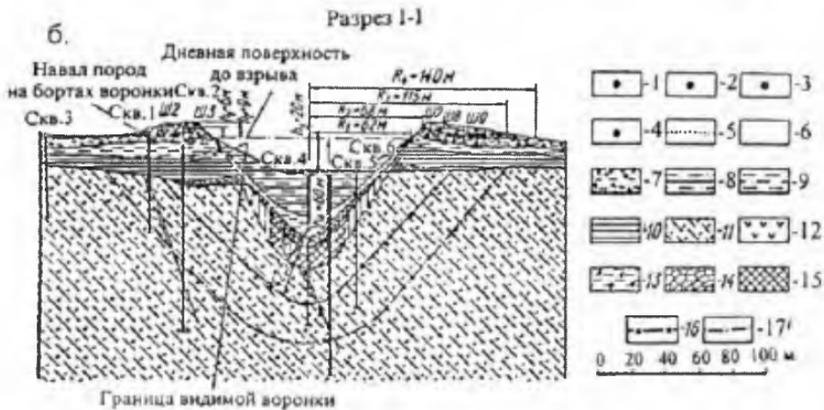
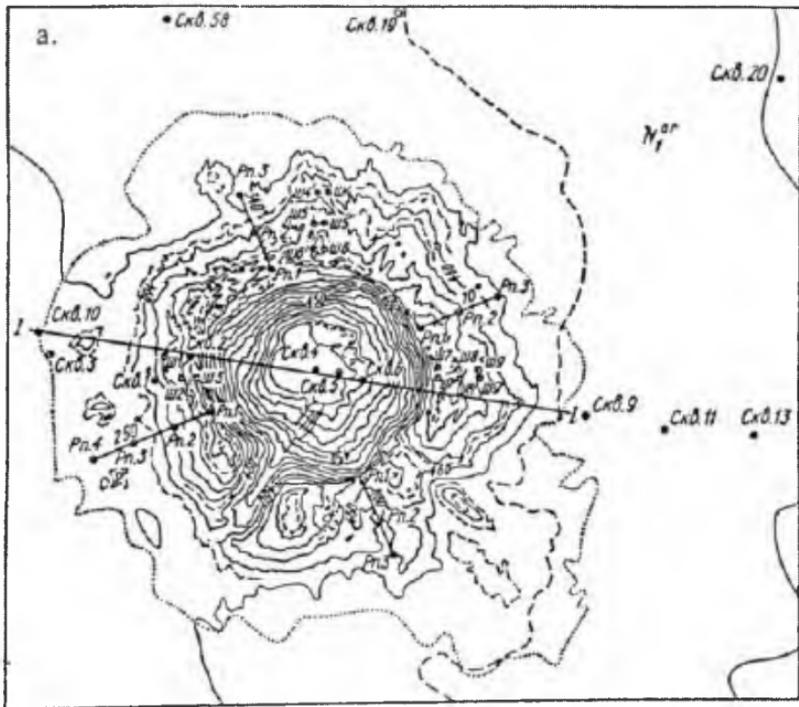


Рис. 6.2. Воронка и навал пород (а) и зоны деформаций пород (б) при взрыве в скважине 1003.

- 1 – скважины, пройденные до эксперимента; 2 – скважины, пройденные после эксперимента; 3 – шурфы; 4 – репера по изучению осадки пород навала; 5 – граница навала выброшенных пород; 6 – глины; 7 – почвенно-растительный слой и суглинки; 8 – серо-зеленые и буровато-коричневые глины; 9 – серо-зеленые глины; 10 – буровато-коричневые глины; 11 – алевролиты; 12 – диабазовые порфиты; 13 – глина с обломками алевролита (>30 %); 14 – разрушенный алевролит; 15 – зона дробления; 16 – нижняя граница интенсивной трещноватости; 17 – нижняя граница зоны блоковой трещиноватости.

Одно из последних обследований воронки взрыва "1003" и прилегающей к ней территории было проведено в 1999 г. специалистами Института радиационной безопасности и экологии (ИРБЭ) Национального ядерного центра Республики Казахстан (НЯЦ РК). По результатам обследования было установлено, что "на дне воронки скопились атмосферные воды, вызвавшие местный подъем уровня водноносного горизонта," в котором "присутствуют цезий-137, стронций-90 и тритий, но в количествах ниже предельно допустимых норм" [7].

Большое внимание в период подготовки и осуществления этого экспериментального взрыва уделялось обеспечению радиационной безопасности населения, проживавшего в близлежащих к зоне взрыва районах. Особое значение придавалось не только разработке и реализации различного рода мероприятий, обеспечивающих безопасность населения, но и результатам изучения радиационной обстановки в районе взрыва и за его пределами. Полученные данные позволяли уточнять методики оценки доз внешнего и внутреннего облучения людей, а результаты расчетов использовать при решении задач, связанных с обеспечением радиационной безопасности населения.

В ходе проводимых после взрыва в скважине 1003 исследований было установлено, что вместе с аэрозольными частицами в районе взрыва выпало 4 % радиоактивных веществ от общего их количества, образовавшегося при взрыве, а на ближнем следе - примерно 3,5% [6]. Доля продуктов деления, выпавших на дальнем следе по отношению к общему количеству РВ составила 0,66 % [3].

Формирование радиоактивного следа после этого подземного ядерного взрыва происходило практически при струйном ветре северо-восточного направления. В табл. 6.1 приведены данные, характеризующие уровни радиации на оси сформировавшегося следа.

Таблица 6.1.

Мощности доз гамма-излучения на местности по оси следа подземного ядерного взрыва с выбросом грунта в скважине 1003 на время "Ч+24" после взрыва

| Расстояние от эпицентра взрыва, км | 0,75 | 1,5 | 3 | 7 | 12 | 20 | 30 | 40 | 60 | 80 | 100 |
|------------------------------------|------|-----|----|----|----|-----|-----|-----|------|-----|------|
| Уровень радиации, мР/ч | 700 | 240 | 80 | 23 | 9 | 2,4 | 1,0 | 0,5 | 0,25 | 0,1 | 0,05 |

Схема следа радиоактивного загрязнения и положение зон безопасности, установленных "Перечнем мероприятий..." представлены на рис. 6.3.

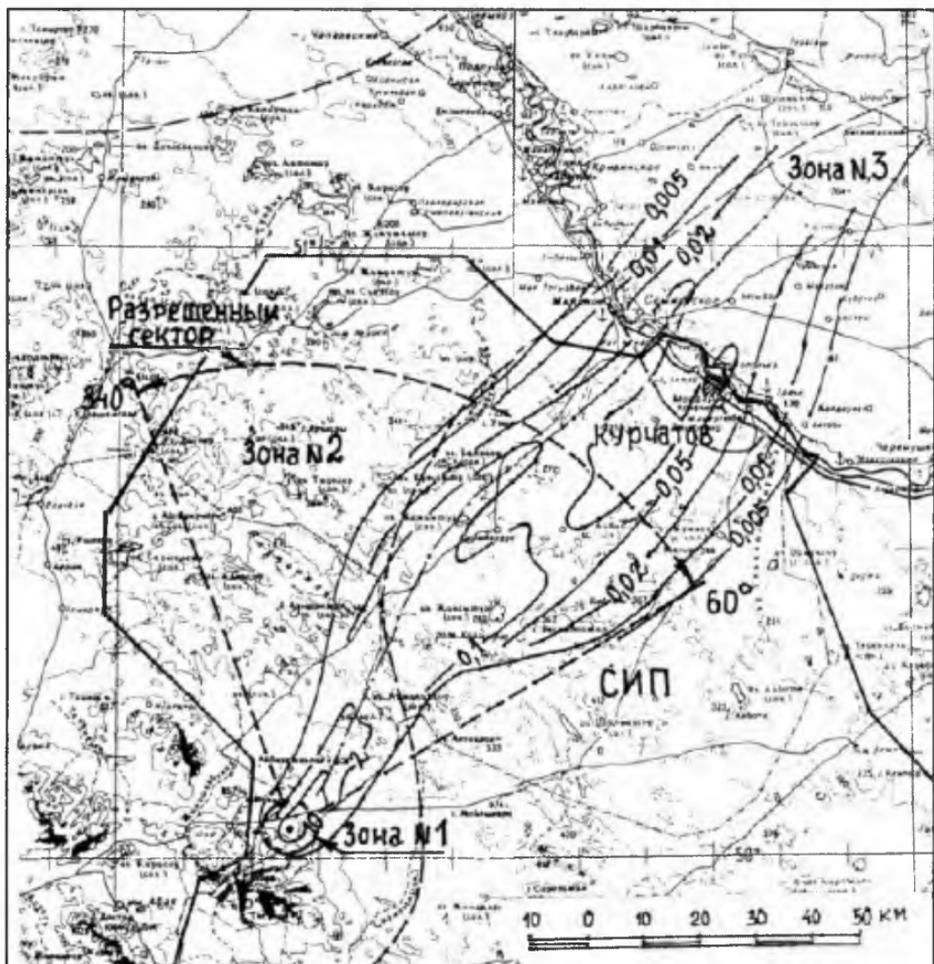


Рис. 6.3. Схема следа радиоактивного загрязнения после подземного ядерного взрыва с выбросом грунта (скважина 1003) и зоны безопасности.

Условные обозначения:

- 0,1— мощность дозы гамма-излучения (мР/ч) через 24 часа после взрыва от радиоактивных веществ, выпавших на местность;
- - граница территории Семипалатинского полигона;
- - - - ось следа.

Следует особо отметить, что относительный вклад в дозу внешнего облучения от радиоактивного следа, то есть от выпавших на местность радиоактивных веществ, и от проходящего облака после различных взрывов был неодинаков. Так, при взрыве в скважине 1003, после которого облако распространялось на малой высоте (максимальная высота подъема облака была равна 300 м) и как бы

стелилось по земле, вклад в дозу внешнего облучения от облака был значительно больше (в десятки раз), чем от следа. Знание этих эффектов имело важное оборонное значение в период холодной войны между странами, входившими в НАТО, и государствами Варшавского договора, когда в Европе планировалось создание нескольких полос ядерно-минных заграждений.

На основании результатов анализа экспериментальных данных о свойствах радиоактивных выпадений в ближних зонах после взрывов в скважинах 1004 и 1003 были выявлены некоторые особенности изотопного загрязнения местности. Так, например, было установлено, что при взрыве в скважине 1003 фракционирование радиоизотопов было более существенным. Кроме того, при этом взрыве не наблюдалось значимого разделения основных источников радиоактивных выпадений (облака взрыва, пылевого столба и базисной волны). Эти источники как бы формировали единый источник выпадений. В этих условиях ближний след слагался из двух зон: ближней и дальней. В ближней зоне радиоактивное загрязнение обуславливалось гравитационным выпадением сравнительно крупных частиц, в дальней зоне - осаждением мелких частиц, обогащенных в большей степени летучими радионуклидами [3]. Результаты анализа данных радиографий по сечениям следа на различных расстояниях от эпицентра взрыва в скважине 1003 позволяют утверждать, что на больших расстояниях происходит уменьшение относительного количества частиц первого типа, имеющих стекловидную структуру, и увеличение доли частиц третьего типа, которые по внешнему виду практически не отличаются от частиц раздробленной породы, а радиоактивные вещества с них легко смываются даже простой водой, поэтому обладают повышенной биологической доступностью.

Как уже отмечалось выше, при проведении этого взрыва большое внимание уделялось разработке целого комплекса мероприятий, обеспечивающих радиационную безопасность персонала и населения. На рис. 6.4 приведена копия титульного листа документа, определяющего мероприятия по обеспечению безопасности при проведении подземного взрыва в скважине 1003, с подписями руководителей Минобороны СССР, Минсредмаша СССР, Минздрава СССР и Главного управления гидрометеослужбы СССР. Кроме того, ниже в сокращенном виде представлено содержание этого очень интересного документа.

"УТВЕРЖДАЮ"

"УТВЕРЖДАЮ"

"УТВЕРЖДАЮ"

Д. Куликов 20 " июля 1965 г. *В. Курнозин* 19 " июля 1965 г. *В. Курнозин* 19 " июля 1965 г.

"СОГЛАСОВАНО"

"СОГЛАСОВАНО"

Б. Савельев 20 " июля 1965 г. *В. Курнозин* 19 " июля 1965 г.

ПЕРЕЧЕНЬ МЕРОПРИЯТИЙ

по обеспечению безопасности при проведении калибровочного опыта в окрестности 1008 объекта 905 МО

1. Условия проведения калибровочного опыта

Калибровочный опыт в окрестности 1008 объекта 905 МО (тротильный эквивалент 1,1 тыс. тонн, глубина заложения заряда 42м, приведенная глубина 46,7 м/кг^{1/3}) должен проводиться при условиях, обеспечивающих минимальный вынос радиоактивных веществ и исключающих выпадение их выше фоновых значений за пределами территориальных границ СССР.

При проведении калибровочного опыта должны быть такие метеорологические условия, когда:

- траектория перемещения взгрязненных воздушных масс из района взрыва будет проходить на расстоянии первых 150-200 км в секторе в азимутах сторон 340°-0°-60° (относительно эпицентра взрыва) и при последующем перемещении в течение первых трех суток после взрыва - по территории СССР в северном и северо-восточном направлениях;

.....

В. Курнозин 10.7.65 БЕНЕДИКТИЙ

В. Курнозин 12. VII 65 ЦЫРКОВ

"СОГЛАСОВАНО"

В. Курнозин 7. VII 65 *В. Курнозин* 6.7.65

В. Курнозин

ПРАВЕЦКИЙ

ИЗНАЗЬ

М. НИКОЛЬСКИЙ

Рис. 6.4. Фрагмент копии первого листа «Перечня мероприятий по обеспечению безопасности...» и заключительные подписи ответственных лиц

**"Перечень мероприятий
по обеспечению безопасности при проведении калибровочного
опыта в скважине 1003 объекта 905 Минобороны СССР**

1. Условия проведения калибровочного опыта

Калибровочный опыт в скважине 1003 ... должен проводиться при условиях, обеспечивающих минимальный вынос радиоактивных веществ и исключаяющих выпадение их выше фоновых значений за пределами территориальных границ СССР.

При проведении опыта должны быть такие метеорологические условия, когда:

- траектория перемещения загрязненных воздушных масс из района взрыва будет проходить на расстоянии первых 150-200 км в секторе с азимутами сторон 340° - 0° - 60° (относительно эпицентра взрыва) и при последующем перемещении в течение первых трех суток после взрыва - по территории СССР в северном и северо-восточном направлениях;
- на расстоянии до 150-200 км от эпицентра взрыва по пути перемещения облака будут отсутствовать атмосферные осадки.

Выбор метеорологических условий и оценка концентраций радиоактивных продуктов в воздухе и на поверхности земли проводится группой прогноза при Руководстве испытаниями, в состав которой входят специалисты Центрального института прогнозов ГУГМС, Института прикладной геофизики, ЦНИИ-12 МО, Службы специального контроля 6 Управления 12 ГУ МО и Полигона.

2. Режимные зоны

Для обеспечения безопасности участников испытаний и населения на период проведения опыта создаются следующие режимные зоны:

Зона № 1. Радиус зоны 5 км.

В этой зоне исключается пребывание людей во время взрыва, кроме ограниченного числа лиц на наблюдательном пункте, командном пункте (КП) и командном пункте автоматики (КПА). Список этих лиц утверждается Руководителем испытаний.

За два часа до взрыва участники испытаний в соответствии с утвержденным списком сосредотачиваются на КП и КПА. Остальные участники испытаний отводятся за пределы зоны № 1 (См. рис. 6.3.).

В период с "Ч-2" до "Ч-1" производится облет зоны № 1 на самолете или вертолете с целью контроля за выводом людей.

О выводе людей докладывается Руководству испытаниями.

Зона № 2. Радиус зоны 85 км.

В эту зону включается территория, ограниченная азимутами сторон 340° - 0° - 60° и радиусами 5 и 85 км. При прохождении шлейфа пылевого облака через пункты дислокации, находящиеся в этой зоне, проводится укрытие личного состава в домах.

Зона № 3. В зону включается местность за пределами зоны № 2 и запретной территории Полигона в секторе допустимого движения облака.

В связи с тем, что при данном опыте сейсмическое воздействие невелико, а за пределами территории Полигона степень радиоактивного загрязнения местности и атмосферы будет находиться в пределах допустимых норм, оповещение населения о взрыве не проводится.

В зоне № 3 проводится радиационная разведка до уровней радиации, превышающих фоновые значения в 10-20 раз и, при необходимости, дозиметрические и радиометрические наблюдения за объектами внешней среды в населенных пунктах, оказавшихся на следе радиоактивного облака.

3. Ответственные за безопасность при проведении опыта

Общая ответственность за соблюдение условий, исключающих выпадение радиоактивных осадков за пределами территории СССР, а также за обеспечение безопасности участников испытаний и населения возлагается на руководителей испытаниями.

Ответственность за прогнозирование траектории перемещения воздушных масс из района взрыва возлагается на представителя Центрального института прогнозов ГУГМС.

Ответственность за проведение медицинских мероприятий, связанных с обеспечением безопасности населения, возлагается на представителя Минздрава СССР.

Решение по выбору времени испытания принимается комиссией по проведению опыта и оформляется специальным документом.

При разработке мероприятий по обеспечению радиационной безопасности участников испытаний руководствоваться "Правилами работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений в частях и учреждениях Минобороны СССР" (Приложение № 7 к приказу Министра обороны СССР № 136 от 04.06.1963 г.).

При разработке мероприятий по радиационной безопасности населения руководствоваться суммарной годовой дозой внешнего облучения, которая не должна превышать 0,5 бэр.

4. Мероприятия по обеспечению безопасности, осуществляемые в подготовительный период и после проведения опыта

| № пп | Мероприятия | Кто обеспечивает проведение | Кем контролируется выполнение |
|-----------------------------------|---|--|---------------------------------------|
| 1. Подготовительный период | | | |
| 1. | Создать группу прогноза при Руководстве испытаниями. | 6 Управление 12 ГУ МО | Начальник 6 Управления 12 ГУ МО |
| 2. | Разработать план взаимодействия и создать оперативную группу для организации взаимодействия ЦИП ГУГМС с другими подразделениями по изучению радиоактивного загрязнения местности и атмосферы в ближней зоне и на сверхдальних расстояниях от района взрыва. | ГУГМС, 6 Управление 12 ГУ МО, 6 Управление ВВС | Начальники учреждений |
| 3. | Укомплектовать Службу безопасности Полигона необходимым личным составом. На Службу безопасности возложить задачи по обеспечению безопасности участников эксперимента и населения. Обеспечить Службу безопасности необходимыми материально-техническими средствами, дозиметрической аппаратурой и транспортом. | Полигон | Начальник Полигона |
| 4. | Создать при 2 Управлении Полигона отряд воздушной радиационной разведки и обеспечить его необходимыми техническими средствами. Разработать инструкцию о порядке проведения воздушной радиационной разведки и взаимодействия с наземными подразделениями разведки. | 2 Управление Полигона | Начальник Полигона |
| 5. | Провести оценку фона радиоактивных выпадений и концентрации радиоактивных веществ в воздухе на территории СССР. | ГУГМС, 6 Управление 12 ГУ МО | Начальники учреждений |
| 6. | Разработать план и порядок оповещения городка "М" и других объектов на территории Полигона. | Полигон | Начальник Полигона |

| № пп | Мероприятия | Кто обеспечивает проведение | Кем контролируется выполнение |
|------|--|------------------------------|--|
| 7. | Разработать план и порядок допуска участников испытаний в зону № 1 в подготовительный период и после взрыва, а также план и порядок отвода людей из этой зоны на период проведения взрыва. | Полигон | Начальник Полигона |
| 8. | Разработать инструкцию по обеспечению безопасности при работах в зонах № 1 и № 2, при отборе проб из навала воронки, на следе и при анализе этих проб. | Полигон | Начальник Полигона |
| 9. | Разработать инструкцию по обеспечению безопасности при работах со специзделием во время его транспортировки, сборки, опускания в скважину, а также при работе в районе скважины | КБ-11 МСМ | Руководитель испытаний |
| 10. | Ознакомить весь личный состав с инструкциями и мероприятиями по безопасности. Проверить усвоение требований этих инструкций на частных и генеральной репетициях. | Руководители групп | Начальник службы безопасности Полигона |
| 11. | Обеспечить специальные и приборные сооружения, выжидательный район, городок "М" и другие объекты дозиметрической аппаратурой для изучения радиационной обстановки в этих пунктах. | Полигон | Начальник Полигона |
| 12. | Подготовить необходимое количество пунктов санитарной обработки. Обеспечить участников испытаний индивидуальными средствами защиты и контроля облучения. Развернуть медпункт в районе проведения эксперимента. | Служба безопасности Полигона | Начальник Полигона |
| 13. | Выдать прогноз перемещения воздушных масс из района работ по территории СССР за 72 часа вперед | ЦИП ГУГМС | Начальник ГУГМС |
| 14. | Привести в готовность авиационные средства, участвующие в зондировании атмосферы. | 6 Управление ВВС, ГУГМС | Начальники Управлений |
| 15. | Привести в готовность планшетные сети, средства отбора проб из воздуха ССК и ГУГМС и лаборатории ССК. | Начальник штаба Полигона | Начальник Полигона |

| № пп | Мероприятия | Кто обеспечивает проведение | Кем контролируется выполнение |
|---|---|---|--|
| 16. | <i>Организовать отвод людей из зоны № 1 в выжидательный район и наблюдательный пункт и провести проверку территории зоны № 1 с целью недопущения пребывания людей в этой зоне в период эксперимента.</i> | <i>Служба безопасности Полигона</i> | <i>Начальник Полигона</i> |
| 2. Период после проведения опыта | | | |
| 17. | <i>Организовать радиационную разведку местности в районе взрыва и обозначить границы зоны с опасными уровнями радиации.</i> | <i>Служба безопасности Полигона</i> | <i>Начальник Полигона</i> |
| 18. | <i>Провести воздушную радиационную разведку на глубину до 600 км в соответствии с прогнозом траектории перемещения облака и уточненными данными о метеобстановке на день испытаний. При необходимости провести наземную разведку и радиометрическое обследование объектов внешней среды в населенных пунктах, оказавшихся в зоне перемещения шлейфа облака.</i> | <i>2 Управление Полигона</i> | <i>Начальник Полигона</i> |
| 19. | <i>Организовать наблюдение за перемещением загрязненных воздушных масс по территории СССР и отбор проб аэрозолей средствами ВВС, ГУГМС и ССК.</i> | <i>ССК, 6 Управление 12 ГУ МО</i> | <i>Начальники ССК и 6 Управления 12 ГУ МО"</i> |

При сравнении приведенного выше Перечня мероприятий по обеспечению безопасности проведения мирного ядерного взрыва с выбросом грунта с Перечнем мероприятий, обеспечивающих безопасность при осуществлении подземного испытания ядерного оружия [8,9], в их содержаниях можно отметить много общего. И это естественно, поскольку при возможном возникновении нештатной радиационной ситуации, что, к сожалению, можно было наблюдать при проведении нескольких подземных испытаний ядерного оружия, степень опасности радиационного фактора, в отличие от других факторов подземных ядерных взрывов, увеличивалась.

Следует отметить, что после взрыва в скважине 1003 на образовавшемся радиоактивном следе была проведена серия научно-исследовательских работ по изучению степени влияния радиационных факторов на различные объекты внешней среды. Так, в

частности, были определены основные закономерности радиоактивного загрязнения пастбищного разнотравья и поступления биологически значимых радионуклидов в молоко коров. Образовавшийся после этого подземного ядерного взрыва с выбросом грунта след радиоактивного загрязнения прошел через расположенный на расстоянии 105 км от эпицентра взрыва населенный пункт Молдары, вблизи которого находилась молочная ферма. На этой ферме содержалось 100 дающих молоко коров, средний удой молока на корову составлял 10 литров, дойка проводилась два раза в сутки: в 7 и 18 часов, стадо в светлое время суток паслось на пастбищах, в суточный рацион животных входило 50 кг травы (зеленое степное разнотравье) за день выпаса, 25 литров речной воды из реки Иртыш и 1,5 кг сухих комбикормов в ночное время.

Большое значение для оценки степени загрязнения молока и продуктов питания местного производства, а значит и доз внутреннего облучения жителей поселка Молдары имели результаты исследований, проводимых под руководством К. И. Гордеева [6]. В течение первых двух суток после взрыва были определены основные параметры радиоактивного загрязнения всей площади пастбища, в том числе и радиоизотопный состав выпадений. Мощность дозы гамма-излучения через 24 часа после взрыва составляла 0,03 мР/ч. В табл. 6.2 приведены данные, характеризующие уровни загрязнения биологически опасными радионуклидами пастбища через 24 часа после взрыва в скважине 1003.

Таблица 6.2.

Степень загрязнения пастбища молочной фермы, расположенной вблизи поселка Молдары, биологически опасными радионуклидами через 24 часа после взрыва в скважине 1003 [6]

| Радионуклид (i) | Период полураспада ($T_{1/2}$) | Удельная активность травы (Q_i^{24}), Бк/кг | Поверхностное загрязнение местности (β_i^{24} м), Бк/м ² |
|-----------------|----------------------------------|---|--|
| Стронций-89 | 51 день | 5400 | 9000 |
| Стронций-90 | 28,4 года | 55 | 93 |
| Цирконий-95 | 65 дней | 330 | 550 |
| Йод-131 | 8,06 дня | 2700 | 4500 |
| Йод-133 | 20,9 часа | 3700 | 6300 |
| Цезий-137 | 26 лет | 90 | 150 |

Отбор проб молока для радиометрических, радиохимических и спектрометрических анализов был начат через 7 часов после взрыва и продолжался в течение 32 дней. К этому времени удельная радиоактивность молока снизилась до величин, близких к фоновым, о чем свидетельствуют данные, приведенные на графике рис. 6.5. При анализе этого графика можно видеть, что радиоактивность

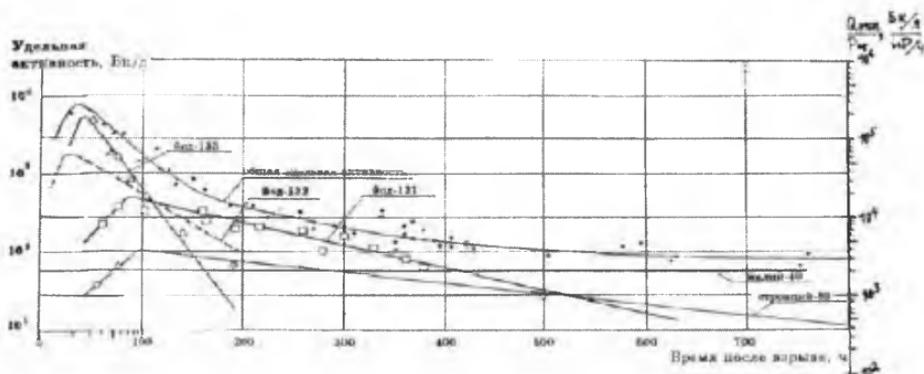


Рис. 6.5. Изменение удельной активности молока во времени

свеженадоенного молока определялась в основном йодом-133, йодом-132, йодом-131 и стронцием-89. Кроме того, на рис. 6.5 видно, что изменение во времени общей активности молока характеризуется тремя основными периодами. Так, первый период - это период, в течение которого происходило быстрое увеличение уровня радиоактивности молока, достигая максимума примерно через двое суток от момента загрязнения пастбища. Второй период - период быстрого снижения степени радиоактивного загрязнения молока. В этот период, продолжавшийся примерно 10-12 суток, общая радиоактивность молока определялась, как и в первом периоде, радионуклидами йода, причем в основном йодом-132 и йодом-133. Быстрое уменьшение содержания этих радионуклидов в молоке определяло скорость снижения его общей активности. Третий период - это период монотонного убывания общей радиоактивности молока до уровня естественного фона. В течение этого периода величина общей активности молока определялась в основном содержанием естественного радионуклида калия-40 (примерно 60 Бк/л), а также йода-131 и стронция-89.

В процессе исследований, проводимых под руководством К.И. Гордеева, была сделана попытка определить причины, влияющие на скорость очищения корма при пастбищном содержании животных. К таким причинам, кроме естественного радиоактивного распада продуктов взрыва, можно было отнести удаление радиоактивных частиц с травы под действием дождя и снега, рост свежей травы, поедание животными молодых побегов растений и др. По результатам исследований было установлено, что степень радиоактивного загрязнения пастбищной травы и надземной части других сельскохозяйственных растений определяют частицы диаметром менее 50 мкм. Это позволило в последующем разработать методические подходы к оценке доз внутреннего облучения при

ингаляционном и пероральном поступлении радиоактивных веществ по различным пищевым цепочкам [10].

Не менее важное значение для разработки таких методических подходов имели и результаты исследований, проводимых при осуществлении других подземных ядерных взрывов наружного действия.

6.1.2. ВЗРЫВ "ТЕЛЬКЕМ-1"

В 1965 г., вскоре после проведения двух экскавационных взрывов в скважинах 1003 и 1004, внимание специалистов, участвовавших в выполнении Программы № 7, было привлечено к возможности сооружения такого канала, с помощью которого можно было бы отвести воды из арктических районов страны в бассейн реки Волга и в Каспийское море, уровень которого постоянно понижался. Однако прежде, чем приступить к сооружению канала, необходимо было провести работы по выемке траншей и образованию насыпей. Такую трудоемкую работу в достаточно короткое время можно было выполнить только при условии использования для этих целей ядерно-взрывных технологий. Поэтому было принято решение провести в юго-восточной части Семипалатинского полигона два подземных ядерных испытания наружного действия: одиночный взрыв "Телькем-1" и групповой - "Телькем-2".

Первое испытание - это произведенный 21.10.1968 г. на глубине 31,4 м одиночный подземный ядерный взрыв с выбросом грунта "Телькем-1" мощностью 0,24 кт (всё энерговыделение за счет реакций деления). Целью проведения этого взрыва было изучение параметров механического и радиационного факторов для последующего использования полученных данных при подготовке и проведении группового взрыва наружного действия.

Участок взрыва "Телькем-1" был представлен серыми неравномерно зернистыми песчаниками, переслаивающимися темно-коричневыми аргиллитами и желтовато-бурыми алевролитами со значительным количеством органических соединений. Газовость пород в месте заложения заряда составляла 12,8 %. Забивка скважины проводилась кварцевым песком на глубину 15 м от поверхности земли, остальная часть скважины заполнялась щебнепесчаной смесью. Механическое действие взрыва регистрировали методами оптических и сейсмических наблюдений. На рис. 6.6 представлена картина развития выброса грунта при взрыве "Телькем-1". В результате взрыва образовалась воронка правильной формы и навал выброшенной породы. На рис. 6.7 представлена схема воронки, которая имела следующие размеры:

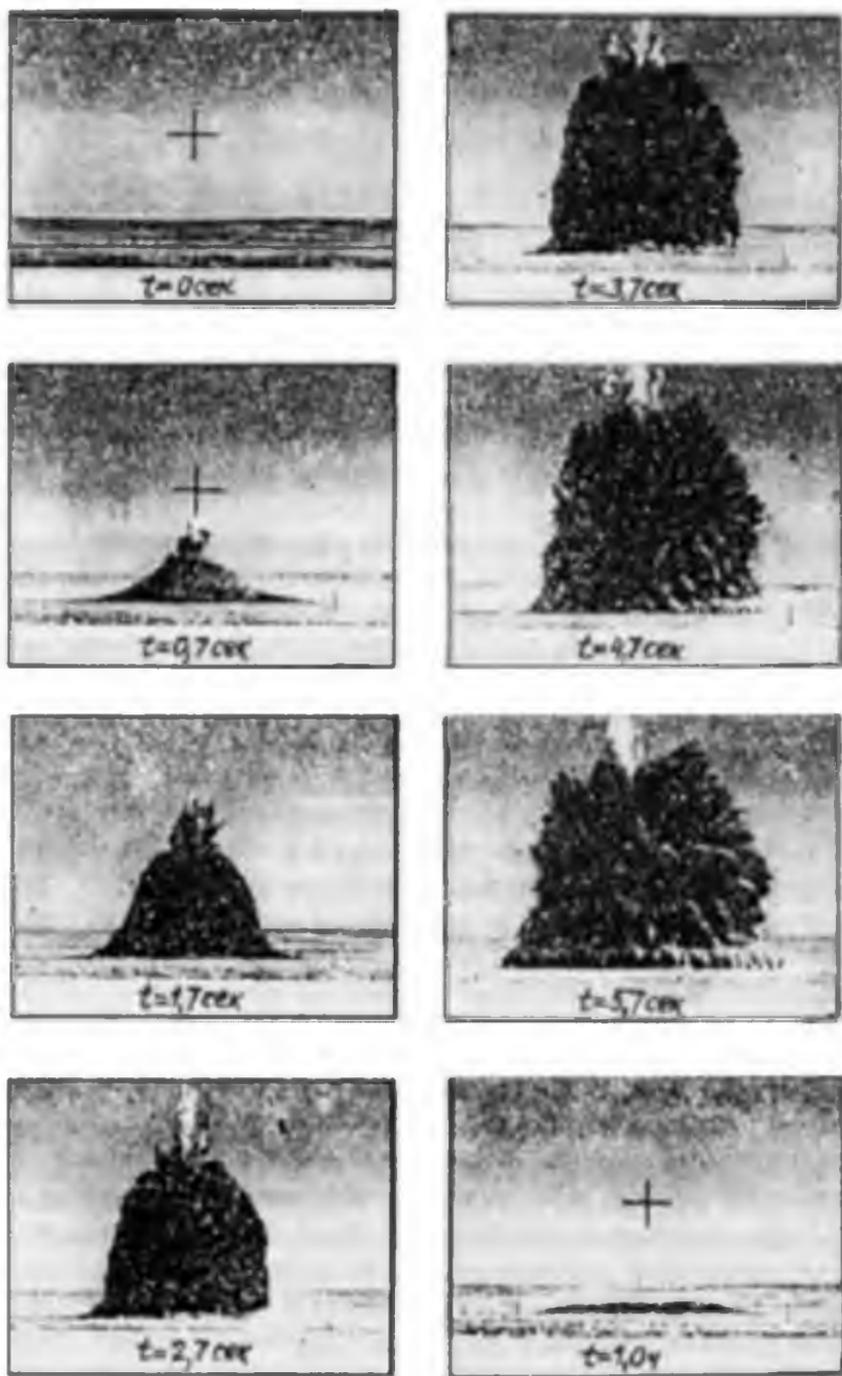
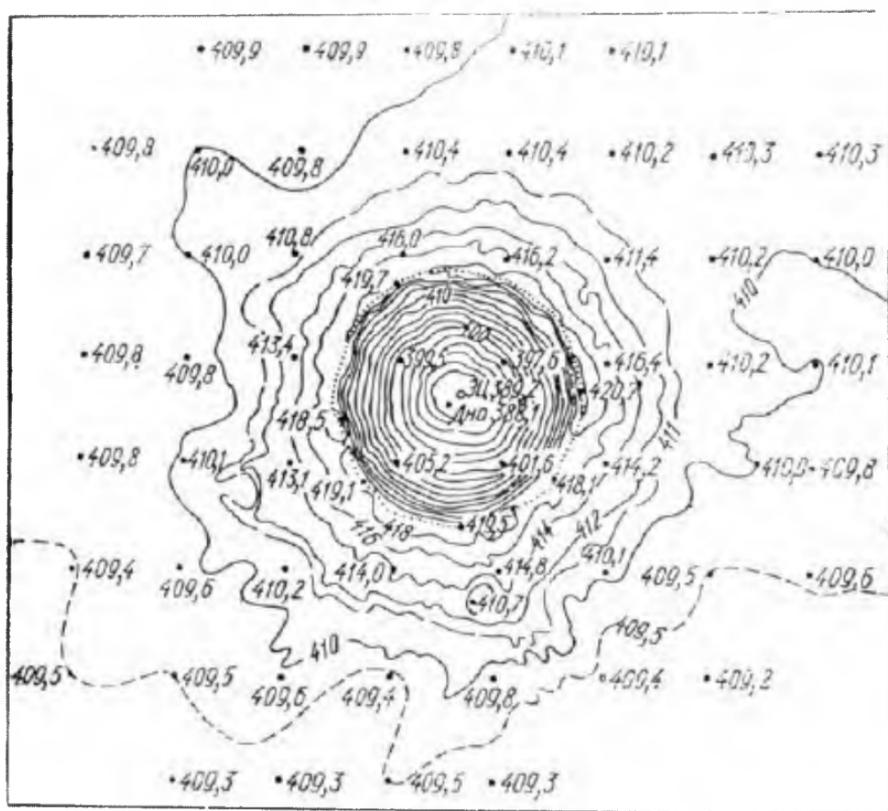


Рис. 6.6. Развитие выброса грунта и облака ядерного взрыва «Телькем-1» мощностью 0,24 кт.

План воронки:



..... Контур воронки по гребню навала

Разрез

Ю-В

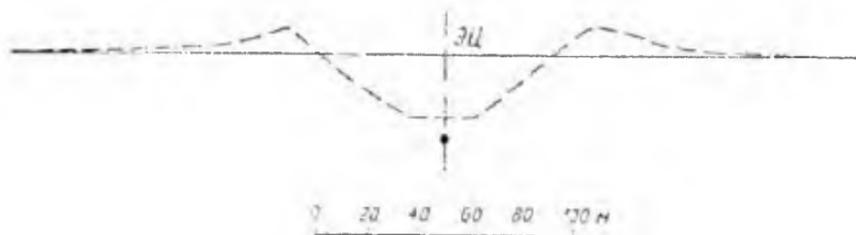


Рис. 6.7. Контур воронки навала пород при взрыве «Телькем-1»

- диаметр воронки по начальной поверхности - 68-80 м,
- глубина воронки от начальной поверхности - 21 м
- диаметр гребня навала - 82-108 м,
- высота гребня навала - 8-10 м,
- радиус зоны выброшенного грунта - 110-140 м.

Образовавшаяся воронка через несколько дней после взрыва заполнилась подземными водами. Необходимо отметить, что за счет большой газовости пород радиус воронки превысил расчетную величину на 25 %, а глубина воронки увеличилась на 40 % [5]. Через четыре месяца после взрыва уровни радиации на навале грунта не превышали 20 мР/ч.

После взрыва "Телькем-1" по ходу движения облака в северном направлении сформировался след радиоактивного загрязнения местности, на территории которого количество выпавших радиоактивных продуктов не превышало 0,2 % от общего количества, образовавшегося при взрыве. Этот след, имея протяженность несколько десятков километров, полностью "расположился" на запетной территории полигона [3].

Следует отметить, что принципы и критерии обеспечения сейсмической и радиационной безопасности при проведении этого взрыва были такими же, как и при взрыве в скважине 1003.

Полученные в ходе эксперимента "Телькем-1" данные о механическом действии взрыва на окружающую породу позволили уточнить параметры заложения ядерных зарядов группового взрыва, а также сделать важный вывод о том, что газовость пород сильно влияет на механическое проявление взрыва и выход в атмосферу радиоактивных продуктов.

6.2. ГРУППОВЫЕ ПОДЗЕМНЫЕ ЯДЕРНЫЕ ВЗРЫВЫ С ВЫБРОСОМ ГРУНТА

В период проведения мирных подземных ядерных взрывов было принято считать, что перспективы применения в народном хозяйстве групповых ядерных взрывов значительно шире, чем одиночных [11]. С помощью групповых взрывов можно было вскрывать крупные месторождения полезных ископаемых, прокладывать каналы и изменять русла рек, создавать набросные гидротехнические плотины, искусственные водоемы и т. д.

Изучение механики групповых взрывов началось в ходе проведения научно-исследовательских работ с использованием химических ВВ в лабораторных и полевых условиях, затем эти исследования были продолжены при осуществлении полномасштабных ядерных взрывов.

6.2.1. ВЗРЫВ "ТЕЛЬКЕМ-2"

Основной задачей экспериментального взрыва "Телькем-2", произведенного 12.11.1968 г. на Семипалатинском испытательном полигоне, являлось получение данных о механическом и радиационном действии взрыва, необходимых для проектирования групповых подземных взрывов в промышленных целях.

Характеристики горных пород при взрыве "Телькем-2" были примерно такие же, как и при взрыве "Телькем-1". Для взрыва три заряда мощностью по 0,24 кт были размещены в скважинах глубиной 31,4 м каждая, расстояния между скважинами составляли 40 м. Забивка скважин и все остальное оснащение эксперимента не отличались от таковых при проведении опыта "Телькем-1".

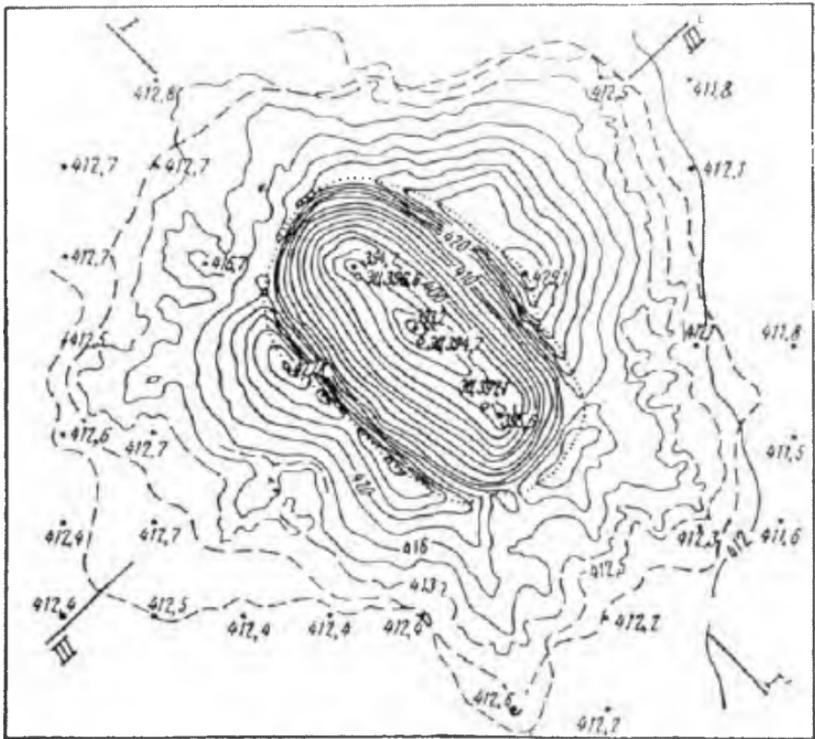
Подъем поверхности грунта при взрыве происходил в виде сплошного купола, вытянутого по линии заложения зарядов. Через 5 сек после взрыва высота подъема породы была максимальной, составив 82-115 мм при длине фронта купола 224 м и ширине 183 м. С торцевой стороны столб выброса имел в основном симметричную форму. На рис. 6.8 приведен общий вид выброса грунта и радиоактивного облака через 6,5 сек после взрыва, когда у основания выброса при падении части грунта стала образовываться пылевая базисная волна.



Рис. 6.8. Развитие выброса грунта и облака группового ядерного взрыва «Телькем-2» (3x0,24 кт); общий вид через 6,5 сек после детонации зарядов

В результате взрыва трех линейно расположенных зарядов образовалась траншейная выемка и навал выброшенной породы, вид которых схематично приведен на рис. 6.9. Образованная групповым взрывом воронка вскоре заполнилась водой.

План траншеи



Условные обозначения

- Контур валика по гребню навала
- Граница зоны навала выброшенного грунта

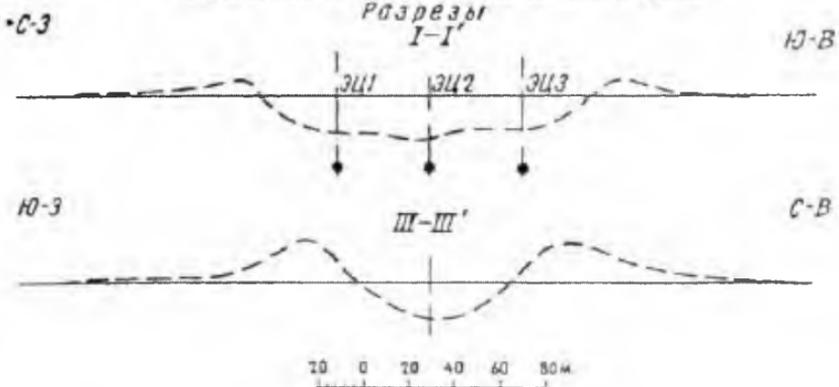


Рис. 6.9. Контуры траншеи и навала пород при взрыве «Телькем-2»

Радиоактивный след после взрыва "Телькем-2" сформировался в северо-северо-восточном направлении и имел примерно такие же размеры, какие и след после взрыва "Телькем-1". При этом, что особенно важно, эффект группового взрыва практически не увеличил

относительного количества радиоактивных продуктов на местности. Основная часть всех радиоактивных продуктов взрыва находилась в эпицентральной зоне, в образовавшейся воронке и навале грунта.

Общие результаты взрыва "Телькем-2" практически соответствовали результатам, полученным при проведении для выемки грунта американского взрыва "Багги", особенно если учесть различия в геологических условиях осуществления этих взрывов.

В настоящее время уровни радиации на гребне навала грунта после взрыва "Телькем-2" составляют всего 25-30 мкР/ч, что лишь незначительно превышает величину местного гамма-фона.

В ходе проведения экспериментальных взрывов "Телькем" были получены важные данные, необходимые для планирования работ по созданию канала Печора-Кама [12].

6.2.2. ВЗРЫВ "ТАЙГА"

Как известно, в бывшем СССР южные регионы страны страдали от засух и отсутствия в них нужного количества водоисточников. Поэтому восполнить растущую потребность в воде в центральных и южных районах СССР, а также повысить уровень Каспийского моря было решено путем переброски части стока северных рек, в бассейнах которых имелся избыточный запас воды, в частности, стока реки Печора. Осенью 1969 г. Госпланом СССР был одобрен план работ по созданию канала Печора-Кама в рамках выполнения Программы мирного использования ядерной энергии.

Для реализации основного варианта переброски стока реки Печора в Волгу нужно было создать канал через Печоро-Колвинский водораздел. Общая длина его должна была составлять 112,5 км. При этом предполагалось, что участок канала длиной 65 км с наивысшими отметками над уровнем дна канала будет создан с помощью ядерных взрывов, а остальная часть небольшой глубины - с использованием обычных средств гидромеханизации.

По предварительным оценкам, применение ядерных взрывов, в отличие от использования обычных методов строительства, позволяло снизить затраты на сооружение канала в несколько раз. Однако некоторые сомнения возникли при планировании применения ядерно-взрывной технологии на южном участке трассы канала, который был представлен рыхлыми, обводненными грунтами. Этот вопрос можно было решить путем проведения экспериментального группового ядерного взрыва в геологических условиях, типичных для южного участка трассы. При этом программой работ, связанных с созданием канала, предусматривалось проведение целого комплекса исследований по радиационной тематике.

Участок, выбранный для проведения экспериментального ядерного взрыва, был расположен в труднопроходимой заболоченной местности с отдельными грядами песчаных холмов высотой до 10-15 м над окружающей их равниной. Находился этот участок примерно в 100 км к северу от города Красновишерск в Пермской области [2].

Полученные ранее при проведении экспериментальных ядерных взрывов с выбросом грунта данные показали, что газовость пород значительно увеличивает механический эффект взрыва. При этом под газовостью было принято понимать уменьшение веса образца породы в процентах при прокаливании его в условиях высокой температуры. Учитывая перечисленные выше сведения о конкретных геологических условиях в месте проведения эксперимента, а также тот факт, что экскавационный взрыв впервые будет произведен вне территории полигона, специалисты-ядерщики для уменьшения выхода радиоактивных веществ в атмосферу приняли возможным считать приведенную глубину заложения зарядов равной $57 \text{ м/кт}^{1/3,4}$, что при мощности трех зарядов по 15 кт соответствовало глубине 128 м. Среднее расстояние между скважинами 1-Б, 2-Б и 3-Б было равно 165 м. В качестве забивки скважин использовалась вода.

Общая картина взрыва "Тайга", произведенного 23.03.1971 г. (Приложение 1.1.), была следующей. После детонации зарядов на поверхности наблюдалось фонтанирование части водяной забивки скважин. Затем, примерно через 30 мсек, началось поднятие поверхности со средней скоростью около 70 м/сек. Разница в скоростях движения поверхности обусловила различную высоту подъема отдельных участков "снопа" выброса. Эта картина представлена на рис 6.10.



Рис. 6.10. Развитие выброса грунта и облака группового ядерного взрыва «Тайга» (3x15 кт); общий вид через 6 сек после детонации зарядов

Через 8 сек после взрыва высота подъема породы достигла максимума, составив 254-520 м, а длина купола была равна 630 м [5]. Затем можно было наблюдать опускание снопа выброса, выход газа и пара, образование незначительной базисной волны в основном из водяного тумана. Максимальная высота подъема газопылевого облака над местом взрыва составила 1800 м с диаметром около 1700 м.

В результате группового взрыва образовалась удлинённая с севера на юг траншейная выемка сложного профиля, схема которой приведена на рис. 6.11. Ниже приведены параметры этой траншейной выемки:

- максимальная длина - 700 м,
- максимальная ширина - 340 м,
- глубина - 10-15 м.

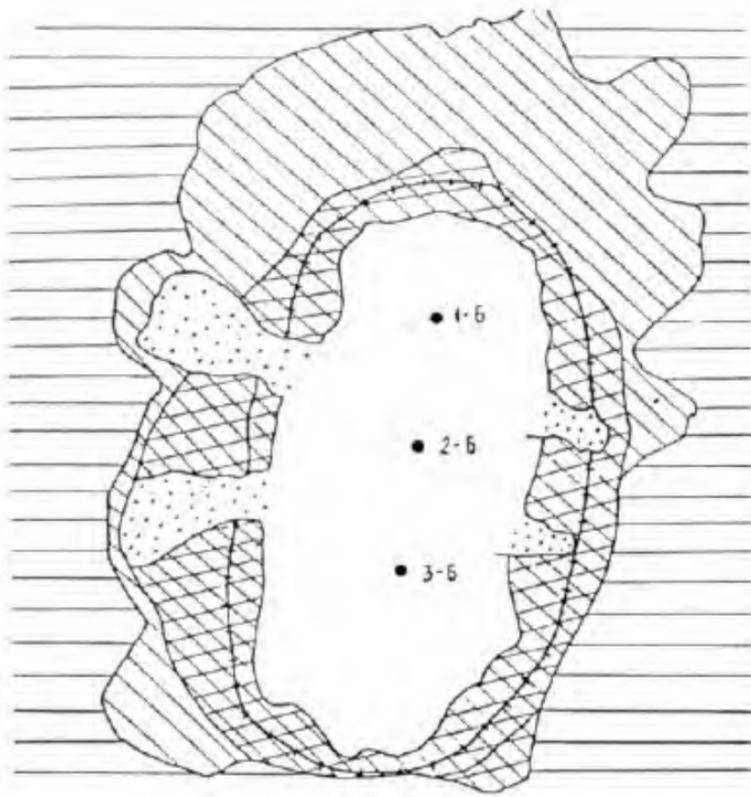
Склоны воронки были обрывистые, со следами многочисленных оползней, сформировавших промоины. Вокруг выемки образовался навал грунта, высота которого изменялась от 0 до 2-3 м, в отдельных случаях - до 6 м. Через несколько месяцев после взрыва воронка заполнилась водой, в дальнейшем берега искусственно образованного озера покрылись густой травой, зарослями кустарника и леса.

На 4-е сутки после взрыва в эпицентре была зафиксирована максимальная мощность дозы гамма-излучения, равная примерно 10 Р/ч [13]. Считается, что около 80 % активности было локализовано в эпицентральной зоне, 10-15 % - в навале грунта и только около 1% выпало на местность в период формирования радиоактивного следа [14]. След радиоактивного загрязнения сформировался в восточном направлении, протяженность его до изолинии с накопленной дозой 5 мЗв за первый год после взрыва составила почти 25 км.

Через 8 суток после взрыва на расстояниях около 8 км величины мощности дозы на следе были равны 20-25 мкР/ч, которые быстро уменьшались во времени. На этих же расстояниях плотности загрязнения местности такими долгоживущими радионуклидами, как цезий-137 и стронций-90 практически соответствовали фоновым уровням, обусловленным глобальными выпадениями.

Через два с половиной года незначительно превышающие фон уровни радиоактивного загрязнения местности отмечались только на следе длиной 7 км и шириной 1,5 км.

По результатам обследований, проведенных в районе группового взрыва "Тайга" в августе-сентябре 1990 г. сотрудниками специализированных учреждений совместно с представителями общественности, было установлено:



Условные обозначения:

| | |
|--|--|
| | Внешний навал |
| | Гребень навала |
| | Зона интенсивной деформации поверхности |
| | Зона остаточной деформации поверхности. Граница неопределенна. |
| | Оползневые ложбины. |

Рис. 6.11. Схематическое строение воронки группового взрыва «Тайга»

- вне навала выброшенных пород (до 200 м от уреза воды) мощность экспозиционной дозы гамма-излучения вокруг водоема не превышала уровней естественного фона, который в этом районе равен 5-6 мкР/ч;
- наиболее загрязненные участки располагались вдоль гребня навала грунта, где мощность дозы излучения находилась в пределах от 30 до 200 мкР/ч (в одной точке восточной части навала был зафиксирован максимальный уровень мощности дозы, равный 1,4 мР/ч);

- содержание таких биологически опасных радионуклидов, как стронций-90, тритий и др. в воде водоема было ниже допустимых концентраций, установленных НРБ 76/87 для питьевой воды;
- в пробах воды, отобранных из ручья, вытекающего с территории, где находился эпицентр взрыва, на расстоянии 4 км вниз по течению содержание цезия-137 было менее 0,1 Бк/л, стронция-90 - менее 1 Бк/л, трития - менее 100 Бк/л, что также ниже допустимых пределов;
- в воде наблюдательных скважин, расположенных на расстояниях от 200 до 1000 м к югу и западу от эпицентра, содержание радионуклидов находилось ниже пределов обнаружения;
- на территориях, расположенных за пределами навала грунта, в пробах растительности, ягод, болотной воды и других объектов окружающей среды содержание радионуклидов не превышало фоновых значений;
- на навале грунта, а также на путях подхода к нему были установлены 20 долговременных знаков с предупреждающими надписями "Радиоактивность. Опасно для здоровья".

В целом, как отмечается в материалах обследования, радиационная обстановка на территории Пермской области (за исключением собственно эпицентра взрыва, произведенного в 1971 г.) не отличалась от радиационной обстановки на территориях других регионов страны. По этому поводу в средствах массовой информации стали появляться различного рода публикации. Так, 28.02.1998 г. "Российская газета" на одной из своих страниц поместила любительскую фотографию, сделанную жителем поселка Головной, расположенного примерно в 20 км от эпицентра взрыва "Тайга"[15]. На фотографии, копия которой приведена на рис. 6.12, изображено облако этого взрыва. Газета писала: *"...местные жители толком ничего не знали, делясь лишь впечатлениями об увиденном и рассказами о подкосивших потом население округи раковых заболеваниях... Вот такими "грибами" КПСС намеревалась вздыбить уральскую землю на протяжении 65 километров - самых "высоких" в Печорско-Камском водоразделе"* [15].

Статья, опубликованная в марте 1998 г. в газете "Комсомольская правда", изобилует неуместной фантазией [16]. Во-первых, в ней описываются какие-то два *"атомных взрыва"* мощностью 15 мегатонн (!?), произведенных, якобы, вблизи городка Оса. Этого никогда не было и не могло быть! Во-вторых, по мнению автора статьи, взрывы "Тайга" *"были практически наземными"*. Более того, в статье утверждается, *"что "русло для рек" - официальная легенда, но скорее всего это были испытания, потому*



Рис. 6.12. Фотография газопарового облака, образовавшегося после взрыва «Тайга», с расстояния 20 км от места взрыва

что диаметры скважин под заряды были раз в десять больше обычных". И далее: "Тут, между прочим, рядышком есть скважина, в которую заряд заложили - критическую массу то есть, а не взорвали, заглушили потом" [16].

К сожалению, такие, мягко говоря, некорректные, неквалифицированные публикации не помогают, а вредят распространению объективной информации. А появляются такие публикации до сих пор потому, что в период проведения промышленных ядерных взрывов действовал жесткий режим секретности. Как известно, недостаток научных сведений всегда восполняется различного рода домыслами, легендами, "жареными" фактами, которые легко подхватываются плохо разбирающимися в вопросах радиационной безопасности журналистами и корреспондентами газет и других средств массовой информации.

Однако, возвращаясь к взрыву "Тайга" и к проблеме строительства канала Печора-Кама, необходимо отметить, что на объекте "Тайга" до 1976 г. велось постоянное наблюдение за радиационной обстановкой, а затем в разные годы - в 1980, 1981, 1985 и 1990 гг. - стали проводиться эпизодические обследования территории объекта. В настоящее время выемка с навалом грунта обозначена знаками санитарно-защитной зоны, за пределами которой на расстояниях 200-350 м от навала грунта уровень радиоактивного загрязнения не превышает фоновых значений. Предполагается и дальше продолжать проведение периодического радиационного контроля на объекте "Тайга".

Следует сказать о том, что к началу 1976 г. от строительства канала еще не отказывались. Продолжалось обсуждение проекта в целом и применение экскавационных ядерных взрывов для строительства канала, в частности. Так, результаты эксперимента "Тайга" были представлены на 4-й симпозиум МАГАТЭ по мирным ядерным взрывам в январе 1976 г. вместе с повторным заявлением о продолжении работы над проектом строительства канала [2]. Однако в конце 70-х и начале 80-х годов в академических и правительственных кругах СССР стали проявляться оппозиционные настроения к планам "поворота" рек. К середине 80-х годов, то есть к началу перестройки в СССР, эти планы были отвергнуты, в том числе была отвергнута и возможность использования ядерных экскавационных взрывов при строительстве канала Печора-Кама.

Интересно отметить, что по объему средств, вложенных в разработку и реализацию Программы использования ядерных взрывов в мирных целях, по числу учреждений и количеству людей, задействованных в работах, а также по достигнутым результатам эта программа вполне может быть сравнима с космической программой СССР [17]. После того как М. С. Горбачев санкционировал рассекречивание только части этой Программы, с ее содержанием смогли познакомиться зарубежные специалисты, удивлению которых не было предела. Реальные результаты программы, особенно в части открытий, связанных с глубинным сейсмическим зондированием земной коры, стали для них подлинным откровением.

Как известно, при реализации Программы использования ядерных взрывов для промышленных целей кроме экскавационных и камуфлетных взрывов проводились и ядерные взрыва неполного камуфлетного действия. Ниже приведены данные об обеспечении безопасности при проведении этих взрывов, которые, можно сказать, занимают промежуточное положение между взрывами на выброс грунта и камуфлетными взрывами.

6.3. ЯДЕРНЫЕ ВЗРЫВЫ НЕПОЛНОГО КАМУФЛЕТНОГО ДЕЙСТВИЯ

Как уже отмечалось выше, возможность, а порой и необходимость использования ядерных взрывов в народнохозяйственных целях требовали разработки таких зарядов, после применения которых выход радиоактивных продуктов в атмосферу был бы минимальным. Разработчики таких зарядов, кроме того, определили, что ядерный заряд можно заложить на такую глубину, при взрыве на которой будет наблюдаться небольшой выброс грунта, но не произойдет раскрытия купола выброса, а грунт вскоре упадет на

землю. Такого эффекта можно было достигнуть двумя путями. Первый путь можно характеризовать взрывами рыхления, при которых нераскрывшийся купол пород после падения образует избыточный объем, являющейся как бы частью набросной плотины. Второй путь - получение провальных воронок, если для проведения взрыва будут выбраны необходимые геологические условия. Ниже приведены результаты проведения экспериментальных взрывов рыхления (взрывы "Кристалл", "Лазурит") и взрывов для получения провальных воронок.

6.3.1. ВЗРЫВ "КРИСТАЛЛ"

Взрыв "Кристалл" был произведен 02.10.1974 г. на территории Якутии в 2,5 км к северу от поселка Удачный с целью создания начала основания плотины - хвостохранилища на левом берегу ручья Улахан-Бассытах для Удачинского Горнообогатительного комбината объединения Якуталмаз (ныне - это Акционерная компания "Алмазы России-Саха"). Район проведения работ был и остается малонаселенным. В разрешенном секторе $320^{\circ}-0^{\circ}-105^{\circ}$ ближайшим населенным пунктом был поселок Оленек, который находился на расстоянии 280 км от места взрыва.

Созданный специально для взрыва "Кристалл" ядерный заряд был размещен в скважине на глубине 98 м в вечно мерзлых известняках и изолирован пробками (в интервале 82-77 м и 25-2 м). При таких условиях заложения заряда и газовости пород порядка 45 % ожидался незначительный, не более 4 %, выход радиоактивных продуктов взрыва [18].

В разрешенном секторе была создана санитарно-защитная зона, радиус которой составлял 10 км. Для контроля за радиационной безопасностью участников испытаний и местного населения была организована служба "РБ", в состав которой вошли 24 специалиста института ВНИИПромтехнологии. Служба радиационной безопасности была оснащена необходимой для работы дозиметрической и радиометрической аппаратурой, а также автотранспортом. Все участники работ были ознакомлены с инструкцией по радиационной безопасности.

За два часа до взрыва был совершен облет на вертолете зоны разрешенного сектора для того, чтобы убедиться в отсутствии людей, например, охотников, в пределах санитарно-защитной зоны.

В результате взрыва произошел подъем породы с последующим ее оседанием без раскрытия купола. На рис. 6.13 приведена фотография подъема купола в момент достижения им максимальной высоты.



Рис. 6.13. Развитие купола выброса грунта при ядерном взрыве «Кристалл» мощностью 1,7 кт; момент достижения куполом максимальной высоты 60 м.

Образовавшееся в результате взрыва радиоактивное облако, в котором находилось не более 1 % продуктов взрыва, распространилось по ветру с азимутом 70° . Протяженность следа по направлению ветра составила несколько километров. Радиационная обстановка характеризовалась следующими данными: через два часа после взрыва на расстоянии 500 м от эпицентра на оси следа мощность дозы гамма-излучения составляла 0,3 Р/ч, а через сутки - 0,04 Р/ч. У подножья навала грунта через сутки мощность дозы была равна 0,7 Р/ч, через 7 дней - 20 мР/ч, а на самом навале также через 7 дней она составляла 0,3 Р/ч.

В населенных пунктах превышения гамма-фона, обусловленного прохождением облака взрыва и выпадением радиоактивных веществ, не произошло, так как след сформировался практически на безлюдной местности.

Через 5 дней после взрыва, то есть 08.10.1974 г., комиссия по проведению эксперимента приняла решение, разрешающее допуск местного населения во все районы закрытого ранее сектора. Исключением стала лишь зона навала грунта, вокруг которой на расстоянии 100 м от навала были установлены предупредительные знаки [19]. В эти же дни руководству прииска и местным органам госсаннадзора была передана справка о радиационной обстановке на объекте "Кристалл", в которой указывалось, в частности, что случайное кратковременное пребывание в районе навала не является опасным для здоровья. Однако по соображениям техники безопасности было рекомендовано оповестить местное население о введении запрета на вход в район навала грунта.

К сожалению, основной результат этого эксперимента не в полной мере соответствовал проекту, по которому высота навала

должна была быть не менее 27 м, а составила всего 14 м при диаметре 180 м. В дальнейшем, в связи с недостаточной высотой навала (плотины), а также из-за переноса заказчиком створа плотины в другое место, на этом участке взрывы больше не осуществлялись. По проекту для создания дамбы хвостохранилища необходимо было провести восемь таких взрывов. Общая длина плотины должна была составить 1800 м, а ширина по гребню, образованному взрывом, - 85 м.

В последующие годы навал пород уплотнился и сильно осел в центральной его части, а в 1992 г. он был засыпан пустой породой из карьера трубки "Удачная". В результате этого отсыпанный участок превратился в холм "чистой породы" в виде усеченного конуса радиусом 150-200 м и высотой от 7 до 20 м (от поверхности земли). Засыпка образовавшегося после взрыва навала проводилась не только с целью захоронения радиоактивных продуктов, то есть дезактивации эпицентра взрыва, но и с целью повышения теплоизоляционных характеристик верхнего слоя грунта для сохранения и увеличения толщи вечной мерзлоты. Как известно, мерзлота является самым надежным барьером, препятствующим миграции во внешнюю среду захороненных радиоактивных продуктов. В условиях вечной мерзлоты вода в центральной зоне взрыва превращается в лед и надежно удерживает радионуклиды, включая тритий.

Следует отметить, что выброс радиоактивных веществ в атмосферу после взрыва "Кристалл" был незначительный. Поэтому уровни радиации после этого взрыва не представлял никакой опасности для населения, радиационная безопасность которого к тому же была обеспечена полностью.

В районе взрыва "Кристалл" неоднократно проводилось обследование местности специалистами Якутского производственного геологического объединения, ВНИПИпромтехнологии и Радиевого института [20,21]. В ходе состоявшегося в июле 1996 г. одного из последних обследований местности у северо-восточного склона насыпи на расстояниях до 150 м от нее были обнаружены отдельные локальные участки загрязнения почвы и ягеля долгоживущими радионуклидами, при этом мощность экспозиционной дозы составляла примерно 22 мкР/ч. Поэтому на таких участках, расположенных в основном на расстояниях до 20 м вокруг насыпи, а также на расстояниях 150-200 м на следе облака взрыва по азимуту 70° необходимы были организация и соблюдение режима санитарно-защитной зоны. Другие проблемы радиационного характера практически отсутствовали, так как не наблюдалось ни радиоактивного загрязнения воды, ни других объектов внешней среды. Специалисты считают, что при взрыве рыхления (объект "Кристалл"), как и

при взрыве с выбросом грунта (объект "Тайга"), произошло загрязнение окружающей среды в пределах, предусмотренных проектами, но в соответствии с Нормами радиационной безопасности эти взрывы должны быть отнесены к аварийным взрывам [22].

В настоящее время на объекте "Кристалл" после проведения основных работ по рекультивации его загрязненных территорий регистрируется практически естественный региональный фон, равный 8-15 мкР/ч, поэтому рекомендовано осуществление лишь эпизодического радиационного контроля в районе взрыва.

Однако, к сожалению, следует признать, что, несмотря на сравнительно безопасную радиационную обстановку на всех объектах промышленного использования ядерной энергии на территории Республики Саха (Якутия), отдельные представители общественности и средств массовой информации продолжают высказывать недоверие к результатам работ специалистов Минздрава России и Минатома России, проводивших обследования в районах проведения промышленных ядерных взрывов [23]. Возможно это связано с тем, что на территории республики кроме взрыва "Кристалл" было осуществлено еще 11 ядерных взрывов в народнохозяйственных целях: 7 взрывов на Средне-Батуобинском месторождении для перевода забалансовых запасов углеродов опытного участка Осинского горизонта в промышленную категорию и 4 взрыва по программе глубинного сейсмического зондирования земной коры. Все созданные с помощью ядерных взрывов объекты, кроме объекта аварийного взрыва "Кратон-3", закрыты. Радиационная обстановка на этих объектах находится на уровне естественного фона.

В 1996 г. в Республике Саха (Якутия) был принята программа "Обеспечение экологической безопасности в районах проведения мирных ядерных взрывов и добычи урансодержащих руд Республики Саха (Якутия) на 1966-2000 гг.". Для решения ряда вопросов, связанных с реализацией этой Программы, Республику по приглашению ее Президента М. Е. Николаева посетила группа специалистов Минатома России и Минздрава России. В состав делегации, которую возглавлял Первый заместитель министра Минатома России, академик РАН В. Михайлов, входили К. Мясников, А. Матушенко, А. Борзунов и В. Логачев (Фото на рис. 6.14.). Члены делегации посетили горнообогатительную фабрику № 12, карьер "Удачный", объект "Кратон-3", где при проведении глубинного сейсмического зондирования земной коры с помощью ядерного взрыва возникла нештатная радиационная ситуация, объект "Кристалл", встречались с представителями администрации и общественности городов Мирный и Нюрба. Последним пунктом посещения была столица Республики - город Якутск, где члены



Рис. 6.14. Фотография в кабинете у Президента Республики Саха (Якутия) М.Е. Николаева после подписания Соглашения между Правительством республики, Минатомом России и АК «Алмазы России–Саха». Справа налево: А.А. Борзунов, В.П. Дюкарев, В.Н. Михайлов, М.Е. Николаев, А.М. Матущенко, К.В. Мясников, В.А. Логачев.

делегации встречались с представителями республиканской научной общественности [24]. При этом обсуждались вопросы, связанные с оценкой степени возможного радиационного воздействия осуществленных на территории республики промышленных ядерных взрывов и ядерных испытаний в атмосфере на Новоземельском полигоне на окружающую среду и здоровье населения Республики Саха (Якутия). Члены делегации были приняты Президентом Республики М. Е. Николаевым. На этой встрече было заключено трехстороннее соглашение об улучшении радиационно-экологической обстановки на территории республики для снятия социальной напряженности, охраны окружающей среды и взаимовыгодного сотрудничества (Приложение 6.1).

6.3.2. ВЗРЫВ "ЛАЗУРИТ"

Вторым и последним взрывом на вспучивание грунта стал взрыв "Лазурит", произведенный 07.12.1974 г. на Семипалатинском полигоне в урочище Муржик в нескольких километрах от воронки взрыва "Сары-Узень" (скважина 1003). Ядерный заряд мощностью 1,7 кт был размещен на склоне горы крутизной 20° в породах кварцита и кремнистых сланцев. Заложен заряд был на глубине

75 м по вертикали, что соответствовало расстоянию 70 м от поверхности склона.

Целью эксперимента "Лазурит" было вспучивание почвы с последующим соскальзыванием образовавшегося купола вниз и образованием плотины. Подобные работы с использованием обычных химических ВВ выполнялись вблизи Алма-Аты в Казахстане и на реке Вахш в Таджикистане [25,26].

После взрыва образовался куполообразный навал раздробленной породы с диаметром в основании 200 м и высотой 14 м. Уровни радиации в момент и после проведения этого взрыва были в 30-40 раз ниже, чем при взрывах на выброс грунта, например, при взрыве в скважине 1003 [5].

В настоящее время уровни гамма-излучения на навале грунта и вблизи него не превышают фоновых значений, однако наблюдения за радиационной обстановкой на площадке продолжаются.

После эксперимента "Лазурит" интерес к ядерной экскавации грунта практически полностью пропал, предпочтение было отдано проведению камуфлетных промышленных ядерных взрывов. Однако до окончательного принятия такого решения в конце 70-х годов были проведены специальные эксперименты для образования с помощью подземных ядерных взрывов так называемых провальных воронок.

6.3.3. ПРОВАЛЬНЫЕ ВОРОНКИ НА ПОЛУОСТРОВЕ МАНГЫШЛАК

В течение нескольких лет советские специалисты-ядерщики наблюдали за результатами проведения в США на полигоне штата Невада ядерных взрывов большой мощности в аллювиальных породах, после которых образовались крупные провальные воронки над местом взрыва под землей, при этом практически отсутствовало выделение радиоактивных веществ в атмосферу. Такие воронки на поверхности земли могут образовываться в результате схлопывания полости взрыва и всех геологических пород, лежащих над этой полостью, поэтому значительная часть объема полости проявляется на поверхности в виде провала конусообразной формы. Естественно, что такое явление может произойти только в том случае, когда расположенные выше полости породы не обладают свойством "разбухания" при обрушении в полость. Именно на полигоне Невада в глубоких аллювиальных породах было возможно образование провальных воронок, возле которых будет отсутствовать навал грунта, а диаметр и глубина которых позволят использовать их для создания водохранилищ в засушливых районах.

Подобные пористые осадочные породы были обнаружены на отдаленной площадке нагорья Мангышлак между Каспийским и Аральским морями, где в 1969-1970 гг. были произведены три ядерных взрыва. В табл. 6.3 представлена характеристика этих взрывов.

Таблица 6.3.

Характеристика трех подземных ядерных взрывов, произведенных для образования провалных воронок в районе полуострова Мангышлак [5]

| Параметры взрывов | Скважина 2-Т | Скважина 6-Т | Скважина 1-Т |
|-------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Время проведения взрыва | 06.12.1969 г. | 12.12.1970 г. | 23.12.1970 г. |
| Мощность взрыва, кт | 30 | 80 | 75 |
| Глубина взрыва, м | 407 | 497 | 640 |
| Диаметр воронки, м | 300 | 500 | 0 |
| Глубина воронки, м | 13,8 | 12,8 | 0 |

Следует отметить, что глубины воронок, образовавшихся при взрывах в районе полуострова Мангышлак, были значительно меньше тех, которые были образованы в экспериментах на американском полигоне Невада. Это могло быть результатом отличий физических свойств геологической среды между местом взрыва и поверхностью. Отсутствие воронки при взрыве в скважине 1-Т можно объяснить слишком большим заглублением ядерного заряда в землю.

Основной особенностью трех ядерных взрывов, характеристики которых приведены в табл. 6.3, было то, что они прошли совершенно без утечки радиоактивности, а уровни излучений не превышали фоновых значений. В нижние горизонты образовавшихся после взрывов воронок через разрыхленные породы легко фильтруются весенние воды от таяния снега. Эти воронки, объемы которых превышали 500 тыс. м³, вполне можно было использовать в качестве водохранилищ или для каких-либо других целей.

Однако следует признать, что взрывы неполного камуфлета были менее приемлемы для использования их в промышленных целях, чем любые иные, поскольку при большой мощности (100 кт и выше) эти взрывы становились сейсмоопасными.

Но нужно принять как факт, что использование ядерно-взрывных технологий в народнохозяйственных целях не стало причиной создания серьезных радиоэкологических проблем, о чем свидетельствуют результаты многочисленных обследований территорий тех районов, где осуществлялись промышленные подземные ядерные взрывы [27, 28].

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 6

1. Атомная наука и техника в СССР. - М.: Атомиздат, 1977. - 360 с.
2. Наука и всеобщая безопасность. Технические предпосылки для политических инициатив по контролю за вооружениями и проблемами окружающей среды. Том 7, вып. 1. США, Принстонский унив., 1998. - 49 с.
3. Атомные взрывы в мирных целях. / Сб. статей под ред. И.Д. Морозова. - М.: Атомиздат, 1970. - 124 с.
4. Испытания ядерного оружия и ядерные взрывы в мирных целях СССР. 1949-1990 гг. / Кол. авторов под рук. В. Н. Михайлова. - Саратов, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 1996. - 66 с.
5. Мясников К.В., Приходько Н.К., Мусинов В.И. и др. Исследование эффективности проведенных подземных ядерных взрывов в мирных целях и оценки перспективы их использования в современных условиях. Отчет о НИР по этапам 1 и 2. Фонды ВНИПИпромтехнологии, 1997. - 119 с.
6. Гордеев К.И. Основные закономерности формирования доз внешнего и внутреннего облучения на следах подземных ядерных взрывов. Дисс. на соиск. уч. ст. докт. техн. наук. - Москва, 1970. - 339 с.
7. Коновалов В.Е., Артемьев О.И., Птицкая Л.Д., Стукин Е.Д. Радиационное обследование эпицентральной зоны мирного ядерного взрыва "1003". Доклад на междунар. конф. "Радиоактивность при ядерных взрывах и авариях", 24-26 апреля 2000 г., Россия, г. Москва.
8. Ядерные испытания СССР. Семипалатинский полигон: обеспечение общей и радиационной безопасности ядерных испытаний. / Кол. авторов под рук. В.А. Логачева. - М.: 2-я тип. ФУ "Медбиоэкстрем", 1997. - 319 с.+илл.
9. Ядерные испытания СССР. Новоземельский полигон: обеспечение общей и радиационной безопасности ядерных испытаний. / Кол. авторов под рук. В.А. Логачева. - М.: ИздАт, 2000. -487 с.+прилож.
10. Оценка поглощенных и эффективных доз ионизирующих излучений у населения, постоянно проживавшего на радиоактивных следах атмосферных ядерных взрывов. Методические указания (проект). / Кол. авторов под рук. К.И. Гордеева. - М.: ГНЦ РФ - ИБФ, 1997. - 126 с.
11. Круглов А.К. Атомная наука и техника - народному хозяйству страны. // Атомная энергия, том 50, вып. 2, февраль 1981. - С. 79-88.
12. Панков А. Печора потечет в Каспий. // Водный транспорт, 4 декабря 1969 г. - С. 2.
13. Челюканов В.В., Никитин А.И., Маханько К.П., Красилов Г.А. О радиационной обстановке в Пермской области. // Бюл. центра общ. инф. ЦНИИАтоминформ, 1992, № 2. - С. 72-77.
14. Израэль Ю.А. Радиоактивные выпадения после ядерных взрывов и аварий. - С.-Петербург, "Прогресс-погода", 1996. - 355 с.
15. Лобанов М. Как в пермской "Тайге" спрятали две Хиросимы. "Российская газета" 28 февраля 1998 г.
16. Гейко Ю.В уральской тайге лежит бесхозная атомная бомба... "Комсомольская правда" 21 марта 1998 г.

17. Горяинов С. 600 подземных ядерных взрывов. "Неделя", 1997, № 8. - С. 8-9.
18. Мясников К.В., Касаткин В.В. Справка по подземным ядерным взрывам в Республике Саха (Якутия). - М.: ВНИПИпромтехнологии, 1998. - 4 с.+прилож.
19. Шамов О.И. Справка от 24.03.1993 г. № 32-02/70 заместителю председателю Госкомсанэпиднадзора России. Фонды ФУ "Медбиоэкстрем". - 4 с.
20. Цыганов А.С., Лопухова Т.П., Данилов В.А. и др. О результатах изучения влияния ядерных взрывов на радиационную обстановку в Мирнинском районе Якутской-Саха ССР. Отчет о НИР. - Якутск, Кооператив "Радон", 1990. - 73 с.
21. Дубасов Ю.В., Смирнова Е.А., Бирюков Е.И. и др. Определение плотности загрязнения объектов окружающей среды плутонием на объекте "Кристалл". Отчет о НИР. Фонды НПО "Радиевый институт" им. В.Г. Хлопина. - С.-Петербург, 1995. - 19 с.
22. Мясников К.В., Касаткин В.В., Ильичев В.А., Ахунов В.Д. Аварийные ситуации на объектах мирных ядерных взрывов в России. Доклад на междунар. конф. "Радиоактивность при ядерных взрывах и авариях", 24-26 апреля 2000 г., Россия, г. Москва.
23. Трагедия и боль седого Вилюя. / Составители Н.П. Павлов, В.М. Афанасьева.- Якутск, 1997. - 91 с.
24. Матушенко А. Минатом - Саха (Якутия): с надеждой на сотрудничество. "Атом-пресса", 1999, № 3.
25. Докучаев М. Взрыв в Медео. // Наука и жизнь, 1967, № 3. - С. 100-108.
26. Юлиш Я. Байпазинская гидроэлектрическая энергетическая установка на реке Вахш. // Гидротехника и мелиорация, 1971, № 7. - С. 1-10.
27. Дубасов Ю.В., Касаткин В.В. Радиационная обстановка в местах проведения подземных мирных ядерных взрывов. Доклад на междунар. конф. "Радиоактивность при ядерных взрывах и авариях", 24-26 апреля 2000 г., Россия, г. Москва.
28. Ядерные испытания СССР. Т. 4. Использование ядерных взрывов для решения народнохозяйственных задач и научных исследований. / Кол. авторов под рук. В.Н. Михайлова. - Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2000. - 200 с.: ил.

Часть 3

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ ВНУТРЕННЕГО ДЕЙСТВИЯ

Основным требованием безопасности при проведении камуфлетных ядерных взрывов для создания подземных полостей-хранилищ было предотвращение или, в крайнем случае, значительное ослабление вредного воздействия радиоактивных продуктов взрыва и сейсмического фактора на участников работ, местное население, а также на окружающую среду.

Одним из главных принципов обеспечения радиационной безопасности был принцип размещения ядерного взрывного устройства на такой приведенной глубине (для однородного горного массива это не менее $150-160 \text{ м/кт}^{1/3}$), которая обеспечивала бы полное удержание радиоактивных продуктов взрыва под землей, естественно, при наличии доброкачественного забивочного комплекса. Работы по изучению и хозяйственному освоению центральной зоны, созданной подземным ядерным взрывом, обычно начинались спустя 3-4 месяца и более после взрыва. В течение этого времени активность продуктов взрыва значительно снижалась вследствие полного исчезновения короткоживущих радионуклидов, а также частичного распада долгоживущих.

Подробные сведения о способах защиты людей и строений от сейсмического воздействия подземного ядерного взрыва были представлены выше (См. п. 2.2.7. в главе 2 и др.), поэтому эти вопросы в данной части монографии не рассматриваются. Основное внимание в ней уделено проблеме обеспечения радиационной безопасности при создании подземных полостей хранилищ с помощью камуфлетных ядерных взрывов..

Глава 7

ПОДЗЕМНЫЕ ЯДЕРНЫЕ ВЗРЫВЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПОЛОСТЕЙ-ХРАНИЛИЩ

Следует отметить, что основной причиной применения ядерных взрывов для создания подземных полостей-хранилищ стала нехватка емкостей для хранения продукции в газовой, нефтяной и нефтеперерабатывающей отраслях промышленности, тем более, что в начале 60-х годов началось освоение новых крупных газоконденсатных месторождений. Резервуарные парки необходимо было создавать непосредственно на промыслах, вблизи газопроводов, промышленных и гражданских объектов [1], однако существующие традиционные способы строительства резервуаров не удовлетворяли растущий спрос на емкости высокого давления, поэтому было принято решение о разработке технологии создания полостей-хранилищ в солевых пластах. Опыт создания таких полостей уже был: в США в 1961 и 1963 гг. взрывами "Гном" и "Сэлмон" (См. табл. 1.6. в главе 1) в соляном пласте были созданы полости-хранилища.

Советские специалисты после создания с помощью ядерных взрывов в 1966 и 1968 гг. двух полостей в Азгирском соляном куполе (Гурьевская область Казахской ССР. См. Приложение 1.1.) стали рассматривать возможность применения таких взрывов для аналогичных целей и в других промышленных районах страны [2].

Обоснованием геологической концепции создания емкостей в соляных пластах являлось то, что каменная соль по причине однородности, низкой проницаемости, пластичности и текучести при значительной прочности может заполнять все поствзрывные трещины и разрывы, обеспечивая тем самым устойчивость образовавшихся полостей, а также их герметичность. В действительности массивы каменной соли оказались не столь однородными, как ожидалось. В них довольно часто содержались прослойки ангидридов - гипсоподобных пород и других минералов, которые при

увлажнении увеличивались в объеме и создавали деформации в соляных пластах [3,4]. По этой и по другим причинам часть полостей деформировалась под влиянием горного давления. Такие полости потеряли свой объем и в итоге заполнились водой. Часть же полостей, например, емкость "Магистраль" на газовом месторождении Совхозное Оренбургской области использовалась в промышленных целях почти 20 лет, а некоторые полости эксплуатируются и в настоящее время.

В целом можно считать, что итоги реализации части программы по созданию полостей-хранилищ углеводородов с помощью подземных ядерных взрывов были успешными, однако были и огорчения...

7.1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ И РАЙОНОВ, В КОТОРЫХ СОЗДАВАЛИСЬ ПОЛОСТИ-ХРАНИЛИЩА

Все взрывы по отработке элементов ядерно-взрывной технологии, используемой для создания подземных хранилищ газоконденсата в отложениях каменной соли, а также взрывы, направленные на формирование емкостей для их опытно-промышленной эксплуатации, были осуществлены в пределах соляных пластов Прикаспийской низменности. Схема размещения в этом районе площадок для создания емкостей-хранилищ представлена на рис. 7.1.



Рис. 7.1. Схема размещения площадок мирных ядерных взрывов в Прикаспийском ареале.

Прикаспийская низменность имеет большую площадь, в ее недрах находится целая "страна" погребенных соляных гор различной высоты и конфигурации. В настоящее время в Прикаспии идентифицировано более 1300 мощных соляных образований, занимающих около 35% его площади. При этом на 1000 км² в среднем приходится 3-4 структуры различного строения. Наиболее часто встречаются купола, состоящие из соляного ядра (штока) и надсолевого поднятия. Высота соляных образований варьирует в широких пределах и может достигать 9 км. Верхушки большинства соляных куполов Прикаспийской низменности располагаются на глубине нескольких сотен метров (в среднем на глубине 500 м). Иногда наблюдается их выход на поверхность с образованием соляных холмов. Соляным структурам Прикаспия часто сопутствуют газоконденсатные и нефтяные месторождения.

Следует отметить, что газоконденсат - это углеводород очень высокого качества, который состоит из смеси газов (пропан, бутан и пентан), находящихся в жидкой фазе под высоким давлением. Он является ценным горючим материалом, а также исходным продуктом для химической промышленности. В некоторых месторождениях газоконденсат загрязнен сероводородом и другими агрессивными газами, что делает очень дорогим его хранение на поверхности земли, поскольку связано это с необходимостью использования металлических баков, которые могли бы выдерживать высокие давления и быть устойчивыми к коррозии. Была надежда, что при хранении в солевых емкостях проблема коррозии исчезнет и появится возможность дегазации растворимых примесей до отправки газоконденсата на очистительные предприятия.

В табл. 7.1. представлены данные об экспериментальных подземных ядерных взрывах, которые осуществлялись для образования полостей различных размеров и для научных исследований в солянокупольном месторождении Большой Азгир Прикаспийской низменности [4], а на рис. 7.2 показан общий вид подземной полости, созданной в соляной толще с помощью ядерного взрыва.

Данные табл. 7.1 свидетельствуют о том, что с 1966 по 1979 гг. в месторождении Большой Азгир в десяти скважинах было произведено 17 подземных ядерных взрывов, при этом взорвано 22 ядерных заряда мощностью от 0,01 до 103 кт [5]. В заполненной водой полости А2 было осуществлено еще 6 взрывов для отработки метода получения трансплутониевых элементов в индикаторных количествах [4], а в сухой полости А3 - повторный взрыв для определения коэффициента ослабления сейсмического эффекта. Самый большой по мощности взрыв А9 был произведен вблизи границы соль-глина на склоне соляного купола, при этом полость, возникшая в

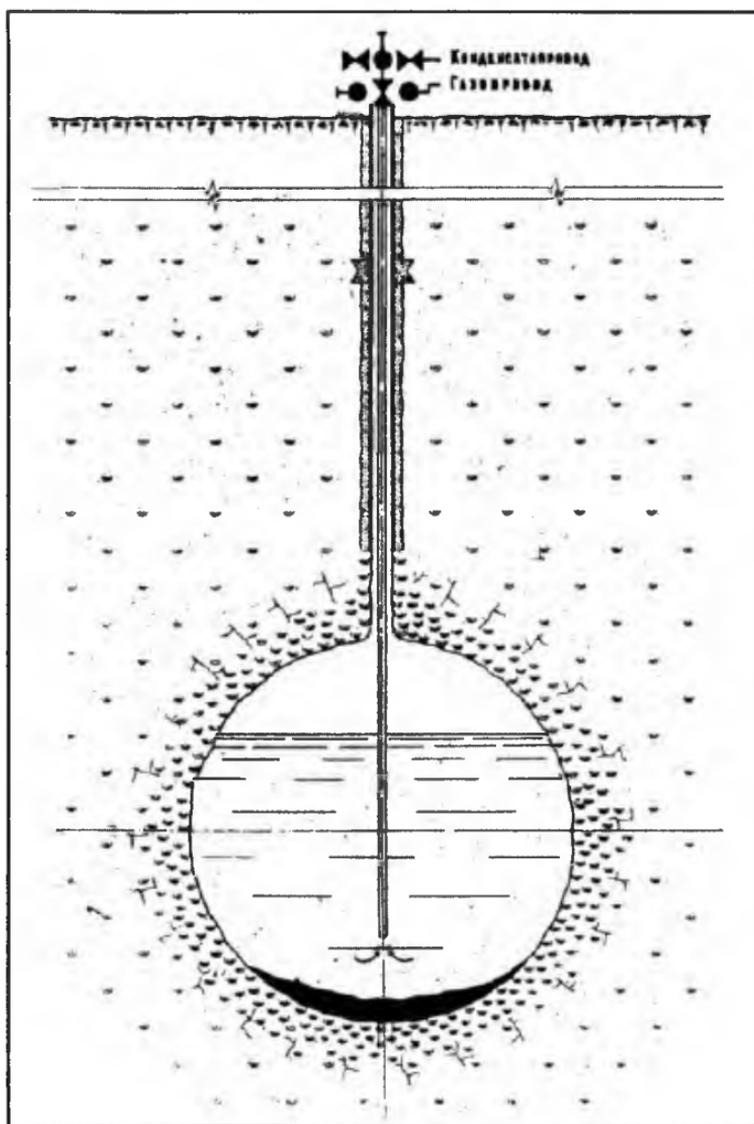


Рис. 7.2. Общий вид подземной полости, созданной в солевой толще

глинистых породах, обрушилась, в результате чего образовалась воронка, частично заполненная грунтовыми солеными водами.

Первый групповой взрыв двух ядерных зарядов суммарной мощностью 73 кт был произведен 17.10.1978 г. в скважине А7, затем в 1979 г. в скважинах А8 и А11 были также осуществлены групповые взрывы для экспериментальных целей. В одном групповом взрыве ядерные заряды подрывали поочередно, начиная с нижнего и соблюдая небольшой временной интервал.

**Подземные ядерные взрывы, произведенные в отложениях
каменной соли Большой Азгир (площадка "Галит")
для научно-исследовательских целей [4]**

| Шифр взрыва и технологической скважины | Дата проведения взрыва | Глубина подрыва ЯВУ, м | Мощность взрыва, кт ТЭ | Свободный объем полости, тыс. м ³ |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|--|
| A1 | 22.04.1966 г. | 161 | 1,1 | 10 |
| A2-1 | 07.01.1968 г. | 591 | 27 | 125 |
| A2-2 | 25.04.1975 г. | 583 | 0,35 | |
| A2-3 | 14.10.1977 г. | 582 | 0,1 | |
| A2-4 | 30.10.1977 г. | 582 | 0,01 | |
| A2-5 | 12.09.1978 г. | 584 | 0,08 | |
| A2-6 | 30.11.1978 г. | 585 | 0,06 | |
| A2-7 | 10.01.1979 г. | 581 | 0,5 | |
| A3-1 | 22.12.1971 г. | 986 | 64 | 215 |
| A3-2 | 29.03.1976 г. | 986 | 10 | |
| A4 | 29.07.1976 г. | 997 | 58 | 200 |
| A5 | 30.09.1977 г. | 1491 | 10 | 15 |
| A7 | 17.10.1978 г. | 986 | 20-150 | } 73 |
| | | 1041 | <20 | |
| A8 | 17.01.1979 г. | 93 | <20 | } 65 |
| | | 1004 | 20-150 | |
| A9 | 18.12.1978 г. | 630 | 103 | - |
| A10 | 24.10.1979 г. | 917 | <20 | } 33 |
| | | - | 20-150 | |
| A11 | 14.07.1979 г. | 849 | <20 | } 21 |
| | | 917 | <20 | |
| | | 983 | <20 | |

Подземные ядерные взрывы для создания опытно-промышленных резервуаров-хранилищ осуществлялись на трех крупных, приуроченных к соляным структурам, газоконденсатных месторождениях: Оренбургском, Астраханском и Карачаганакском. Данные о проведении таких подземных ядерных взрывов представлены в табл. 7.2 .

Первый взрыв для создания опытно-промышленной емкости, и это подтверждают данные табл. 7.2, был произведен на участке Со-вхозное Оренбургского газового месторождения в массиве каменной соли на глубине 702 м [6]. Спустя несколько месяцев после взрыва емкость была вскрыта через зарядную скважину, а спустя год - опрессована природным газом под давлением 8,4 Па.

**Характеристика подземных ядерных взрывов и резервуаров-хранилищ,
созданных с помощью этих взрывов**

| Район строительства | Дата проведения взрыва | Мощность взрыва, кт ТЭ | Шифр емкости | Объем полости, тыс. м ³ | Условное наименование парка емкостей (объекта) или взрывов |
|--|------------------------|------------------------|--------------|------------------------------------|--|
| Оренбургское ГKM* участок Совхозное участок Делуровка | 25.06.1970 г. | 2,3 | E1 | 8,4 | "Магистраль" "Сапфир-1" "Сапфир-2" |
| | 22.10.1971 г. | 15 | E1 | 33 | |
| | 30.09.1973 г. | 10 | E3 | 30 | |
| Астраханское ГKM | 08.10.1980 г. | 8,5 | 1Т | 32 | "Вега-1" |
| | 26.09.1981 г. | 8,5 | 2Т | 32 | "Вега-2" |
| | | 8,5 | 4Т | 35 | " " |
| | 16.10.1982 г. | 13,5 | 3Т | 30 | "Вега-3" |
| | | 8,5 | 5Т | 24 | " " |
| | " | 8,5 | 6Т | 30 | " " |
| | | 8,5 | 7Т | 44 | " " |
| | 24.09.1983 г. | 8,5 | 8Т | 31,5 | "Вега-4" |
| | | 8,5 | 9Т | 32 | " " |
| | " | 8,5 | 10Т | 20 | " " |
| | | 8,5 | 11Т | 30 | " " |
| | " | 8,5 | 12Т | 35 | " " |
| | | 8,5 | 13Т | 25 | " " |
| | 27.10.1984 г. | 3,2 | 14Т | 14 | " " |
| | | 3,2 | 15Т | 14,5 | "Вега-5" |
| Карачаганакское ГKM | 20.07.1983 г. | 15 | 1Тк | 54 | "Лира-1" |
| | " " | 15 | 2Тк | 66 | " " |
| | " " | 15 | 3Тк | 45 | " " |
| | 21.07.1984 г. | 15 | 4Тк | 47 | "Лира-2" |
| | | 15 | 5Тк | 50 | " " |
| | " " | 15 | 6Тк | 48 | " " |
| Тюменское ГKM** | 06.10.1967 г. | 0,3 | - | - | "Тавда" |

Примечание: * ГKM - газоконденсатное месторождение.

** Взрыв в глине осуществлялся в научно-исследовательских целях. Объект закрыт.

Объем этой полости был равен 8,4 тыс. м³. Суммарный объем всех приведенных в табл. 7.2 резервуаров-хранилищ, которые были созданы для опытно-промышленного использования, составил 810 тыс. м³. Объемы парков емкостей на Астраханском и Карачаганакском месторождениях были равны 400 и 300 тыс. м³, соответственно.

Создание емкостей-хранилищ на Астраханском месторождении обеспечило своевременный пуск Астраханского газохимического комплекса, поскольку был увеличен объем емкостей для

складирования газоконденсатной смеси и разгрузки технологических линий. Экономический эффект от использования ядерных взрывов для создания подземных резервуаров-хранилищ составил 37 млн. рублей (цены 1984 г.).

Для определения потребностей в подземных хранилищах и выявления первоочередных районов их строительства были установлены рабочие контакты и проведены консультации со специалистами головных отраслевых институтов и министерств газовой, нефтяной, химической и нефтеперерабатывающей отраслей промышленности. Наибольшие интерес и активность в решении таких вопросов проявляли специалисты Мингазпрома СССР, с которыми были определены принципиальные схемы эксплуатации подземных хранилищ, а также сформулированы основные требования к ним. Параллельно с решением чисто технических вопросов рассматривались проблемы, связанные с изучением свойств каменной соли, способов вскрытия полостей, технологических приемов создания и эксплуатации емкостей.

Солевые толщи, в которых создавались емкости-хранилища, во всех случаях относились к категории погребенных, то есть прикрытых сверху различными породами. По имеющимся данным, надсолевые породы имели разные стратификацию и состав, часто содержали водоносные горизонты [3,4].

Следует отметить, что конструкция типового забивочного комплекса была практически непригодна для создания резервуаров-хранилищ в каменной соли взрывным способом, поскольку не обеспечивала достаточно легкого вхождения в образуемую взрывом полость. (Бурение новой скважины в полость экономически менее выгодно, чем разбуривание технологической скважины.) Поэтому был разработан и применен забивочный комплекс, в большей мере отвечающий технологическим требованиям использования ядерно-взрывной технологии для создания подземных резервуаров-хранилищ. Такой забивочный комплекс показал свою высокую эффективность как в плане удержания под землей радиоактивных продуктов взрыва, так и получения сухих полостей.

Подробная характеристика районов размещения подземных емкостей-хранилищ в соляных пластах представлена ниже.

7.1.1. СОЛЯНОКУПОЛЬНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ БОЛЬШОЙ АЗГИР

Солянокупольное образование Большой Азгир, часто именуемое объектом или площадкой "Галит", которое представлено на рис. 7.3, административно расположено в северо-западной части Атырауской (бывшей Гурьевской) области Казахстана недалеко от

границы с Российской Федерацией. Это образование представлено структурой, состоящей из двух поднятий - Западного и Восточного, разделенных компенсационной мульдой Ужантатор, которая простирается на 13-15 км.



Рис. 7.3. Карта-схема расположения подземных ядерных взрывов на солянокупольном месторождении Большой Азгир (площадка "Галит")

Западное поднятие - это небольшой (площадью около 3 км²), с крутыми склонами солевой шток, прорывающий вышележащие породы с выходом каменной соли на поверхность, а также расположенный севернее штока (в 8-11 км) закрытый купол с глубиной залегания кровли соли около 300 м. Солевой шток и купол соединяются между собой на глубине около 800 м. На соляном куполе Западного поднятия находится поселок Азгир, который соединен грунтовой дорогой длиной около 70 км с железнодорожной станцией Харабалинская, расположенной на территории Российской Федерации.

Восточное поднятие - это закрытый купол с пологими крыльями, вытянутый в субмеридианальном направлении, с глубиной залегания кровли соли 200-500 м. Общая площадь солевого образования Большой Азгир составляет примерно 420 км².

За время функционирования объекта "Галит" на нем было осуществлено 9 первичных подземных ядерных взрывов в каменной соли: первые два (A1, A2) - в пределах Западного поднятия, остальные - на Восточном поднятии солевой структуры. Взаимное расположение всех технологических (боевых) скважин на этом объекте также представлено на рис. 7.3.

Участок первого экспериментального взрыва располагался в юго-восточной части соляного штока, в его краевой части, где каменная соль была перекрыта лишь маломощными (6-8 м) наносными породами. На этом участке каменная соль была в виде крупнозернистой полосчатой породы, в которой слои светлого галита (10-20 см) чередовались с темными прослоями глинисто-карбонатного состава (0,5-1,0 см). Падение солевых пластов было крутое - под углами 60-90°.

Технологическая скважина A2 была пробурена в центральной части Западного поднятия, которая характеризовалась практически горизонтальной поверхностью купола и небольшими углами падения слоистости каменной соли. По стволу этой скважины кровля соли отмечалась на глубине 296 м. Мощность отложения каменной соли по данным сейсморазведки составляла 7000 м. На глубинах до 600 м галит был крупнокристаллический (15-20 мм), достаточно однородный по структуре и составу. Водонерастворимая примесь определялась в основном ангидритом, среднее содержание которого составляло 4%.

Местом проведения остальных семи экспериментальных взрывов был соляной купол Восточного Азгира. Особенностью этого купола являлась интенсивная расчлененность рельефа кровли солевых пород, а также мелкая складчатость и дробление прослоев ангидрита, вызванные деформациями солевого образования в прошлом. Углы падения хорошо выраженных слоев варьировали от 0° до 90°. Каменная соль купола была представлена крупнокристаллическим образованием с зонами перекристаллизации и дробления породы мощностью до 5-7 см. Водонерастворимая примесь почти полностью состояла из ангидрита. Содержание примеси в зонах перекристаллизации не превышало десятых долей процента, а на участках с прослоями ангидрита доходило до 10%. В среднем в рабочих солевых толщах содержание примеси находилось в пределах от 1% до 7%.

В толще соли и в надсолевых породах всей территории месторождения Большой Азгир отмечались проявления углеводородов: метана, этана и бутана.

Гидрогеологические условия района являются типичными для всей северо-западной части Прикаспийской низменности. Все

надсолевые отложения обводнены, но в различной степени. Основные водоносные горизонты, расположенные в надсолевых отложениях, повсеместно перекрыты практически водонепроницаемыми глинистыми породами. Кроме того, они характеризуются застойным режимом, что создавало предпосылки для исключения заполнения грунтовыми водами полостей, созданных ядерными взрывами. Грунтовые воды, как правило, сильно минерализованы (вплоть до насыщенных рассолов), поэтому непригодны для хозяйственного водоснабжения. Пресные воды встречаются на глубине нескольких метров в виде отдельных линз толщиной не более 2-3 м, плавающих на водах с повышенной минерализацией.

Несомненный интерес представляют районы, где проводились не только исследовательские, но и опытно-промышленные подземные ядерные взрывы.

7.1.2. МЕСТОРОЖДЕНИЕ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

На территории Октябрьского района Оренбургской области, в 70 км на северо-восток от г. Оренбурга, расположен участок, на котором было создано подземное хранилище Е1 (См. табл. 7.2.). Это была первая герметичная (по отношению к подземным водам) полость, сформированная в соляной толще. К сожалению, в экспериментах А1 и А2, ранее проведенных на объекте "Галит", не удалось получить сухих полостей.

Район газовых месторождений Южного Зауралья в тектоническом отношении находится в зоне южных отрогов Оренбургского вала в соленосных отложениях, представленных ритмически чередующимися пластами каменной соли, ангидритов и доломит-ангидритов. На выбранном участке при бурении соль была встречена на глубине 375 м. В точке заложения заряда (700 м) и ниже галит находился под углом 45° пропластков гипса мощностью до 5 мм и разнонаправленных пропластков ангидрита мощностью до 3 мм. Содержание в соли рабочей толщи водонерастворимых примесей не превышало 5%. Ведущей компонентой примесей являлся ангидрит, к второстепенным относились доломит, глина, полигалит.

Участок строительства емкостей Е2 и Е3 находился в 40 км на юго-запад от города Оренбург. Ближайшими населенными пунктами, расположенными на расстоянии 10-12 км от этого участка, были села Дедуровка, Никольское, Нижняя Павловка. Коллектором емкости являлась южная часть Дедуровского солянокупольного поднятия, имеющего размеры в сводовой части

(по "изогипсе*-800") 3×12 км². Емкости создавались вдоль меридиана на расстоянии 2,2 км друг от друга. Абсолютные отметки кровли верхней пачки соли в пределах южного крыла Дедуровского поднятия находились в диапазоне от 100 до 500 м. Наиболее приемлемой для строительства емкостей была признана самая нижняя, десятая по счету, пачка галита мощностью от 400 до 600 м, глубина залегания кровли пачки составляла 950 м. Соль имела среднекристаллическую структуру и являлась практически мономинеральной, содержащей менее 1% примесей.

Следует отметить, что строительство емкостей Е2 и Е3 (объекты "Сапфир") на участке Дедуровка предшествовало созданию промышленного комплекса по обработке газа. Этот комплекс из трех заводов, построенный в Оренбурге консорциумом западных фирм в 70-е годы, производил около 50 млрд. м³ газа в год [2]. После завершения в 1974 г. строительства первой очереди этого комплекса емкости Е1 и Е2 были заполнены газовым конденсатом при давлении 80 атм и подключены к производственному циклу. На рис. 7.4 можно видеть, как выглядит наземное обустройство одной из подземных емкостей, созданных в массиве каменной соли с помощью ядерного взрыва.

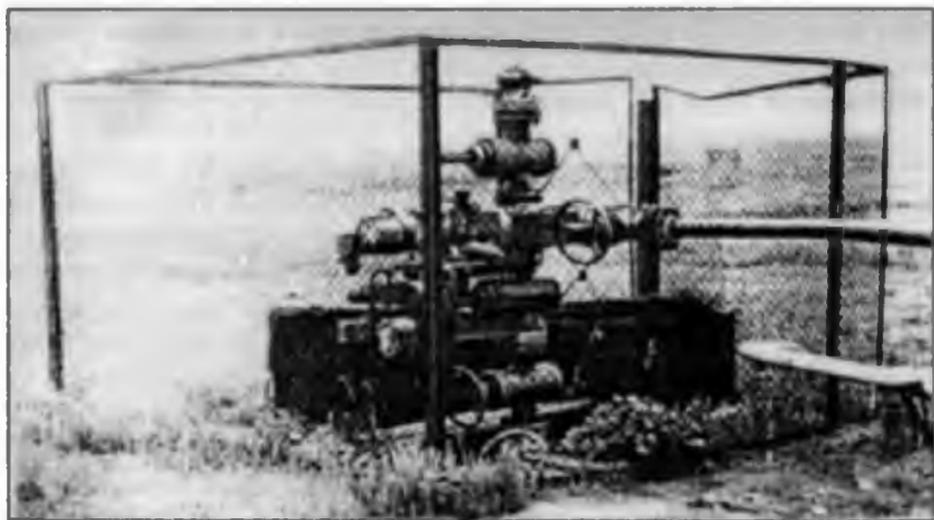


Рис. 7.4. Общий вид наземного обустройства одной из подземных емкостей

В 1993 г., то есть почти через 20 лет после создания полостей Е1 и Е2, их использование было временно приостановлено для замены оборудования и частичной дезактивации отдельных

* Изогипса - изолиния высоты относительно уровня моря

участков промплощадок, за пределами которых уровни излучения не превышали фоновых значений [6].

7.1.3. АСТРАХАНСКОЕ ГАЗОКОНДЕНСАТНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

Парк хранилищ, сооруженный на Астраханском газоконденсатном месторождении, находится в 40 км на северо-восток от г. Астрахань. Из 15 построенных на этом месторождении емкостей две, а именно 14Т и 15Т, которые предназначались для продувки промысловых скважин, находятся на расстоянии 15 и 18 км, соответственно, от места сосредоточения остальных емкостей и несколько в стороне от них. Наименьшее расстояние между соседними технологическими скважинами в пределах массива емкостей составляет 1 км, а расстояние между скважинами 14Т и 15Т равно 5,6 км.

Средой, вмещающей емкости 1Т-13Т, является галит Сеитовского, емкости 14Т - галит Айдикского и емкости 15Т - Сары-Сорского солянокупольных поднятий. Эти поднятия вместе с Досангским куполом образуют кольцевую структуру куполов и гряд вокруг крупной мульды с абсолютными отметками 4000-4100 м. Главным коллектором емкостей является Сеитовская соляная гряда, которая простирается в восточно-северо-восточном направлении. По "изогипсе- 900" длина гряды составляет около 20 км, ширина до 3,5 км. На участке строительства большинства подземных резервуаров сводовая часть соляного массива была сравнительно пологая, угол падения не превышал 10°-20°. Кровля каменной соли была расположена на глубинах 706-754 м. Общая мощность солевого отложения составляла 2800-3000 м. Галит был от среднезернистого до гигантозернистого. Среднее содержание ангидрита в рабочей толще составляло 8-9%. Для рабочей толщи характерным было наличие газово-жидких включений двух разновидностей: мелких, изолированных, кубической формы размером до 5-10 мкм и более крупных, размером от 10 до 300 мкм, межкристаллитных, имеющих неправильную форму.

7.1.4. КАРАЧАГАНАКСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ В КАЗАХСТАНЕ

Парк резервуаров-хранилищ газоконденсата при Карачаганакском газоконденсатном месторождении, расположенном на территории Республики Казахстан в 140 км на восток от г. Уральска, состоит из 6 емкостей. Расстояние между большинством технологических скважин составляет 1,5 км. Коллектором всех емкостей является галит Карачаганакской солевой гряды, которая входит в

систему соляных гряд, расположенных параллельно бортовому уступу на северной границе Прикаспийской впадины. Гряда имеет овальную форму, вытянутую в субширотном направлении. Длина гряды по "изогипсе кровли кунгурских солевых пород 200 м" составляет 28 км, ширина - 5-7 км. Купол имеет пологий, до 10°, северный склон и крутой, до 50°, южный склон. Каменная соль Карачаганак (иренский горизонт) залегает на глубине 300-400 м. Мощность горизонта составляет более 1000 м. В его пределах, как и в солевых структурах Оренбуржья, имеет место чередование соляных пластов с прослоями ангидрита и сульфато-галогенных пропластков. Каменная соль в пределах выбранной рабочей толщи крупнозернистая, плотная, с содержанием водонерастворимых минералов от 5 до 9%. Подобно солям Сеитовского, а также Айдикского и Сары-Сорского куполов каменная соль Карачаганак имеет примесную составляющую в виде газово-жидких включений.

Несмотря на известное различие геолого-тектонических характеристик отдельных участков как опытного, так и промышленного строительства подземных резервуаров, выбранные рабочие толщи имеют довольно однообразный минералогический состав и характеризуются малым содержанием нерастворимых в воде примесей. Вместе с тем для Сеитовского, Айдикского, Сары-Сорского, и особенно Карачаганакского солянокупольных поднятий, как сред для создания подземных резервуаров ядерно-взрывным способом, характерным является наличие газово-жидких включений, что могло сказываться на прочностных свойствах вмещающего галита и вносить специфику в порождаемые взрывами полостные газы.

7.2. ОСОБЕННОСТИ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ В ПЕРИОД ПРОВЕДЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ

При проведении подземных ядерных взрывов, предназначавшихся для образования объемных полостей в соляных массивах, как, впрочем, и при использовании ядерно-взрывных технологий для других промышленных целей, возможен был выход радиоактивных газов и аэрозолей через частично разрушенную цементную забивку скважин или через дозрывные трещины в горном массиве. Количества вышедших газов и аэрозолей, а также метеоусловия в районе взрыва определяли характер радиационной обстановки на территории промплощадки и санитарно-защитной зоны.

Для оценки масштабов и степени радиоактивного загрязнения окружающей среды после проведения подземных промышленных ядерных взрывов, определения необходимых мероприятий, обеспечивающих радиационную безопасность при их осуществлении,

для возможного совершенствования забивочного комплекса технологических скважин, а также для решения других проблем, связанных с применением ядерно-взрывных технологий в мирных целях, нужно было иметь большой набор исходной информации, так, например,:

- информацию о процессе самопроизвольного истечения газов: начало, интенсивность, продолжительность истечения;
- данные, характеризующие аварийную газовую струю: конфигурация струи, ее протяженность, радионуклидный состав, концентрация отдельных радионуклидов на оси струи, интенсивность создаваемого струей гамма-излучения и др.;
- сведения о суммарном выбросе в атмосферу отдельных радионуклидов.

Для получения таких данных, а также изучения интегральных дозовых полей на территории промплощадки и вокруг нее применялись методы дистанционного радиационного контроля, а также воздушной и наземной радиационных разведок.

7.2.1. КОНТРОЛЬ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ В ЭПИЦЕНТРАЛЬНОЙ И БЛИЖНЕЙ ЗОНАХ ВЗРЫВА

Метод дистанционного радиационного контроля заключался в размещении на территории технологической площадки и вокруг нее определенного числа датчиков-детекторов гамма-излучения. Показания датчиков выводились и записывались в специальном фургоне, который находился на командном пункте автоматики.

При взрывах в каменной соли, проводившихся с целью создания подземных емкостей, в качестве средств дистанционного контроля радиационной обстановки, начиная с 1976 г., применялись измерительные комплексы типа "Тунец". Мобильный, обладающий высокой чувствительностью и полной автономией измерительный комплекс этого типа позволял осуществлять измерения в 20 точках контроля. Функционально комплекс состоял из датчиков физической информации (ДФИ), которые размещали в местах контроля, а также пульта сбора и обработки информации, находившегося в фургоне автомобиля. Одна часть датчиков - датчики ДФИ-1 - передавала информацию на пульт сбора и обработки информации по радиоканалам связи с расстояний до 25 км периодически с интервалами, зависящими от автоматически устанавливаемого режима работы. Другая часть датчиков - ДФИ-2 - передавала информацию на пульт непрерывно с тех же и даже больших расстояний по двухпроводным линиям связи. Каждый датчик, входивший в комплекс, был укомплектован тремя сменными

детекторами, различающимися по диапазону мощностей дозы гамма-излучения: 0,2-100 мкГр/ч, 0,01-50 мГр/ч, 0,005-10 Гр/ч, что обеспечивало довольно широкий интервал измерения мощностей доз. Основой этих детекторов были гейгеровские счетчики СИ-22Г, СИ-37Г и СИ-38Г, соответственно. Помимо сменных детекторов датчики имели автономное питание в виде аккумуляторных батарей. Кроме того, датчики ДФИ-1 были снабжены рацией с автономным питанием. Пульт комплекса также имел автономное питание в виде входящей в состав комплекса бензиновой электростанции. Пульт был оснащен цифровым табло и сигнальной картой, на которой отображалась текущая информация.

Средства дистанционного радиационного контроля при необходимости дополнялись такими широкодиапазонными дозиметрами с автоматической записью результатов измерений мощности дозы гамма-излучения, как УСИД-1, ДРГ5-02, "Терн". Получение более полной информации о дозных полях, которые могли создаваться поступающими на поверхность радиоактивными газами, достигалось путем размещения в эпицентральной и ближней зонах по определенным схемам большого числа интегральных дозиметров разных типов: ИФКУ, ИКС, ДКП, КИД-2 и др., которые обеспечивали измерение в широком диапазоне доз: от 0,01 мЗв до 10 Зв.

Метод радиационной воздушной разведки заключался в исследовании струи радиоактивных продуктов взрыва. Воздушная разведка проводилась с помощью вертолета или самолета, оборудованных специальными рентгенометрами и устройствами для отбора проб газов и аэрозолей. Цель воздушной разведки состояла в получении данных о направлении распространения радиоактивной газовой струи, ее ширине на разных расстояниях от эпицентра взрыва и концентрациях радионуклидов в струе.

После получения информации о радиационной обстановке в эпицентре взрыва по показаниям датчиков дистанционного контроля, а также вертолетных или самолетных рентгенометров началась работа групп наземной радиационной разведки. Это были автомобильные дозоры, задача которых при продолжавшемся функционировании системы дистанционного контроля заключалась в детальном обследовании эпицентра взрыва и других мест возможного выхода радиоактивных продуктов взрыва в атмосферу. С помощью установленной на автомобилях поисковой радиометрической аппаратуры РА-69, а также переносных радиометрических приборов разных типов: ДРГЗ, СРП-68, ДП-11Б ("Сенеж"), РУП-1, КРБГ, ДП-5А, РВ-4, РГБ-2 и др. определялись такие параметры радиационной обстановки, как мощность дозы гамма-излучения, плотность потока бета-частиц на местности, концентрации радиоактивных

газов и аэрозолей в атмосферном воздухе. В случае обнаружения радиоактивных продуктов взрыва* работы по изучению радиационной обстановки в эпицентральной и ближней зонах продолжались до полного прекращения выхода радиоактивных газов и аэрозолей. Естественно, что благополучная ситуация в первые 10-20 минут после взрыва не исключала необходимости в проведении дальнейшего контроля за радиационной обстановкой. При взрывах, проводившихся без применения систем дистанционных измерений, контроль осуществлялся периодически в течение нескольких суток.

7.2.2 ИЗМЕРЕНИЕ УРОВНЕЙ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Загрязнение местности негазообразными радионуклидами происходило в результате поступления из центральной зоны взрыва в атмосферу вместе с неактивными газами изотопов криптона и ксенона с периодами полураспада от примерно 0,5 минут до 2,8 часов. Эти изотопы, как известно, распадаются с образованием радионуклидов рубидия, стронция, иттрия, цезия, бария, в том числе наиболее опасных в биологическом отношении стронция-89, стронция-90 и цезия-137. Кроме того, из эпицентра взрыва в атмосферу поступали радиоактивные изотопы таких легколетучих элементов, как йод, теллур, сурьма. Конденсированные радиоактивные продукты распада инертных газов и легколетучие радионуклиды, вступая во взаимодействие со взвешенными частицами газовой струи и атмосферной пылью, образовывали радиоактивные аэрозольные частицы, седиментация которых и приводила к загрязнению почвенного покрова, растительности и вод открытых водоемов. Дополнительные механизмы загрязнения местности радиоактивными аэрозолями состояли в отложении аэрозольных частиц на поверхности земли при динамическом взаимодействии (соударениях) взвешенных частиц с этой поверхностью и вымывании из воздуха аэрозольных частиц атмосферными осадками. Не исключалось также объемное загрязнение объектов окружающей среды негазообразными радионуклидами, которое происходило в местах касания струи земной поверхности и являлось результатом проникновения в объекты окружающей среды газообразных предшественников конденсированных радионуклидов.

Уровни возможного радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды, включая приземный воздух, при проведении

* Для определения их радионуклидного состава применялись гамма-спектрометрические установки, размещавшиеся в полевой лаборатории.

подземных взрывов определялись по результатам измерений бета-активности проб, отбравшихся в одних и тех же (реперных) точках до и после проведения взрыва или серии взрывов. Сведения о методах отбора проб и подготовки их к анализу, а также о методах радиометрического анализа этих проб представлены ниже.

Сбор радиоактивных аэрозолей из приземного слоя воздуха осуществлялся аспирационным методом с помощью фильтрующей установки на основе вентилятора типа ЭВР-3. В качестве фильтрующего материала применялась ткань ФПП-15, обеспечивающая высокую эффективность сбора аэрозолей. Площадь сбора фильтрующего полотна составляла 0,8 м². Через фильтр проходил поток воздуха до 20000 м³/сут. Фильтрующая установка устанавливалась на высоте 1,5 м от поверхности земли и снабжалась специальной защитой от ветра и осадков. Установка размещалась либо непосредственно в районе проведения работ, либо в ближайшем населенном пункте. Время экспозиции фильтра до взрыва составляло несколько суток, после взрыва - от 1-2 часов до одних суток и более. После окончания сбора фильтр озолялся в фарфоровом тигле в муфельной печи при температуре 400-500°С, зола взвешивалась, после чего проводился радиометрический анализ.

Для сбора выпадающих из атмосферы осадков и оседающей пыли использовались кюветы из нержавеющей стали с площадью дна 0,25 м² и высотой боковых стенок 10 см. Как правило, кюветы устанавливались на высоте 1 м от поверхности земли на расстоянии 250 м от техплощадки в 4 направлениях - север, юг, запад, восток. Одна кювета размещалась по соседству с фильтрующей установкой. Дно кювет выстилалось промасленной фильтровальной бумагой. По окончании экспозиции весь попавший в кюветы материал тщательно собирался, вода упаривалась, сухой концентрат озолялся в муфельной печи при температуре 400-500°С в течение 40-60 мин, зольный остаток взвешивался, затем проводился анализ. Смена кювет осуществлялась одновременно со сменой фильтра в фильтрующей установке.

Пробы почвы представляли собой монолитные куски размером 20×20 см², которые отбирались на глубину 1 см. Для этого с выбранного участка ножницами удалялся травяной покров, в землю забивалась специальная четырехугольная форма и с помощью лопаты извлекался вместе с формой слой земли. Выступающая часть почвенного монолита обрабатывалась ножовкой так, чтобы вся форма была заполнена пластом земли, таким образом получался ровный срез. Высушенные при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния пробы тщательно перемешивались, из них удалялись растительные остатки, затем пробы взвешивались, после чего

проводился их анализ. Образцы почв обычно отбирались на ровных участках открытой местности в 4 направлениях от техноплощадки в радиусе до 1 км. Кроме того, одна проба обязательно отбиралась в реперной точке, расположенной в пределах техноплощадки.

Пробы растений отбирались без корней, как правило, в местах отбора проб почвы. При этом составлялась усредненная проба с площади 10 м². Отобранные образцы растительности взвешивались в сыром и воздушно-сухом состояниях, озолялись, зола взвешивалась и затем поступала на анализ.

Если в районе проведения работ имелись водоемы, то для определения удельной бета-активности их поверхностных вод отбирались пробы воды объемом 0,5-2 л. Пробы помещались в полиэтиленовые емкости, предварительно промытые 2N раствором соляной кислоты. Концентрирование радиоэлементов проводилось путем упаривания воды до сухого остатка. Собранный остаток взвешивался.

Измерение суммарной бета-активности зольных остатков проб аэрозолей, атмосферных выпадений, растений, сухих остатков от упаривания водных проб, проб почв осуществлялось с помощью специально отградуированных низкофоновых радиометрических установок типа УМФ-1500, Б-4. Для исключения влияния активности дочерних продуктов распада радона и торона анализ проб аэрозолей обычно проводился через 3-4 дня после их отбора. Статистическая погрешность определения суммарных активностей бета-излучающих нуклидов не превышала 15-20%.

Степень загрязнения объектов окружающей среды радиоактивными продуктами взрыва устанавливалась путем сопоставления дозврывных и послевзрывных средних значений удельных активностей однотипных проб.

Особо необходимо отметить, что отбор и анализ проб объектов окружающей среды проводили после каждого взрыва независимо от того, было зафиксировано поступление радиоактивных газов в атмосферу или нет.

7.2.3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ. НЕШТАТНЫЕ РАДИАЦИОННЫЕ СИТУАЦИИ

Радиационная обстановка, которая формировалась в районах проведения подземных ядерных взрывов для создания полостей-хранилищ в соляных толщах этих районов, оценивалась обязательно после каждого взрыва

Объект "Галиг". На соляном месторождении Большой Азгир было произведено 10 подземных ядерных взрывов (См. табл. 7.1.), в результате чего было создано 9 устойчивых полостей без каких-либо

изменений дневной поверхности в эпицентральных зонах [3]. Лишь в одном случае (на площадке А9) образовалась провальная воронка диаметром 500 м и глубиной до 18 м, изолированная от полости взрыва.

Согласно данным наблюдений, в 6 случаях (площадки А3, А4, А5, А7, А10 и А11) была достигнута полная камуфлетность, при этом каких-либо поступлений радиоактивных продуктов на дневную поверхность не было зарегистрировано.

В трех случаях (площадки А1, А2 и А8) имела место утечка радиоактивных газов. Так, на площадках А1 и А2 утечка происходила через расположенные вблизи технологические скважины, негерметизированные пробоотборные и исследовательские скважины, пробуренные еще до проведения взрывов. Истечение газов было инициировано поступлением в образовавшиеся полости через скважины воды из вышележащих горизонтов. Вначале истечение газов было результатом возникновения избыточного давления за счет испарения попавшей в горячие полости влаги, а затем, как бы вторая стадия истечения, - результатом вытеснением газов из охлажденных полостей по мере их заполнения водой. При взрыве на площадке А1 истечение газов началось через 10 мин после детонации и продолжалось с некоторыми перерывами в течение 20 дней, а на площадке А2 выход газов, начавшись спустя 30 мин после взрыва, продолжался 9 дней. Максимальная мощность дозы гамма-излучения в местах выхода радиоактивных газов составляла 0,8 Гр/ч после взрыва А1 и 3,6 Гр/ч после взрыва А2. Протяженность газового факела в приземном слое атмосферы по изодозе 0,25 мкЗв/ч не превышала 5 км от взрыва на площадке А1 и 10 км - на площадке А2. К счастью, в зону распространения радиоактивных газов не попали населенные пункты, расположенные вблизи технических площадок.

В выходящих из полостей взрывов А1 и А2 радиоактивных газах содержались в основном долгоживущие изотопы криптона и ксенона, а аэрозоли йода, серы и других элементов отсутствовали, по-видимому, из-за поглощения этих аэрозолей встречными потоками воды. Суммарные выбросы в атмосферу радиоактивных инертных газов (РИГ) составили $7,3 \times 10^{15}$ Бк (2×10^5 Ки) после взрыва А1 и $2,0 \times 10^{17}$ Бк ($2,7 \times 10^6$ Ки) - после взрыва А2.

Частичная разгерметизация скважин при взрывах А1 и А2 не привела к загрязнению техногенными негазообразными радионуклидами самих техплощадок и прилегающих к ним территорий.

Дозы облучения персонала, занимавшегося изучением характеристик газовой струи после взрывов на площадках А1 и А2, не превышали 5 бэр (50 мЗв), то есть предела доз облучения, регламентируемых Нормами радиационной безопасности.

Приведенные выше данные свидетельствуют о том, что радиационная обстановка при взрыве А2 была менее благоприятной, чем при взрыве А1. Однако именно взрыв А1 был отнесен к категории взрывов с нештатной радиационной ситуацией. Возможно это было связано с тем, что после взрыва А1, который стал первым ядерным взрывом, проводившимся вне полигона, вопреки прогнозу в проекте, произошел ранний и достаточно масштабный выход в атмосферу осколочных радионуклидов.

Причиной выхода в атмосферу радиоактивных продуктов при взрыве А8 явилось нарушение технологической дисциплины: вблизи оголовка технологической скважины неосмотрительно была оставлена железобетонная плита. Удар этой плиты во время взрыва по оголовку скважины привел к срыву запорного вентиля пробоотборного канала, который был полностью разгерметизирован.

Неуправляемая утечка радиоактивных продуктов через разгерметизированный канал началась через 40 мин после взрыва. Максимальная мощность дозы гамма-излучения вблизи возникшего источника составляла 10 Гр/ч. В приземном слое атмосферы сформировалась струя радиоактивных газов и аэрозолей. Сектор распространения струи в первые двое суток после взрыва достигал 250-290°. Первоочередными задачами службы радиационной безопасности в возникшей ситуации являлись вывод персонала и жителей населенных пунктов из подветренного сектора наблюдаемой зоны, а также проведение работ, направленных на прекращение действия источника. Первая из них была решена оперативно, а быстрому решению второй задачи препятствовали высокие уровни радиации на техплощадке. Пробоотборный канал был практически перекрыт только через 26 часов после взрыва, что способствовало уменьшению выхода газов в 15-20 раз. Однако истечение газа из-под установленной заглушки продолжалось еще в течение 4 суток. Вышедшие из полости А8 газы помимо относительно долгоживущих изотопов криптона и ксенона, а также трития в молекулярной форме содержали также газоаэрозольную компоненту, включавшую теллур-132, йод-131, серу-35.

Истечение радиоактивных веществ сопровождалось остаточным загрязнением грунта (снега) на техплощадке и за ее пределами. Максимальная протяженность следа от выпадений составила 7,3 км. Содержание отдельных радионуклидов в поверхностном слое почвы (снега) в местах наибольшего загрязнения местности за пределами техплощадки сразу после прекращения действия источника было невысоким, а именно, трития - $3,7 \times 10^6$ Бк/кг, серы-35 - $1,2 \times 10^3$ Бк/кг, йода-131 - $9,6 \times 10^7$ Бк/кг и теллура-132 - $3,7 \times 10^8$ Бк/кг. Следует признать, что в подветренном секторе на расстоянии до 25 км

оказались населенные пункты и кошары. В табл. 7.3 приведены данные о степени загрязнения населенных пунктов после взрыва на площадке А8.

Таблица 7.3.

Степень загрязнения грунта в населенных пунктах, расположенных на разных расстояниях в зоне распространения радиоактивных веществ при нештатной радиационной ситуации после взрыва на площадке А8

| Населенный пункт | Расстояние от промплощадки, км | Степень поверхностного загрязнения снега, Бк/м ² |
|------------------|--------------------------------|---|
| Султан | 7,3 | 75 |
| Кызыл-Кура | 9,5 | 2 |
| Джандоу | 13,5 | 4 |
| Мекул | 17 | 8 |
| Ески-Мектей | 19 | 2 |
| Болель | 20 | 15 |
| Батырбек | 24 | 2 |

Примечание. Жители поселков Терек, Шуқыр и Султан были эвакуированы еще до проведения взрыва

Как свидетельствуют данные табл. 7.3, поселок Султан находился на более близком расстоянии к площадке А8, чем другие населенные пункты, оказавшиеся в подветренном секторе относительно этой промплощадки. Результаты проведенных расчетов позволяют утверждать, что если бы жители этого поселка постоянно находились на открытом воздухе, то доза внешнего облучения их не могла бы превысить 5 мЗв, а дозы внутреннего облучения были бы незначительными.

Дозы облучения персонала, занимавшегося исследованием возникшей радиационной обстановки, а также установлением загроушки в разгерметизированной скважине, не превышали 50 мЗв. Ингаляционное поступление серы-35 в организм людей, находившихся на границе установленной санитарно-защитной зоны (10 км от промплощадки) в первые сутки после взрыва составляло 1,2% от предельного суточного поступления этого радионуклида в организм лиц категории Б. Доза внешнего облучения людей на границе санитарно-защитной зоны в подветренном секторе в первые сутки после взрыва не превышала предела дозы облучения, принятого для ограниченной части населения. В целом результаты исследования радиационной обстановки и данные индивидуального дозиметрического контроля свидетельствовали о том, что, несмотря на аварийную ситуацию, радиационная безопасность персонала и жителей ближайших населенных пунктов была полностью обеспечена. Тем не менее, взрыв А8 был отнесен к категории взрывов с нештатной радиационной ситуацией.

На объекте "Галит" кроме вышеописанных взрывов было осуществлено еще 8 исследовательских подземных ядерных взрывов. Один из них с энерговыделением 103 кт был произведен в глинисто-песчаных отложениях на глубине 630 м, другой с энерговыделением 10 кт - в частично заполненной водой полости А3, а остальные 6 взрывов с малыми энерговыделениями (от 0,01 до 0,5 кт) - в водозаполненной полости А2. Данные о радиационной обстановке, сложившейся после этих взрывов, будут представлены ниже.

Процессы выхода радиоактивных веществ после взрыва и раннего стравливания газов из полостей на площадке "Галит" можно рассматривать как один процесс, поскольку для них характерны достаточно высокая суммарная активность выброшенных в атмосферу РИГ и высокая мощность дозы гамма-излучения в местах их выхода на дневную поверхность.

Для решения вопросов, связанных с повышением эффективности мероприятий, которые способствовали обеспечению радиационной безопасности при проведении подземных ядерных взрывов на площадке "Галит", большое значение имели данные, характеризующие выход радиоактивных веществ вскоре после взрыва и раннего стравливания давления из полостей взрыва. Такие данные приведены в табл. 7.4.

Таблица 7.4.

Количественная характеристика радиоактивных истечений и ранних стравливаний газов из полостей взрывов на различных площадках объекта "Галит"

| Параметр | Количественная характеристика параметров на различных площадках | | | |
|---|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| | А1 | А2 | А2-3 | А5 |
| Момент начала истечения или стравливания газа, час | 0,2 | 0,5 | 3,7 | 0,7 |
| Продолжительность выхода газов, дни | 20 | 9 | 1 | 4 |
| Максимальная мощность дозы в месте выхода газов, Р/ч | 3600 | 1000 | 7600 | 1000 |
| Максимальная протяженность газового факела в приземном слое по изодозе 25 мкР/ч, км | 5 | 10 | 8 | 0,6 |
| Объем стравленного газа, м ³ | - | - | 700 | 700 |
| Суммарная активность вышедших газов, Ки | 2×10 ⁵ | 5,5×10 ⁶ | 4,0×10 ⁶ | 1,2×10 ⁵ |

Данные табл. 7.4 свидетельствуют о том, что выход радиоактивных газов сопровождался образованием интенсивных радиационных полей на территории площадок, представляя опасность для находящегося на этих площадках персонала. Однако за пределами санитарно-защитной зоны радиоактивные газы уже практически не представляли никакой опасности для людей.

Случаев загрязнения объектов окружающей среды, кроме стравливания газов после взрыва на площадке А5, не было зафиксировано. А на площадке А5 загрязнение произошло в результате эксперимента, проведенного после взрыва. Проектом и, соответственно, программой работ на этой площадке была предусмотрена закачка воды в полость взрыва с одновременным стравливанием избыточного давления. Это привело к непредсказуемому выбросу в атмосферу достаточно большого количества жидкости в виде водяных капель, в результате чего были загрязнены почва и растительность в пределах санитарно-защитной зоны. Населенных пунктов и кошар в зоне распространения газового факела, к счастью, не было. По уровню доз возможного облучения протяженность реальной санитарно-защитной зоны после взрыва и стравливания в ходе эксперимента не превышала 500 м.

Взрывы на газоконденсатных месторождениях. Как уже отмечалось выше, ядерные взрывы для создания в каменной соли резервуаров-хранилищ оперативных запасов газоконденсата газовых промыслов и заводов осуществлялись в период с 1970 г. по 1984 г. включительно на 3 крупных газоконденсатных месторождениях: Оренбургском, Астраханском и Карачаганакском. Первые взрывы были единичные. В последующем для экономии времени и материальных затрат применялся метод последовательного подрыва нескольких ядерных зарядов с интервалом около 5 мин. Очередность подрыва зарядов в скважинах, обычно несовпадавшая с порядковым номером скважины, диктовалась преимущественно направлением ветра в приземном слое воздуха во время осуществления взрывных работ.

После проведения каждого взрыва (серии взрывов) определялись уровни возможного загрязнения негазообразными радиоактивными продуктами взрыва объектов окружающей среды: приземного воздуха, почвы, растительного покрова и вод открытых водоемов, если они имелись.

Изучение радиационной обстановки после взрывов, как правило, проводилось также с помощью средств дистанционного контроля типа "Тунец".

Согласно данным наблюдений за радиационной обстановкой после взрывов, фактов проникновения легколетучих радиоактивных продуктов на дневную поверхность не было зафиксировано (за исключением взрыва в скважине 2Тк на объекте "Лири"). Не отмечалось истечения в атмосферу радиоактивных продуктов ни через трещины в земле, ни через расположенные в пределах эпицентральной области скважины, ни через межколонное и заколонное пространство технологических скважин, ни даже через кабельные коммуникации.

Это свидетельствует, во-первых, о безошибочности выбора рабочих солевых толщ в отношении их герметичности, во-вторых, об отсутствии под действием взрыва (серии взрывов) в солевом массиве механических нарушений в виде сквозных трещин и, в-третьих, о надежном функционировании забивочных комплексов даже в условиях неоднократного ударного воздействия на них взрывов, проводимых в близко расположенных скважинах, естественно, при условии их возведения в строгом соответствии с проектом.

При проведении серии взрывов "Лиры-1" (См. табл. 7.2.) произошло непредвиденное, но, к счастью, незначительное истечение радиоактивных продуктов из скважины 2Тк. Выход продуктов начался спустя 1 ч 45 мин после взрыва, и уже через 35 мин уровни радиации достигали максимальных значений - 0,35 Гр/ч (35 Р/ч). В дальнейшем мощность дозы стала постепенно снижаться.

Появление радиоактивных продуктов на дневной поверхности произошло из-за частичной разгерметизации пространства между обсадной и спускной колоннами. Причиной этого, по-видимому, стало проводившееся экспериментирование с составом тампонажного материала. Радиоактивная компонента вышедших при этом газов, как показал анализ отобранных проб, была представлена в основном изотопами благородных газов и йода.

В течение всего периода истечения газов протяженность радиационно опасной зоны с дозой облучения, равной 5 мЗв (0,5 бэр), находилась в пределах от 0,5 до 1 км в секторе 190-260°. На территории техплощадки за время истечения газов мощность дозы гамма-излучения в зависимости от места и времени измерения, а также метеоусловий колебалась в пределах от 0,01 до 3 Р/ч. После проведения мероприятий по герметизации скважины радиационная обстановка на техплощадке значительно улучшилась. Мощность дозы снизилась на устье скважины до 40 мР/ч, а на площадке - в среднем до 0,01-1 мР/ч. Через 18 дней после взрыва мощность дозы гамма-излучения на устье скважины 2Тк уже не превышала 5 мР/ч. Видимо, поэтому такое непрогнозируемое истечение радиоактивных продуктов взрыва в скважине 2Тк не было отнесено к разряду нештатных радиационных ситуаций.

Результаты систематических измерений удельных бета-активностей проб аэрозолей, выпадений, почв, растительности и воды указывали на отсутствие повышенных уровней активности в послевзрывной период в окрестностях техплощадок, включая и площадку 2Тк объекта "Лиры". То есть эти результаты свидетельствовали о том, что ни один из осуществленных взрывов не привел к загрязнению прилегающих к площадкам территорий техногенными негазообразными радионуклидами.

Проведение ядерных взрывов на газоконденсатных месторождениях сопровождалось осуществлением систематического контроля за облучением лиц, занятых на работах в районах взрывов. Обычно для этого применялись такие средства индивидуального дозиметрического контроля, как кассеты ИФКУ и дозиметры типа КИД-2, ДК-02. Во всех экспериментах, кроме взрыва в скважине 2Тк на объекте "Ли́ра", по результатам индивидуального дозиметрического контроля не было выявлено случаев какого-либо облучения участников работ. К сожалению, при осуществлении взрывов серии "Ли́ра-1" имело место облучение 24 человек из персонала в процессе выполнения ими различного рода работ вблизи источника повышенной радиации. Однако дозы облучения находились в пределах допустимой нормы. Так, максимальная индивидуальная доза облучения при изучении возникшей радиационной обстановки составляла 50 мЗв (5 бэр), при проведении работ по герметизации скважины - 10 мЗв (1 бэр). Коллективная доза облучения не превышала 0,2 чел.×Зв (20 чел.×бэр). Радиационная безопасность персонала была обеспечена благодаря правильной организации работ, строгому учету продолжительности пребывания работников на площадке и оперативному контролю индивидуальных доз облучения.

Приведенные выше данные наблюдений за радиационной обстановкой в районах проведения промышленных подземных ядерных взрывов для создания подземных резервуаров-хранилищ в отложениях каменной соли свидетельствуют о практически абсолютной безопасности применения ядерно-взрывных технологий для этих целей.

7.3. РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ ПО ПРОМЫШЛЕННОМУ ОСВОЕНИЮ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ЗОН ВЗРЫВОВ

После осуществления промышленных подземных ядерных взрывов наиболее значительное радиоактивное загрязнение техплощадок и их окрестностей может произойти либо при проведении буровых работ и изучении при этом действия взрыва на горные породы, либо при подготовке полостей взрывов к промышленному использованию. Буровые работы требуют довольно больших финансовых затрат, поэтому бурение скважин велось избирательно и очень редко. Так, буровые работы не проводились ни в одной из центральных зон, образованных при реализации программы глубинного сейсмозондирования земной коры, а также и при выполнении проектов по интенсификации добычи нефти и газа.

Следует отметить, что обустройство полостей взрывов в качестве емкостей-хранилищ требовало обязательного вхождения в каждую полость, а это, естественно, приводило к выходу радиоактивных веществ на поверхность земли. Поэтому выход из полости какой-то части продуктов взрыва почти всегда сопровождался некоторым осложнением радиационной обстановки.

Необходимо сказать о том, что на начальной стадии работ по подготовке полостей к эксплуатации требовалась большая осторожность. Связано это было с тем, что вскрываемая в галите полость, будучи за редким исключением герметичной, часто характеризовалась наличием в ней избыточного давления из-за присутствия в полости газов и влаги, выделяющихся из вмещающей породы под тепловым воздействием взрыва, влаги в виде бурового раствора, попадающего в полость при ее вскрытии, а также высокой остаточной температуры стенок полости. При вскрытии полости из-за избыточного давления в ней на роторную площадку могли поступить газообразные и легколетучие радиоактивные продукты взрыва, что ухудшало условия работы персонала по вхождению в полость, поэтому необходимо было затрачивать определенное время и усилия на осуществление управляемого выпуска (сравливания) полостных газов в атмосферу.

7.3.1. ПЕРИОД ВСКРЫТИЯ ПОЛОСТИ И ВЫПУСКА В АТМОСФЕРУ НАХОДЯЩИХСЯ В НЕЙ ГАЗОВ

Вскрытие сформированных взрывами полостей планировалось осуществлять через 2-3 месяца после взрыва. Однако фактическое время вскрытия любой полости всегда превышало указанный срок. Например, наименьшее время вскрытия было равно 3 и 4 месяцам после взрыва - это срок вскрытия полостей Е1 и Е3, соответственно, а наибольшее - 2 года и 3 месяца - время вскрытия полости 4Т в серии взрывов "Вега-2". Эти данные свидетельствуют о том, что практиковался вариант позднего вскрытия полостей, особенно это было характерно для проведения таких работ на объектах "Вега" (Астраханское месторождение) и "Лири" (Карагаганакское месторождение).

Позднее вскрытие полости способствовало значительному уменьшению избыточного давления в ней. Однако, несмотря на это, операции по вхождению в полость всегда проводились с использованием герметизирующего скважину устройства - противовыбросной установки. Эта установка, обычно состоящая из элементов обвязки устья, системы превенторов (плащечный и универсальный), пульта управления и минифольда, вводилась в действие вслед за прекращением циркуляции бурового раствора в штатных

условиях бурения, то есть в момент возникновения устойчивого канала связи с полостью. Вхождение в полость в основном осуществлялось через технологическую скважину.

Появление канала, связывающего скважину с полостью, не всегда приводило к подъему давления в подпревенторном пространстве выше атмосферного. Так, на оголовках скважин 4Т, 5Т, 7Т, 11Т, 2Тк и 5Тк после "прокола" их полостей избыточного давления не наблюдалось. В скважине 2Тк это стало следствием проведенного стравливания парогазовой смеси из полости через образованный канал задолго до разбуривания скважины. Причиной отсутствия избыточного давления на оголовке скважины 5Тк стало затопление ее полости подземными водами. Величины начального избыточного давления, наблюдавшегося при "проколах" большинства других полостей, находились в пределах от 0,02 МПа (0,2 атм) до 0,48 МПа (4,9 атм).

Информацию о температурном состоянии вскрытых емкостей обычно получали путем прямого измерения температур в полостях на этапе геофизических исследований. Таким образом было установлено, что в 9 полостях температура превышала отметку 100°С.

После вскрытия полости проводилось стравливание избыточного давления. Это была довольно распространенная операция, несмотря на практиковавшееся позднее вскрытие полостей. Она была осуществлена в 19 полостях из 24 вскрытых. Обычно стравливание проводилось через герметичное выкидное устройство, имевшее пробоотборно-измерительный участок и оснащенное запорной арматурой, задвижками, ротаметром, манометрами, отстойником сконденсированной влаги, штуцерами с кранами для пробоотбора и карманами под термометры. В целом выкидное устройство представляло собой врезанный в устье скважины под превентором трубопровод Т-образной (в плане) формы, завершающийся двумя стояками ("свечами") высотой 8-10 м каждый, которые располагали друг от друга на расстоянии примерно 80 м для того, чтобы уменьшить воздействие метеорологических условий на ход стравливания. Начальная часть трубопровода от оголовка скважины до разветвления обычно имела длину 70-80 м.

Продолжительность стравливания газовой фазы зависела от количества газов в полости и поперечного сечения канала, соединяющего полость со скважиной, через который и осуществлялся выпуск парогазовой смеси в атмосферу. Обычно указанный канал имел достаточно большое сечение, а процесс управляемого стравливания на большинстве объектов занимал не более 1-3 суток при среднем расходе газов от 30 до 60 м³/ч.

В процессе управляемого выпуска парогазовой смеси из полостей проводилось систематическое исследование их химического и радионуклидного составов. Результаты изучения химического состава свидетельствовали о том, что наиболее распространенной была так называемая диоксидная атмосфера полости с содержанием углекислого газа от 85 до 97 объемных процентов. Газы в полостях являлись токсичными, поскольку содержали в опасных концентрациях такие вредные примеси, как оксид углерода, сероводород, тяжелые углеводороды и т.п.

Полученные экспериментальные данные о радионуклидном составе парогазовых смесей в полостях были характерны для условий так называемого позднего стравливания, то есть через много месяцев после взрыва. Основными радиоактивными компонентами были тритий, сера-35, криптон-85. Концентрации этих радионуклидов в выходящих газах и концентрации трития в водяном паре были такими, что делали газы и пар опасными, поэтому при стравливании персоналу необходимо было соблюдать определенные меры предосторожности

Следует отметить, что при ранних стравливаниях, например, через 3-6 месяцев в полостях E1, E2, E3, в выходящих газах кроме трития, серы-35 и криптона-85 присутствовали и другие радиоактивные продукты взрыва. Количество газа, выделяемое непосредственно при испарении и плавлении соли было пропорционально мощности взрыва и определялось в основном газемкостью соли и газами теплового разложения примесей в ней. Помимо этого в состав такого газа входили и газы, образующиеся в результате реакций, протекающих с участием железа, содержавшегося в зарядном контейнере и других конструкционных материалах, а также газы, образующиеся при разложении воды.

Изучение состава газа проводилось в процессе стравливания парогазовой смеси из образовавшихся полостей при наличии избыточного давления на оголовке скважины. Операция управляемого стравливания начиналась после разбуривания забивочного комплекса скважин и входа в образовавшуюся полость. После установления надежной связи полости с дневной поверхностью скважина перекрывалась превентором. Газ из полости при наличии избыточного давления стравливался по линии стравливания. Для изучения состава газа пробоотбор его проводился по байпасной линии или в пробоотборники, иногда состав газа изучался непосредственно на линии с установкой на ней газовых хроматографов. При наличии в полости избыточного давления из нее начинал выходить сухой газ, а по мере прогрева скважин на поверхность в составе парогазовой смеси начинал поступать водяной пар. Время

прогрева скважины определялось глубиной ее заложения, температурой и давлением в полости, содержанием в ней воды, количеством и скоростью стравливания парогазовой смеси. Продолжительность контролируемого стравливания была различной и зависела от давления и температуры парогазовой смеси, длительности буровых и геофизических работ при открытом стволе и правильности выполнения требований радиационной безопасности на промплощадке, разрабатываемых с учетом мощности дозы на оголовке скважины, радионуклидного состава и метеоусловий. В ряде случаев в ходе управляемого стравливания наблюдалось чередование выхода парогазовой смеси из полости с последующим поступлением в скважину и полость атмосферного воздуха, что можно было объяснить динамикой истечения парогазовой смеси и связанным с ней нагревом и охлаждением ствола скважины, являющегося своего рода конденсатором для паров воды. По результатам анализа стравливаемой из полостей парогазовой смеси было установлено, что, в ней кроме паров воды содержатся в основном CO_2 , CH_4 , H_2 , CO , N_2 , H_2S и O_2 .

Кроме газообразных и легколетучих радионуклидов, в газовой фазе полости взрыва могли находиться и такие радионуклиды наведенной активности, которые образовывались при взаимодействии нейтронов взрыва с элементами вмещающей породы и конструкцией взрывного устройства. На площадках "Галит", "Вега", "Лира" и "Сапфир" практически после всех взрывов была обнаружена сера-35, которая может образовываться из хлора-35, присутствующего в каменной соли по реакции (n, p) и из примесного к каменной соли ангидрита, серы-34 по реакции (n, γ). Однако сера-35 образовывалась преимущественно по первому типу реакции. Наиболее опасными изотопами при стравливании парогазовой смеси были тритий, йод-131 и сера-35.

Для йода-131 характерным было то, что коэффициент его выхода на дневную поверхность был очень низкий. По всей вероятности, это было обусловлено тем, что йод-131 конденсировался вместе с хлоридом натрия и находился в конденсированном состоянии, что не приводило к осложнению радиационной обстановки.

В Радиевом институте им. В.Г. Хлопина была проведена оценка формирования газовой фазы в полости камуфлетного ядерного взрыва в каменной соли. По результатам оценки было установлено, что при $T \sim 4000\text{K}$ большая часть йода будет находиться в связанном с натрием состоянии. При конденсации и кристаллизации паров испаренной породы иодид натрия может входить в кристаллическую решетку хлористого натрия (каменной соли) и прочно в ней удерживаться.

Если при стравливании после взрывов в каменной соли наблюдался выход серы-35, то ее концентрация в стравливаемом газе была выше 9 Бк/л.

В ходе проведения исследований было установлено, что при быстром стравливании газа, когда забивка боевой скважины еще не прогрета, стравливаемый газ почти не содержал влаги, и тритий в нем находился практически в газообразной форме в виде НТ, НТС и СНЗТ. При длительном стравливании газа забивка прогревалась, в газе появлялся пар, преобладал тритий в окисленной форме. Типичное распределение трития по различным формам наблюдалось при стравливании парогазовой смеси из полости Е3: НТО - 90%, НТ - 8%, СНЗТ - 2%. Результаты исследований распределения трития по химическим формам при стравливании парогазовой смеси на объекте "Вега" приведены в таблицах 7.5.

Таблица 7.5.

Содержание трития в окисленной форме (НТО) в парогазовой смеси, выходящей из некоторых полостей объекта "Вега" при "проколах" технологической скважины

| Взрыв | Дата отбора | Объемная активность, Бк/л |
|-------|---------------|---------------------------|
| Т-1 | 19.07.1982 г. | $3,7 \cdot 10^4$ |
| | 20.07.1982 г. | $3,7 \cdot 10^5$ |
| | 23.07.1982 г. | $2,6 \cdot 10^5$ |
| | 24.07.1982 г. | $4,0 \cdot 10^5$ |
| | 26.07.1982 г. | $7,8 \cdot 10^4$ |
| Т-2 | 08.10.1982 г. | $2,7 \cdot 10^6$ |
| | 09.10.1982 г. | $2,1 \cdot 10^9$ |
| | 18.10.1982 г. | $1,4 \cdot 10^9$ |
| Т-3 | 29.03.1984 г. | $5,9 \cdot 10^4$ |
| | 30.03.1984 г. | $7,8 \cdot 10^4$ |
| | 01.04.1984 г. | $1,7 \cdot 10^6$ |

По результатам исследований содержания и форм нахождения трития в парогазовой смеси полостей ядерных взрывов в солях были сделаны выводы о некоторых закономерностях распределения его в различных формах:

- основная часть трития находилась в форме углеводородов;
- увеличение концентрации трития в процессе стравливания происходило в основном за счет повышения влагосодержания смеси, увеличивая тем самым вклад окисленной формы трития в его общую активность;
- значительная часть трития в окисленной форме не выходила на дневную поверхность и оставалась в полости ядерного взрыва. Это было связано с тем, что в процессе стравливания смеси скважина играла роль "обратного холодильника", так как она не успевала прогреться и не пропускала пары воды.

Стравливание парогазовых смесей из полостей взрывов являлось, с точки зрения радиационного фактора, довольно опасной операцией, требующей специального обустройства техплощадки, соблюдения правил радиационной безопасности, а также участия в ее проведении высококвалифицированных специалистов.

На время стравливания вокруг техплощадки устанавливалась санитарно-защитная зона радиусом до 1 км без ограничения на ней сельскохозяйственной деятельности.

Реальная радиационная обстановка на площадках и в санитарно-защитных зонах при стравливании характеризовалась следующими показателями:

- объемная активность воздуха на территории площадки при нормальном технологическом процессе изменялась от 37 до 3700 Бк/л (10^9 - 10^7 Ки/л), причем верхнее значение отмечалось редко;
- до 90% активности приходилось на долю трития;
- плотность потока бета-частиц с энергиями выше 200 кэВ в газовом облаке достигала 3-30 бета-частиц/см²мин.
- при аварийных ситуациях, то есть при утечке газов через превентор, объемная активность воздуха и плотность потока бета-частиц на роторной площадке повышались до очень высоких значений - до 4×10^7 Бк/л (1×10^3 Ки/л) и 5×10^3 бета-частиц/см²мин, соответственно.

В процессе отбора проб из линии стравливания происходило радиоактивное загрязнение грунта, оборудования, средств индивидуальной защиты, спецодежды и кожных покровов. Степень загрязнения часто превышала допустимые уровни при максимальном значении $1,2 \times 10^4$ бета-частиц/см²мин.

Во время стравливания парогазовой смеси мощность дозы гамма-излучения в пределах техплощадки в среднем не превышала 1 мкР/ч (100 мкР/ч).

Облучение персонала при проведении операции стравливания парогазовой смеси происходило в основном за счет ингаляционного поступления трития в организм. Это поступление, которое рассчитывалось по объемной активности воздуха в зоне дыхания и времени пребывания в этих условиях, составляло 0,1-0,2 ПДП (предельно допустимое поступление радионуклида) на одну полость и 0,1-0,8 ПДП за год. Контрольные измерения активностей проб биосубстратов персонала, а именно проб влаги выдыхаемого воздуха и мочи, показали, что удельная активность трития в этих пробах была ниже чувствительности полевых методик (10^{-6} Ки/л). Дозы внешнего облучения персонала не превышали 1 мЗв (0,1 бэр) на одну полость.

По завершении стравливания проводился отбор проб объектов внешней среды в наиболее вероятных местах возможного радиоактивного загрязнения санитарно-защитных зон. Отбирались и анализировались пробы поверхностного слоя почвы, растительного покрова, выпадений, а в отдельных случаях проб воды из открытых водоемов. В результате проведенных исследований было установлено, что содержание радионуклидов в объектах окружающей среды после стравливания парогазовых смесей практически не изменялось, а оставалось в пределах среднеквадратичных флуктуаций фоновых значений, характерных для районов расположения полостей.

В отдельных случаях наблюдалось увеличение содержания трития и серы-35 в растительном покрове санитарно-защитных зон сразу после или во время стравливания: содержание трития в пробах растительности могло составлять 540 Бк/кг ($1,5 \cdot 10^{-8}$ Ки/кг), а серы-35 - 61 Бк/кг ($1,7 \cdot 10^{-9}$ Ки/кг). Но уже через 2-3 недели в повторных пробах растительности, отобранных в тех же местах, эти радионуклиды не обнаруживались. Это свидетельствовало о том, что устойчивого радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды в зоне радиусом до 1 км вокруг техплощадок не возникло.

До сдачи полости в эксплуатацию в виде хранилища кроме ее обустройства соответствующей арматурой проводились измерения эффективного объема полости методом нагнетания в нее известного количества воздуха до малых избыточных давлений, а также различные испытания полости. Главным испытанием была опрессовка полости закачкой в нее природной газовой смеси до больших давлений. Этому предшествовала продувка полости сухим природным газом. После завершения всех измерений и испытаний в атмосферу выпускались газы, которые имели контакт с содержимым полости, поэтому эти газы можно было считать опасными с точки зрения радиационного фактора.

Результаты исследования вторичного стравливания газов на ряде объектов позволили сделать следующие выводы:

- при выпуске в атмосферу закаченных в полость газов происходил вынос главным образом криптона-85 и трития;
- радиационная значимость серы-35 и аэрозольной составляющей была незначительной;
- в подготовленной к эксплуатации емкости практически отсутствовал криптон-85, так как выносился в атмосферу в основном на стадии первичного стравливания и при продувке;
- тритий, несмотря на многократный обмен газа в объеме полости, выносился при вторичных стравливаниях в атмосферу в

очень малых количествах - до 10% от его общего количества, имеющегося в полости, причем преимущественно в легколетучих формах молекулярного водорода и углеводов. В основном же тритий оставался в емкости и в прилегающей к ней зоне трещиноватости в виде окиси;

- радиационная опасность операций вторичного стравливания была значительно ниже операции первичного стравливания газов.

7.3.2. БУРЕНИЕ В ПОЛОСТЬ ВЗРЫВОВ И ОБСЛЕДОВАНИЕ ПОЛОСТЕЙ

Работы, связанные со вскрытием полости и оборудованием технологической скважины фонтанной арматурой, начинались с обустройства техплощадки. Сначала вокруг устья скважины путем ограждения создавалась контролируемая службой радиационной безопасности зона строгого режима размером 100×100 м². Это считалось территорией техплощадки, на которой, а также и за ее пределами в определенном порядке размещались служебные, лабораторные, подсобные помещения и технологическое оборудование. Над скважиной устанавливался буровой станок и монтировались настилы для временного хранения буровых труб. Кроме того, рылись амбары для бурового раствора и приема шлама, а также траншея глубиной 3 м и размером в плане 2×25 м² для захоронения радиоактивных отходов. Траншея размещалась вблизи настила и параллельно ему, причем делалось это для того, чтобы в нее тоже можно было сбрасывать пришедшие в негодность загрязненные буровые трубы, не перемещая их по всей площадке. Для предотвращения неуправляемого выброса газов из скважины при "проколе" полости и организации последующего контролируемого стравливания скважина оборудовалась специальным противовыбросным устройством. На время проведения операций "прокола" и стравливания вокруг техплощадки устанавливалась санитарно-защитная зона радиусом 250-1000 м. Все операции, сопровождавшиеся вынужденным контактом с радиоактивными веществами, велись при строгом соблюдении правил, регламентированных "Основными санитарными правилами работ с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений".

Основные операции по подготовке полости к ее продуванию и опрессовке, их продолжительность, а также основные характеристики радиационной обстановки при проведении этих операций представлены в табл. 7.6.

При извлечении труб подвески взрывного устройства и разбуривании цементного моста под технологическую колонну диаметром 9 дюймов радиационная обстановка на площадке оставалась

Характеристика радиационной обстановки при проведении технологических операций, связанных с подготовкой полости к эксплуатации

| Операция | Продолжительность, дни | Мощность дозы гамма-излучения, мкГр/ч | Поверхностная бета-загрязненность оборудования, Бк/см ² | Объемная активность воздуха на рабочих местах, Бк/л |
|---|------------------------|---------------------------------------|--|---|
| Подготовка к бурению | 30 | 0,25 | - | - |
| Извлечение труб | 2-6 | 0,25 | 17 | - |
| Разбуривание цементного моста | 6-10 | 0,5 | 17 | - |
| Монтаж технологической колонны 9 дюймов | 2-7 | - | - | - |
| Опрессовка колонны | 1 | - | - | 37 |
| Бурение на вскрытие полости | 10-100 | 1 | 85 | $3,7 \cdot 10^6$ |
| Геофизические исследования | 2-5 | 30 | 340 | $3,7 \cdot 10^5$ |
| Подъем инструмента | 2-4 | 30 | 700 | $3,7 \cdot 10^5$ |
| Монтаж колонны 7 дюймов | 4-10 | - | - | $3,7 \cdot 10^4$ |
| Опрессовка колонны 7 дюймов | 2-3 | - | - | $3,7 \cdot 10^5$ |
| Монтаж фонтанной арматуры | 7-18 | - | - | - |
| Дезактивация, захоронение отходов | 10-20 | - | 340 | - |

на уровне фоновых значений. Иногда наблюдалось загрязнение нижней части отстрелянных труб и бурового инструмента до 1000 бета-частиц/см²мин. Спуск и цементирование колонны диаметром 9 дюймов не создавали дополнительных осложнений. После опрессовки колонны в отдельных случаях фиксировались незначительные, примерно до 40 Бк/л, повышения объемной активности выбросного воздуха.

Разбуривание цементного моста под колонну диаметром 7 дюймов было связано с многократным подъемом инструмента, загрязнение нижней части которого доходило до 5000 бета-частиц/см²мин. Для сокращения затрат на буровой инструмент и уменьшения объемов радиоактивных отходов бурение проводилось уже применявшимися ранее на других площадках буровыми трубами. В этом случае мощность дозы гамма-излучения от штабеля могла достигать 10 мкГр/ч (1 мР/ч). Бурение сопровождалось постепенным загрязнением бурового раствора и накоплением слабозагрязненного шлама. Максимальная мощность дозы гамма-излучения над

амбаром не превышала 0,7 мкГр/ч (70 мкР/ч). После прекращения циркуляции бурового раствора, чтобы весь загрязненный буровой раствор сбросить в полость и в дальнейшем бурение начать после подачи "чистого" раствора, из устья незакрытой скважины происходили кратковременные выбросы газов с объемной активностью до $3,7 \times 10^6$ Бк/л. При прекращении подачи бурового раствора или при слишком быстром его "уходе" из скважины наблюдался интенсивный выход газов через устье скважины до закрытия превентора.

Геофизические исследования полости и подъем инструмента приводили к значительному загрязнению бурового инструмента и геофизических снарядов, как правило, составлявшему 2000 бета-частиц/см²мин. После дезактивации острым паром уровни загрязнения снижались в 10-100 раз. Мощность дозы гамма-излучения при этом могла составлять около 300 мкГр/ч (30 мР/ч). Часто наблюдалось ненапорное истечение парогазовой смеси через открытое устье скважины ("дыхание" скважины), что приводило к кратковременному увеличению объемной активности воздуха до 4×10^5 Бк/л на рабочих местах.

Следует отметить, что дополнительного радиоактивного загрязнения технологической площадки во время монтажа и опрессовки колонны диаметром 7 дюймов, а также при спуске лифтовой колонны, как правило, не возникало, но практически всегда наблюдалось "дыхание" открытой скважины.

Демонтаж загрязненного оборудования, дезактивация техплощадки и захоронение радиоактивных отходов вызывали в основном дополнительное, иногда значительное, до 2000 бета-частиц/см²мин, загрязнение спецодежды и средств индивидуальной защиты. Дезактивация грунта проводилась до тех пор, пока мощность дозы гамма-излучения не снижалась до 0,3 мкГр/ч (30 мкР/ч).

Дозы и внешнего, и внутреннего облучения персонала при выполнении всех технологических операций при вскрытии полостей было небольшие и не превышали, как правило, в сумме 0,1 ПДУ на одну полость. К сожалению, следует отметить, что, несмотря на применявшиеся меры индивидуальной защиты, были случаи загрязнения кожных покровов, в среднем составлявшее 400 бета-частиц/см²мин, что в 4 раза превышало уровень допустимого загрязнения.

Несомненный интерес могут представлять сведения о радиационной обстановке при выполнении в научных целях такой нетипичной технологической операции, как извлечение донного материала из полостей 3Т, 6Т, 8Т объекта "Вега". Так, извлеченный на поверхность радиоактивный материал создавал на рабочих местах мощность дозы гамма-излучения до 200 мкГр/ч (20 мР/ч), а около

(вплотную) извлеченного образца - до 2 мГр/ч (200 мР/ч). При проведении этих операций происходило относительно высокое загрязнение грунта, оборудования, спецодежды и т. п., достигавшее порой 40000 бета-частиц/см²мин. Однако загрязнения были локальные, поэтому легко ликвидировались.

7.3.3. ОБРАЗОВАНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ И ПУТИ ИХ УДАЛЕНИЯ

При проведении всех работ, связанных с подготовкой полости к эксплуатации, естественно, образовывались как твердые, так и жидкие радиоактивные отходы. Так, к твердым отходам относились извлеченные из скважины обрывки кабелей и части труб подвески взрывного устройства, пришедшие в негодность буровые трубы, трубы линии стравливания, загрязненный грунт, неподлежащие дезактивации малогабаритное оборудование, спецодежда и различные материалы. Удельная активность этих отходов, особенно буровых труб, была значительно ниже величины, установленной "Санитарными правилами..." для отнесения их к категории радиоактивных отходов. Поэтому все, что составляло твердые отходы, можно было отнести к категории радиоактивных отходов только по уровням поверхностного загрязнения, то есть с большой натяжкой.

При каждом вскрытии полости использовалось около 1 км буровых труб. После окончания работ эти трубы, естественно, были загрязнены радиоактивными веществами, однако, чтобы не загромождать каждый раз такое количество труб, было принято решение о дальнейшем использовании их после частичной дезактивации острым паром. Поэтому на техплощадке необходимо было иметь второй комплект буровых труб для "чистых" работ, однако дезактивация использованных труб способствовала экономии средств. Так, при создании емкостей-хранилищ на объекте "Магистраль" использование таких труб позволило сохранить 4 км, а на объекте "Вега" - 10 км буровых труб.

К жидким радиоактивным отходам на техплощадках в основном относился конденсат водяного пара, выходявшего из полостей взрывов при первичном стравливании. По уровню содержания в конденсате трития, равного $2 \times 10^{-3} - 6 \times 10^{-2}$ Ки/л, эти отходы можно было отнести к категории среднеактивных. Их объем, как правило, не превышал нескольких кубических метров.

Проектами проведения буровых работ и стравливания парогазовых смесей предусматривалось захоронение твердых и жидких радиоактивных отходов в выкопанных на территории техплощадок траншеях. В отдельных случаях дно и борта траншей дополнительно

герметизировались слоем мягкой глины. Ввиду небольшого объема жидких радиоактивных отходов предполагалось сливать их в те же траншеи. Однако в дальнейшем жидкие отходы перед захоронением цементировались, что помогло в значительной мере подавить миграцию трития. В настоящее время на каждой из 23 бывших техплощадок имеется свой могильник. В каждом из таких могильников захоронено до 1000 м кабель-троса, 100-200 м буровых труб, до 10 м³ загрязненного грунта, 1-2 м³ материалов, спецодежда, средства индивидуальной защиты и до 2 м³ отвержденных радиоактивных отходов. В некоторых могильниках захоронено до 1000 м буровых труб.

7.4. РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА НА ОБЪЕКТЕ "ГАЛИТ" ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ НА ЕГО ПЛОЩАДКАХ ПОВТОРНЫХ ВЗРЫВОВ И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ

Планом проведения исследовательских работ на объекте "Галит" предусматривалось осуществление семи повторных ядерных взрывов (См. табл. 7.1.) с последующим сравнительно ранним отбором проб газов в процессе управляемого выпуска в атмосферу образованных взрывами парогазовых смесей. Взрывы проводились в 2-х полостях: водозаполненной полости А2 и частично заполненной рассолом полости А3. При подготовке этих взрывов и после их осуществления необходимо было изучить способы проведения различных технологических операций, многие из которых могли проводиться в условиях повышенной радиационной опасности.

7.4.1. ПОВТОРНЫЕ ВЗРЫВЫ И ЭКСПРЕССНЫЙ ОТБОР ГАЗОВЫХ ПРОБ

Одной из главных целей осуществления двух взрывов на площадках А1 и А2 объекта "Галит" было, как принято считать [2,6], обеспечение условий для проведения в последующем таких экспериментов, в процессе которых можно будет получать новые трансурановые элементы с помощью повторных взрывов в образовавшихся полостях и использования их нейтронных потоков. Для проведения повторных взрывов была применена такая модификация забивочного комплекса, которая позволяла проводить экспрессный отбор радиоактивных продуктов. Для удержания избыточного давления в скважине на ее оголовке устанавливался специально разработанный для этого герметизирующий вентиль.

Контролируемое стравливание парогазовой смеси в атмосферу вскоре после взрыва проводилось в процессе осуществления четырех экспериментов в скважинах А2-2, А2-3, А2-6 и А3-2. В полостях тех скважин, в которых избыточного давления не возникало,

проводить стравливание не было необходимости. Основные характеристики радиационной обстановки при проведении операций стравливания в полостях экспериментальных скважин приведены в табл. 7.7. Кроме того, в этой таблице представлены данные, полученные при стравливании парогазовой смеси в полости А5 в процессе проектной закачки в нее воды, начатой через 3 часа 40 минут после взрыва.

Таблица 7.7.

Характеристика радиационной обстановки при контролируемом стравливании из полостей газов после повторных взрывов в скважинах А2-2, А2-3, А2-6 и А3-2, а также после взрыва в скважине А5

| Параметр | Количественная характеристика параметра в полостях скважин | | | | |
|--|--|--|--|---|---|
| | А2-2 | А2-3 | А2-6 | А3-2 | А5 |
| Начало стравливания после взрыва, ч | 7,5 | 5,0 | 3,1 | 8 - 24 | 3,7 |
| Продолжительность стравливания, ч | 14 | 24 | 16 | 7 - 24 | 4·24 |
| Объем выпущенного газа, м ³ | 32 | 0,8 | 12 | не изм. | 700 |
| Максимальная мощность дозы гамма-излучения в месте выхода газов, Гр/ч | 0,02 | 0,02 | 1,5 | 0,2 | > 10 |
| Максимальная протяженность газового факела по изодозе 25 мкР/ч, км | 2,0 | 0,5 | 0,5 | 1,0 | 0,6 |
| Суммарная активность вышедших радионуклидов, Бк: РБГ (короткоживущие), йод-131 триций | 3,3×10 ¹⁴ 7,4×10 ⁹ 7,4×10 ⁷ | 1,5×10 ¹⁰ не обн. 3,7×10 ⁶ | 1,5×10 ¹⁴ не обн. не обн. | 1,1×10 ¹⁵ 3,0×10 ¹¹ не изм. | 4,4×10 ¹⁵ 8,5×10 ⁹ 2,7×10 ¹¹ |

Все зарегистрированные радионуклиды выходили из полостей в виде газов. Объемная активность первичных аэрозолей, как правило, была ниже 10⁻³ Бк/л. Вторичные радиоактивные аэрозоли, образующиеся в результате распада короткоживущих изотопов криптона и ксенона (криптон-89, ксенон-137 и ксенон-138), были обнаружены только при стравливании из полости А5.

По результатам специальных исследований, при проведении которых использовались современные методы оценки радиационной обстановки, было установлено, что выполненные стравливания в полостях скважин, приведенных в табл. 7.7, кроме полости А5, не вызвали остаточных радиоактивных загрязнений территорий за пределами техплощадок.

При стравливания парогазовой смеси из полости А5 в атмосферу поступило большое количество воды в виде капель и быстро конденсирующегося водяного пара, что стало причиной радиоактивного загрязнения местности на расстоянии до 0,5 км от технологической площадки, о чем свидетельствуют данные приведенные на рис. 7.5.

Основными радионуклидами, выпавшими на местность, были сера-35, стронций-89, йод-131 и цезий-137, максимальное содержание каждого из которых в почве через месяц после взрыва в скважине А5 не превышало $3,7 \times 10^6$, $3,3 \times 10^5$, $2,0 \times 10^2$ и $4,1 \times 10^3$ Бк/кг, соответственно. В течение осенне-зимнего периода степень радиоактивного загрязнения местности после взрыва в скважине А5 снизилась в 2-4 раза в результате распада радионуклидов. Таяние снега весной привело к значительному очищению загрязненных участков. Через 9 месяцев после взрыва зона загрязнения с уровнем выше естественного фона находилась на расстоянии не более 50 м от границ техноплощадки, а еще через год степень загрязнения уже не превышала фона.

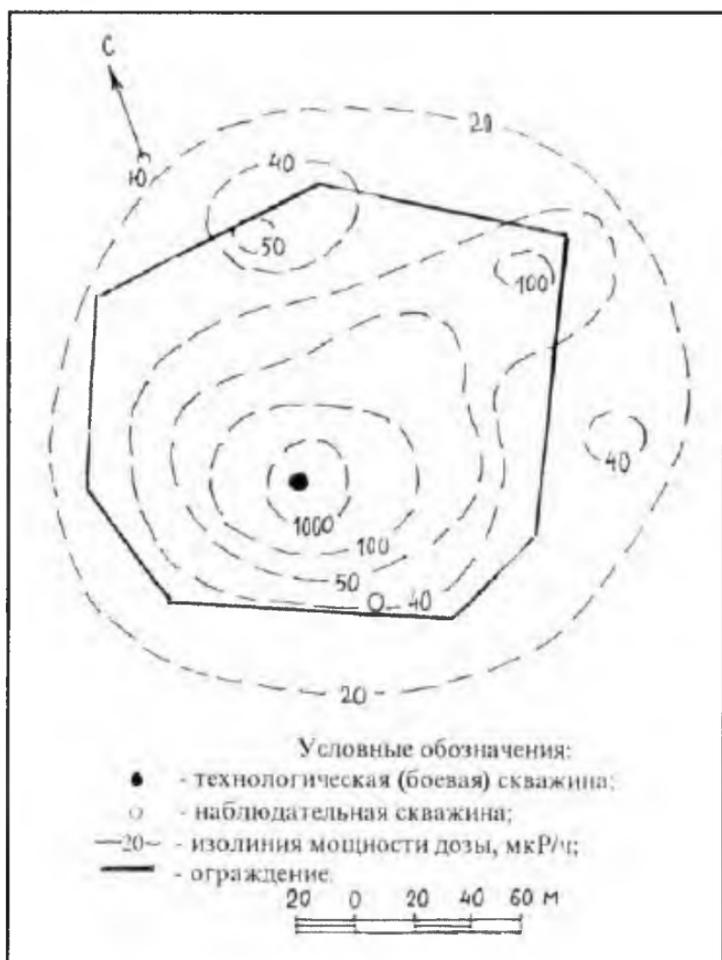


Рис. 7.5. Картограмма гамма-полей на технологической площадке А5 по состоянию на 1990 г.

Стравливания парогазовых смесей после повторных взрывов не привели к дополнительному радиоактивному загрязнению грунта в пределах техплощадок.

Следует отметить, что при экспрессных отборах газовых проб радиационная обстановка, которая была непростой, однако не оказала какого-либо вредного воздействия на персонал и окружающую среду.

Многопрофильные программы изучения феноменологии подземных ядерных взрывов в каменной соли требовали проведения на промышленных площадках объекта различного рода технологических операций. Так, на объекте "Галит" проводились работы по систематическому отбору проб радиоактивных материалов из образованных взрывами полостей. Это были пробы донных осадков и расплавов из полостей А1-А4, пробы рассола из полостей А1, А2, А3, А5. Бурение с отбором проб радиоактивного материала из полости взрыва приводило к значительному загрязнению таких пробоотборных устройств, как колонковые трубы и шламоловки, а также наземных приспособлений для разделки и первичной сортировки проб. В отдельных случаях мощность дозы гамма-излучения от извлеченных образцов достигала 100 мкГр/ч и более. При отборе kernового материала проливался радиоактивный рассол, что приводило к загрязнению грунта, площадь такого загрязнения могла составлять несколько десятков м². Объемная активность рассола, обусловленная в основном цезием-137 и стронцием-90, могла достигать 5×10^6 Бк/л. Мощность дозы гамма-излучения от грунта, загрязненного рассолом, доходила до 20 мкГр/ч. За время пробоотбора дозы внешнего облучения буровиков составляли в среднем 1 мЗв, а персонала, проводившего разборку kernового материала - 20 мЗв. Не превышали этих величин и дозы облучения персонала, участвовавшего в отборе проб рассола из частично заполненных водой полостей А3 и А5.

Необходимо сказать о том, что при проведении поствзрывных работ на техплощадках объекта "Галит" в атмосферу было выброшено меньшее количество таких долгоживущих радионуклидов, как криптон-85 и тритий, чем при проведении аналогичных работ на площадках объектов "Вега" и "Лира". Это объясняется тем, что на объекте "Галит" не проводились, да в этом и не было необходимости, такие в наибольшей степени загрязняющие окружающую среду операции, как выпуск из полости газов непосредственно после ее вскрытия и после опрессовки полости природным газом.

7.4.2. РАДИОАКТИВНЫЕ ОТХОДЫ И ИХ ХРАНЕНИЕ НА ОБЪЕКТЕ "ГАЛИТ"

На площадках объекта "Галит", начиная с момента взрыва и до их закрытия, в определенной последовательности проводились различные технологические операции, включая консервацию технологических скважин и рекультивацию земель площадок и прилегающих к ним территорий. При этом образовывались только твердые радиоактивные отходы, преимущественно это были грунт и изделия из металла, загрязненные стронцием-90 и цезием-137. Для локализации таких радиоактивных отходов в период функционирования объекта использовались специальные траншеи, вырытые на пяти площадках в поверхностных слоях глин. Общий объем этих траншей составил примерно 24 тыс. м³, а общая активность отходов - около 2×10^{12} Бк (50 Ки) [8].

В извлекаемых из полостей радиоактивных материалах в основном содержались такие радионуклиды, как кобальт-60, стронций-90, рутений-106, сурьма-125, цезий-137 и церий-144. Материалы, которые нужно было исследовать, хранились в специально оборудованном кернохранилище на площадке А1. Эта площадка, с момента создания обнесенная оградой, постоянно охранялась. На ее территории были размещены технологические и лабораторные помещения, санпропускник и другие вспомогательные сооружения [9,10].

Следует отметить, что в 1993-1994 гг. на объекте "Галит" российскими специалистами были выполнены рекультивационные работы, после чего этот объект был передан Республике Казахстан. Вместе с объектом был передан и Технический паспорт на рекультивированные земельные угодья, в котором представлена информация о состоянии всех скважин от устья до полости.

В процессе проведения реабилитационных работ весь грунт был захоронен в полости А10. В эту полость было также сброшено 3 м³ не представляющей интереса радиоактивной породы суммарной активностью около 2×10^{10} Бк. Для захоронения металлоизделий, находившихся в траншеях и разрезанных на куски определенного размера, была использована полость А3.

Ликвидация существовавших могильников, тщательная дезактивация территорий техплощадок и последующая рекультивация их земель позволили на объекте "Галит" практически воссоздать те условия, которые имели место до начала проведения на территории этого объекта подземных ядерных взрывов.

В 1995 г. специалисты ВНИПИПромтехнологии представили в Национальный ядерный центр Республики Казахстан доклад "Анализ и обобщение материалов по геологии, гидрологии и проведенным подземным ядерным взрывам на солянокупольном

месторождении Большой Азгир'. Такие материалы должны помочь организации международного сотрудничества по изучению современного состояния радиационной обстановки и, при необходимости, ликвидации последствий использования ядерно-взрывных технологий в промышленных целях на территории этого месторождения. Началом такой большой работы стало постановление Правительства Республики Казахстан от 18.11.1998 г. № 1176, в котором было предписано Минсельхозу, акиму Атырауской области и Национальному ядерному центру РК *"определить границы вокруг территории бывшего объекта "Галит", на которой запрещается проведение геологоразведочных и буровых работ во избежание нарушения стабильности подземных полостей"* (Приложение 7.1.).

Такие работы в настоящее время уже проводятся, и это дает основание предположить, что история объекта "Галит будет продолжена...

7.5. РАДИАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ПОЛОСТЕЙ-ХРАНИЛИЩ

Более чем 20-летний опыт эксплуатации подземных резервуаров-хранилищ газового конденсата позволяет говорить о радиационной безопасности хранения газового конденсата в подземных резервуарах. За этот период было установлено, что в продукции, поступавшей из подземных резервуаров на переработку, содержание радионуклидов было значительно ниже допустимых норм. Однако накапливающийся на дне полостей-хранилищ в ходе их эксплуатации радиоактивный рассол постепенно загрязнял трубопроводы, а при нарушении регламента и некоторые наземные сооружения, что являлось опасным для персонала, работающего на этих площадках. Ниже представлены данные об особенностях эксплуатации резервуаров-хранилищ, созданных в отложениях каменной соли ядерно-взрывным способом.

На Оренбургском, Астраханском и Карачаганакском месторождениях с помощью ядерно-взрывных технологий было создано 24 полости-хранилища (См. табл. 7.2.). В 1999 г. одна "исправно работавшая" полость Е1 на объекте "Магистраль" в Оренбургской области из-за накопления в ней подтоварной воды была выведена из эксплуатации на основании "Положения по консервации и ликвидации объектов ядерной взрывной технологии" [11]. В настоящее время идет подготовка полости к ее консервации. Для этого специалисты ВНИПИпромтехнологии подготовили проекты [12] проведения экспериментальных и научно-исследовательских работ по закрытию емкости Е1 и ликвидации технологической скважины с учетом всех требований радиозэкологии [13].

Из 24 полостей-хранилищ на Оренбургском, Астраханском и Карачаганакском месторождениях 13 использовались по назначению - в них хранился газоконденсат различного качества, а остальные 11 полостей не использовались по прямому назначению по различным причинам. Так, две емкости (14Т и 15Т) были предназначены для закачки в них пластовой газовой смеси при продувке промысловых скважин; пять полостей (2Т, 4Т, 8Т, 9Т и 6Тк) в связи с частичной утратой своих эксплуатационных свойств не были оборудованы фонтанной аппаратурой, а три полости (5Т, 7Т и 5Тк) быстро потеряли свой свободный объем и были залиты водой.

Характерным для всех 13 "работавших" в Сеитовском солянокупольном поднятии полостей (объект "Вега"), по результатам замеров, было довольно быстрое сокращение свободных объемов подземных резервуаров. За 6-8 лет существования этих 13 емкостей 6 из них почти полностью утратили свои промышленные объемы, а остальные емкости, "работавшие" без противодавления, значительно сократили свои объемы.

Однако в настоящее время однозначно назвать причины сокращения объемов (конвергенции) полостей никто не может. Большинство специалистов считает, что потеря полостями своего объема связана с рядом причин, а именно, техногенным повышением температуры соляной толщи, региональной тенденцией к росту солевой структуры, а также многократным сейсмическим воздействием на купол в процессе строительства парка хранилищ. Высказывается даже мнение о возможности всплывания глубинных полостей на дневную поверхность, утверждая при этом, что со всплыванием разуплотненных полостей связано происхождение части кратеров на поверхности Луны [14].

Сжатие части резервуаров Сеитовского купола стало причиной для принятия решений об их консервации. Кроме того, сложности эксплуатации подземных хранилищ этого купола были связаны с возрастанием радиационной опасности, которая возникала из-за сверхнормативного накопления в полостях подтоварных вод, содержавших радиоактивные продукты взрыва. Поэтому в период эксплуатации подземных резервуаров процесс "выдачи" хранимой в них продукции являлся наиболее опасным для обслуживающего персонала, поскольку все возникавшие в этот период аварийные радиационные ситуации были связаны с попаданием подтоварных вод в продукцию, поступающую из резервуаров.

По результатам наблюдений за работавшими полостями-хранилищами было установлено, что длительное хранение газового конденсата в них в контакте с содержащими радионуклиды породой и рассолом не приводит к загрязнению конденсата выше допустимых норм, о чем свидетельствуют данные, приведенные в табл. 7.8.

**Уровни загрязнения различными радионуклидами газоконденсата
при длительном его хранении в полостях ядерных взрывов**

| Шифр емкости | Объемное содержание в газоконденсате различных радионуклидов, Ки/л | | | | |
|-----------------------------------|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | триций | цезий-137 | стронций-90 | сурьма-125 | рутений-106 |
| E1, E2, E3 | 2×10^{-6} | 1×10^{-10} | 1×10^{-12} | 5×10^{-9} | 5×10^{-9} |
| 2Тк | $5,4 \times 10^{-7}$ | 2×10^{-10} | - | - | - |
| 3Тк | 3×10^{-7} | 1×10^{-10} | - | - | - |
| 4Тк | 10^{-6} | $1 \times 10^{-6*}$ | - | 6×10^{-8} | - |
| Предельно допустимая концентрация | $5,4 \times 10^{-4}$ | $8,1 \times 10^{-6}$ | $1,5 \times 10^{-7}$ | $8,1 \times 10^{-5}$ | $1,1 \times 10^{-5}$ |

Примечание. * В пробе присутствовала вода в виде эмульсии.

Несмотря на то, что вопрос о чистоте продукции при ее хранении в подземных емкостях, созданных ядерными взрывами, в настоящее время можно считать решенным, все же сохраняется необходимость аттестации продукции, которая поступает из этих хранилищ. Это обусловлено различиями в химическом составе хранимой продукции новых месторождений, в микросоставе пород, окружающих полость взрыва, в формах стабилизации радионуклидов при взрыве, а также различиями в типах применяемых ядерных зарядов.

Однако необходимо констатировать, что в ходе длительных наблюдений за переработкой газового конденсата на Оренбургском газоперерабатывающем заводе не было отмечено превышения фоновых значений на узлах переработки.

Следует отметить, что основной задачей службы радиационного контроля, которая постоянно действовала на всех объектах, созданных с использованием ядерно-взрывных технологий, являлось полное исключение выноса на дневную поверхность и попадания в трубопроводы содержащей радионуклиды воды из резервуаров при их эксплуатации.

По поводу целесообразности создания подземных полостей-хранилищ для углеводородов с помощью ядерных взрывов существовали и существуют в настоящее время различные мнения. Большинство специалистов считает [15-17 и др.], что в ходе проведения работ по созданию подземных емкостей была получена уникальная научно-техническая информация, которая может найти применение в будущем, тем более, что

- доказаны возможность длительного без утечек хранения, а также отсутствие значимого радиоактивного загрязнения газоконденсата под давлением 14 МПа (140 атм) в емкостях, образованных с помощью ядерных взрывов;

- показана возможность использования простой безопасной схемы эксплуатации емкостей через восстановленную зарядную скважину путем выдавливания газоконденсата природным газом;
- подтверждена высокая экономическая эффективность использования ядерно-взрывных технологий по таким параметрам, как удельные капитальные вложения, удельная металлоемкость, продолжительность строительства и др.

Вместе с тем, опыт создания и эксплуатации подземных емкостей свидетельствует о необходимости тщательного выбора геологических и гидрогеологических условий места заложения емкостей, обеспечения высокого качества и культуры производства на всех этапах работ и строгого соблюдения проектных решений.

Однако некоторые специалисты, указывая на вредные для окружающей среды последствия от проведения камуфлетных ядерных взрывов (выбросы радиоактивных продуктов в грунтовые воды и на поверхность, конвергенция полостей взрывов и т.д.) [18 и др.], считают не только нецелесообразным, но и невозможным использование ядерно-взрывных технологий в промышленных целях.

Следует признать, что проблема создания полостей-хранилищ с помощью подземных ядерных взрывов является очень сложной и в научном, и в радиозэкологическом планах. Учитывая, что все протекающие в полостях и вокруг них процессы растянуты во времени на многие десятки и даже сотни лет, естественно, не имеет смысла отказываться от идеи использования ядерно-взрывных технологий в народнохозяйственных целях. Видимо, правильнее будет набраться терпения, вести наблюдения за еще эксплуатируемыми полостями-хранилищами, накапливать данные таких наблюдений, а затем на основании обстоятельного их анализа принимать решения. Конечно, это дело будущего.

Учитывая, что период полураспада основных биологически значимых радионуклидов в масштабах времени достаточно велик, то, естественно, для слежения за происходящим в полостях-хранилищах мало одной жизни. Так, для снижения активности рассола в полости взрыва до безопасного уровня необходимо содержать его в этой полости не менее 300 лет... За это время может произойти многое...

Однако авторы данной монографии не ставили перед собой таких глобальных задач, а лишь ограниченную задачу, а именно, показать, как обеспечивались радиационная и сейсмическая безопасности при проведении промышленных ядерных взрывов, то есть в период их подготовки и осуществления.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 7

1. Ядерные испытания СССР. Т. 4. Использование ядерных взрывов для решения народнохозяйственных задач и научных исследований. / Кол. авторов под рук. В.Н. Михайлова. - Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2000. - 200 с.; ил.
2. Наука и всеобщая безопасность. Технические предпосылки для политических инициатив по контролю над вооружениями и проблемами окружающей среды. Том 7, вып. 1. США, Принстонский унив., 1998. - 49 с.
3. Кривохатский А.С., Дубасов Ю.В., Дубровин В.С. и др. Радиационные проявления подземных ядерных взрывов в мирных целях на соляном месторождении Большой Азгир. // Бюлл. Центра общ. инф. ЦНИИАтоминформа, 1993, № 9. С. 49-59.
4. Адамский В.Б., Адымов Ж.И., Ахметов Е.З., Гильманов Д.Г., Дубасов Ю.В., Кадыржанов К.К., Матушенко А.М., Мясников К.В., Турчин И.Ф., Чернышев А.К. Мирные ядерные взрывы на солянокупольном месторождении Большой Азгир. Алматы, 1998. Препринт № 10-98. - 18 с.
5. Испытания ядерного оружия и ядерные взрывы в мирных целях СССР. 1949-1990 гг. / Кол. авторов под рук. В. Н. Михайлова. - Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 1996, - 66 с.
6. Мирное использование подземных ядерных взрывов. Вып. 4 / Кол. авторов под рук. В. Н. Михайлова. - М.: ВНИПИпромтехнологии, Радиевый институт, 1994. - 162 с.
7. Кривохатский А. С., Петров Ю. Г. и др. Комплексное эколого-экономическое исследование природных территорий и оценка состояния здоровья населения на Азгирском и Тайсойганском полигонах Гурьевской области. Отчет о НИР. Фонды РИ им. В. Г. Хлопина, 1992. - 45 с.
8. Дубасов Ю. В., Соколов В. А. Создание первого в мире могильника радиоактивных отходов в полости ядерного взрыва. Архив РИ им. В.Г. Хлопина, 1993. - 6 с.
9. Матушенко А., Ахунов В., Логачев В. Справочные материалы по объекту "Галит". Архив ГНЦ РФ-ИБФ, 1997. - 14 с.
10. Кривохатский А., Соколов В. и др. Основные характеристики радиационной обстановки после завершения подземных ядерных взрывов на площадке "Галит" (справка-отчет по теме В9900). Архив РИ им. В.Г. Хлопина, 1991. - 27 с.
11. Положение по консервации и ликвидации объектов ядерной взрывной технологии (ПКЛ ЯВТ-93). - М.: Минатом, Минздрав и Минприроды России, 1993. - 33 с.
12. Выполнение проектов экспериментальных и научно-исследовательских работ по закрытию подземной емкости Е1 (объект "Магистраль") с целью обеспечения радиозоологической безопасности в районе емкости. - М.: ВНИПИпромтехнологии, 1998. - 59 с.
13. Инструкция о порядке ведения работ по ликвидации и консервации опасных производственных объектов, связанных с использованием недр. Утверждена Госгортехнадзором 25.06.1999 г. "Российская газета", 24 августа 1999 г.

14. Машуков В.И., Стажевский С.Б., Шемякин Е.И. О всплывании полостей в горном массиве. // Доклады Академии Наук. 1997. Т. 356, № 6. - С. 817-820.
15. Мясников К.В., Касаткин В.В. Научно-технические и социальные аспекты подземных ядерных взрывов в мирных целях, проведенных на территории России. Справка. Фонды ВНИПИпромтехнологии, 1998. - 22 с.
16. Кривохатский А.С., Савоненков В.Г., Дубровин В.С., Нечай Г.Н., Кедровский О. Л., Леонов Е.А., Мясников К. В. О результатах ядерных взрывов, проведенных на Астраханском газоконденсатном месторождении для создания подземных хранилищ. //Бюлл. Центра общ. инф. ЦНИИАтоминформа, 1994, № 5-6. - С. 51-53.
17. Вещественные изменения горных пород при подземных ядерных взрывах и радиоактивное загрязнение горного массива. Отчет по проекту 520-97 МНТЦ. Менеджер Ю.В. Дубасов. Фонды РИ им. В.Г. Хлопина, 1998. - 48 с.
18. Геворкян С.Г., Голубев Б.Н. О деформациях полостей подземных ядерных взрывов в районе Астраханского газоконденсатного месторождения (АГКМ). // Геология, 1998, № 2. - С. 17-37.

Глава 8

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ ПО ГЛУБИННОМУ СЕЙСМИЧЕСКОМУ ЗОНДИРОВАНИЮ ЗЕМНОЙ КОРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯДЕРНО-ВЗРЫВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В период проведения промышленных ядерных взрывов особое внимание уделялось сбору и анализу данных, характеризующих особенности осуществления каждого конкретного взрыва, формирования радиационной обстановки, принимаемых мер безопасности и т.д. Результаты анализа таких данных имели большое значение при подготовке к проведению очередного промышленного ядерного взрыва. Наиболее важные в научном и практическом плане сведения были получены при изучении геологического строения земной коры на территории бывшего СССР. Для таких работ, как известно, успешно использовались глубокие камуфлетные ядерные взрывы, после которых при нормальном протекании всего технологического процесса практически исключался выход радиоактивных веществ в атмосферу, тем самым обеспечивался максимальный уровень радиационной безопасности.

Однако при таких взрывах в некоторых случаях на дневную поверхность, то есть в атмосферу, могли выходить газообразные радиоактивные продукты взрыва. Преимущественно это были радиоактивные инертные газы, а именно, изотопы криптона и ксенона, реже изотопы йода. Как правило, часть изотопов в дальнейшем образовывала негазообразные химические соединения с примесями, содержащимися в атмосфере, или сорбировалась на естественных аэрозолях, находящихся в достаточном количестве в воздухе.

Из радиоактивных инертных газов в ходе их превращений возможно было образование так называемых вторичных аэрозолей, содержавших такие радионуклиды, как рубидий-89, стронций-89, иттрий-91, цезий-137 и барий-140. В таких случаях нуклидный

состав аэрозольной компоненты мог быть представлен в основном радионуклидами йода с массами 131, 132, 133 и 135 и в очень незначительной степени такими осколочными продуктами взрыва, имеющими щелочную природу, как стронций-89, цезий-137, барий-140. В весьма редких случаях был возможен выход натрия-24 или других нуклидов наведенной активности.

При раннем, измеряемом несколькими минутами или десятком минут выходе радиоактивных веществ в атмосферу возможно было незначительное загрязнение местности вторичными аэрозолями. При более позднем выходе они достаточно быстро рассеивались в атмосфере, не образуя радиоактивного загрязнения местности, гамма-фон быстро приходил в норму.

На территории Советского Союза в интересах глубинного сейсмического зондирования земной коры за период с 1971 г. по 1988 г. было произведено всего 39 камуфлетных ядерных взрывов, при этом только в двух случаях (19.09.1971 г. взрыв "Глобус-1" и 24.08.1978 г. взрыв "Кратон-3") произошли достаточно значимые выбросы радиоактивных веществ в атмосферу, то есть возникли нештатные радиационные ситуации из-за неправильного ведения работ по забивке скважин (См. Приложение 1.1.)

Необходимо особо отметить, что каждый проект по сейсмическому зондированию проходил экспертизу, в ходе которой проводилась оценка возможных последствий воздействия на окружающую среду механического, сейсмического и радиационного факторов ядерного взрыва, а также рассматривался весь комплекс мероприятий по обеспечению радиационной и сейсмической безопасности при осуществлении конкретного взрыва. Кроме того, содержание мероприятий по обеспечению безопасности уточнялось на месте, при этом учитывалась конкретная обстановка в районе взрыва, а реализация мероприятий проводилась с участием представителей местных органов власти.

8.1. ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ ПО СЕЙСМИЧЕСКОМУ ЗОНДИРОВАНИЮ ЗЕМНОЙ КОРЫ

В Советском Союзе вопросами проведения работ, связанных с сейсмическим зондированием земной коры для поиска полезных ископаемых, занималось Министерство геологии СССР, которое привлекало для участия в этих работах ряд организаций других ведомств. В начале 60-х годов детальное изучение земной коры и верхней мантии Земли проводилось в северных регионах страны с помощью взрывов зарядов химических ВВ, размещенных на расстоянии в несколько сот километров вдоль заданных линий.

Полученные при этом профили распространения сейсмических волн позволили изучить структуру земной коры на глубину до 10-20 км на достаточно больших по площади территориях.

Сейсмическая разведка включала в себя наблюдения над процессами распространения в горных породах упругих колебаний, возбуждаемых либо взрывами, либо ударными или вибрационными генераторами [1], и могла зависеть от вида используемых волн (отраженные, преломленные и др.). Регистрация распространявшихся упругих колебаний проводилась с помощью специальных сейсмоприемников.

С помощью такого источника упругих колебаний, как простая кувалда, можно было вести сейсмическую разведку на глубину от 3 до 20 м, а использование тротильных зарядов в скважинах позволяло увеличить глубину до 4-8 км. Для более глубокого зондирования требовалось применение мощных тротильных или ядерных зарядов, взрыв которых должен был производиться в очень глубоких скважинах. Применение ядерных зарядов и новых методов их заложения, а также современной аппаратуры, регистрирующей закономерности распространения различных сейсмических волн, позволяли "просвечивать" земную кору и верхнюю мантию Земли на глубину до 150-200 км. Результаты изучения внутреннего глубинного строения Земли дают возможность понять особенности распределения месторождений самых разных полезных ископаемых, что имело и имеет в настоящее время большое значение для развития экономики государства [2-4].

В конце 60-х годов в научных учреждениях Министерства геологии СССР началась реализация программы таких экспериментальных исследований, как регистрация и анализ сигналов от промышленных ядерных взрывов, которые проводились для интенсификации добычи нефти и газа, а также перекрытия аварийных газовых скважин [5]. Результаты этих исследований были использованы при разработке и реализации проекта глубинного сейсмического зондирования Земли для изучения геологической обстановки на больших глубинах и на значительных расстояниях от сейсмических профилей. В табл. 8.1 приведены данные об основных профилях глубинного сейсмического зондирования земной коры, проводимого в течение 17 лет на территории СССР.

На рис. 8.1 приведена карта, на которой показано положение профилей глубинного сейсмического зондирования земной коры на территории бывшего Советского Союза.

Распределение взрывов по величинам мощностей ядерных зарядов представлено в табл. 8.2.

**Профили глубинного сейсмического зондирования земной коры
на территории бывшего СССР [5]**

| Номер линии профиля | Индекс профиля | Название географических пунктов |
|---------------------|----------------------------|---------------------------------|
| 1 | Глобус | Кинешма - Воркута |
| 2 | Регион | Элиста - Бузулук |
| 3 | Регион-1 – Регион-5 | Бузулук - Кушмурун |
| 4 | Меридиан | Каратау - Тенгиз |
| 5 | Горизонт | Воркута - Тикси |
| 6 | Метеорит | Диксон - Хилок |
| 7 | Кратон | Березово - Усть-Мая |
| 8 | Кимберлит | Ханты-Мансийск - Лена |
| 9 | Батолит | р. Эмба - Колпашево - Олекминск |
| 10 | Горизонт-4 – Шпат-2 – СИП* | р. Кеть - Тикси |
| 11 | Рифт | п-ов Ямал - Кяхта |
| 12 | Кварц | Мурманск - Кызыл |
| 13 | Рубин | Костомукша - Уренгой |
| 14 | Рубин-1 – СИП | Костомукша - СИП |

Примечание: * СИП - Семипалатинский испытательный полигон

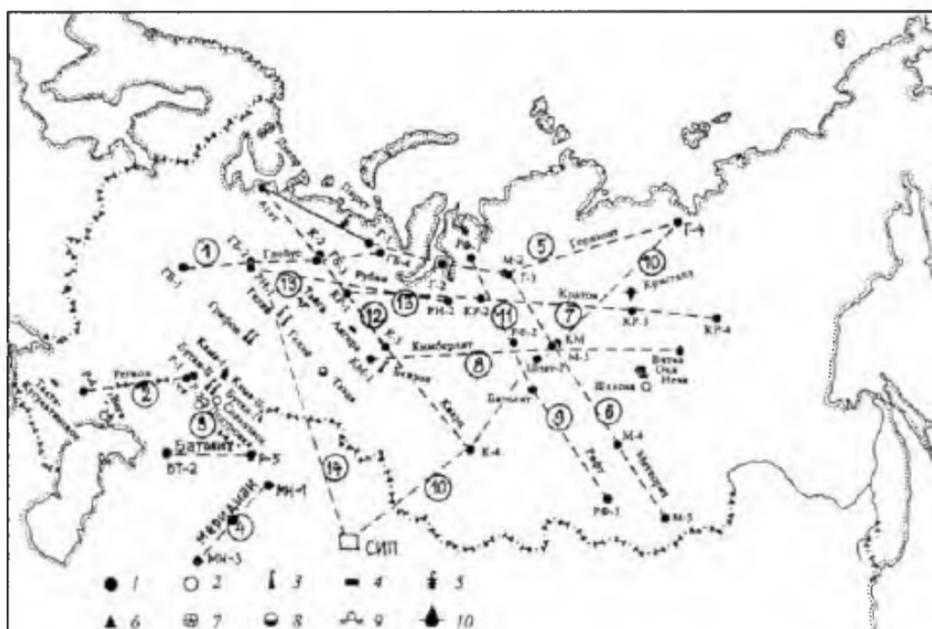


Рис. 8.1. Места проведения подземных ядерных взрывов: 1- глубинное сейсмозондирование земли (сейсмические профили); 2 – создание подземных емкостей в соли; 3 – интенсификация добычи нефти на стадии эксплуатации; 4 – интенсификация притоков нефти и газа на стадии разведки; 5 – ликвидация нефтяных фонтанов; 6 – захоронение жидких токсичных отходов; 7 – дробление руды; 8 – подземное хранилище в глине; 9 – экскавация грунта; 10 – рыление грунта.

Мощности ядерных зарядов, которые использовались при глубинном сейсмическом зондировании земной коры на территории бывшего СССР [6]

| Наименование взрывов (их количество), осуществленных в приведенном диапазоне энерговыделения ТЭ | | | | |
|---|---|--|-------------------------------------|-------------------------|
| от 1 до 3 кт | от 5 до 10 кт | | от 10 до 20 кт | от 20 до 50 кт |
| Регион (2) Глобус (4) | Кварц (3) Рифт (2) Шпат Агат Батолит (2) Кимберлит (2) | Метеорит (3) Горизонт (4) Меридиан (3) Рубин Регион (3) | Рубин Рифт Кратон Метеорит | Кратон (3) Кимберлит |

Для сейсмического зондирования земной коры и отработки методов его проведения использовались не только специально предназначенные для этого взрывы, перечисленные в табл. 8.2, но и сигналы, регистрируемые от других промышленных взрывов (Урта-Булак, Памук, Тахта-Кугульта, на Совхозном и Осинском нефтяных месторождениях), а также от испытаний ядерного оружия на Семипалатинском полигоне [5,6].

Все взрывы, которые предназначались для сейсмического зондирования, осуществлялись на глубине заложения ядерного заряда, равной 500-1000 м. Эта глубина значительно больше минимальной глубины, необходимой для взрыва полного камуфлета.

В результате исследований, проведенных на первой стадии промышленного использования ядерных взрывов (1966-1970 гг.), были практически полностью решены многие методические и организационные вопросы, получены важные сведения о глубинном строении земной коры в ряде регионов страны, завершено аппаратурное оснащение работ по сейсмическому зондированию и др.

Следует отметить, что возможность использования ядерно-взрывных технологий в промышленных целях позволяла за сравнительно короткое время проводить обследование территории большого региона страны. Для выполнения такой же работы обычным способом, то есть с использованием химических ВВ, потребовались бы многие годы и значительные материальные и трудовые ресурсы. По новой технологии ядерный заряд, как источник упругих колебаний, закладывался в специально пробуренную глубокую скважину, а регистрирующие сейсмические приборы (типа "Тайга), включаемые по радиосигналу, устанавливались по профилю с помощью вертолетов. Протяженность профилей составляла от 1,5 до 4 тыс. километров, а число пунктов ядерных взрывов - от трех до пяти при расстояниях между ними 500-900 км.

Основные технологические требования применения "ядерно-взрывных" методов для глубинного зондирования Земли были следующие:

- необходимо было производить взрыв в строго заданное время, поскольку запуск станций на регистрацию сейсмических волн осуществлялся автономно по радиосигналу, а время работы станций было ограниченным;
- мощность взрыва должна была строго соответствовать заданной величине, что необходимо было для правильной интерпретации полученных результатов;
- следовало соблюдать все требования радиационной и сейсмической безопасности.

Радиационная безопасность при проведении ядерных взрывов в целях глубинного зондирования Земли должна была обеспечиваться выполнением целого ряда требований, а именно:

- правильным выбором геолого-гидрологических условий;
- оптимальной конструкцией скважины;
- тщательным проведением изоляционных работ при бурении скважины;
- соблюдением технологии забивки скважины после опускания в нее ядерного заряда;
- исключением размещения командных и наблюдательных пунктов на территории с подветренной стороны, чтобы избежать даже малейшего облучения в случае выхода в атмосферу небольшого количества радиоактивных продуктов взрыва.

Необходимо особо отметить тот факт, что работы по зондированию территории страны проводились, как правило, в малонаселенных районах, а эпицентры взрывов находились на больших расстояниях от населенных пунктов. Это позволяло практически исключить какое-либо отрицательное воздействие сейсмического фактора взрыва на людей и окружающую среду.

Разработанный принципиально новый метод геофизических исследований, основанный на использовании камуфлетных ядерных взрывов в качестве мощных источников упругих колебаний, в основном был предназначен для ускоренного выявления перспективных залежей нефти и газа. В 1982 г. в журнале "Советская геология" бывший министр геологии СССР Е. А. Козловский отмечал, что *"...этот метод будет содействовать ускорению развития работ по геологическому изучению территории страны, увеличению разведанных запасов минерально-сырьевых ресурсов, так как позволит оценить перспективы основных регионов страны на различные виды ископаемых, определить оптимальное направление поисковых и геологоразведочных работ на базе принятой модели Земли в сочетании с бурением сверхглубоких скважин"* [7].

В начале 70-х годов уже было изучено несколько геофизических профилей в европейском и кавказском регионах Советского Союза. С 1975 г. началось исследование территории Сибири к востоку от Урала, и в течение почти десяти лет велись работы по геологическому изучению территории Западной и Восточной Сибири. К сожалению, результаты этих исследований в печати не публиковались, а только были сообщения о важности и ценности таких работ, в ходе проведения которых можно было не только определить общую структуру земной коры, но и выявить месторождения газа, нефти и минералов с высоким потенциалом их добычи. Так, использование метода глубинного сейсмического зондирования земной коры позволило подтвердить наличие 10 крупных газовых и газоконденсатных месторождений на 15 разведочных площадках в Енисей-Хатангской впадине к востоку от г. Норильска и еще около 10 месторождений на площадках Вилюйской синеклизы в Восточной Сибири [6]. Все эти месторождения эксплуатировались в течение длительного времени, значительная их часть и в настоящее время является источником топливно-энергетических ресурсов в регионе, а какую-то часть предполагается использовать и в будущем.

С 1992 г. ведется дополнительная разведка Кавыктинского газоконденсатного и Верхнечонского нефтяного месторождений в Восточной Сибири [8]. При успешном завершении этих работ Иркутская область может стать новым центром нефте- и газодобычи, поскольку на этих месторождениях планируется добыть 30-32 млрд. кубометров газа. Проект ориентирован как на местные рынки, так и на поставку газа в Китай и другие страны Юго-Западной Азии, в которых наблюдается стремительный подъем экономики и промышленности. В прилегающих к Ковыктинскому месторождению районах Сибири также проводились разведочные работы на определение содержания в их недрах газа, и может статься так, что и на территории Сибири появятся новые крупные месторождения газа. Все это позволяет говорить о целой группе месторождений топливно-энергетического сырья на востоке страны. Вступление этих месторождений в число действующих имеет огромное значение для экономики страны.

Все ядерные взрывы, предназначавшиеся для глубинного зондирования земной коры, были проведены без выбросов радиоактивности в атмосферу. Радиационная обстановка на территориях этих объектов соответствует уровню естественного регионального фона, а сами объекты закрыты, поскольку не представляют опасности. Исключение составляют два таких объекта из 39 - это объекты "Глобус-1" и "Кратон-3", на которых при проведении взрывов по разным причинам возникли нештатные радиационные ситуации.

8.2. ОБЪЕКТ "ГЛОБУС-1"

Взрыв "Глобус-1", заказчиком которого было Министерство геологии СССР, исполнителем работ - трест "Ярославнефтегазразведка", был осуществлен 19.09.1971 г. в Кинешемском районе Ивановской области, в 4 км на северо-восток от деревни Галкино. Эпицентр взрыва, мощность которого составляла 2,3 кт, а глубина заложения заряда - 610 м, находился в пойме реки Шача, впадающей в Волгу. На карте рис. 8.2 показан район проведения этого взрыва.

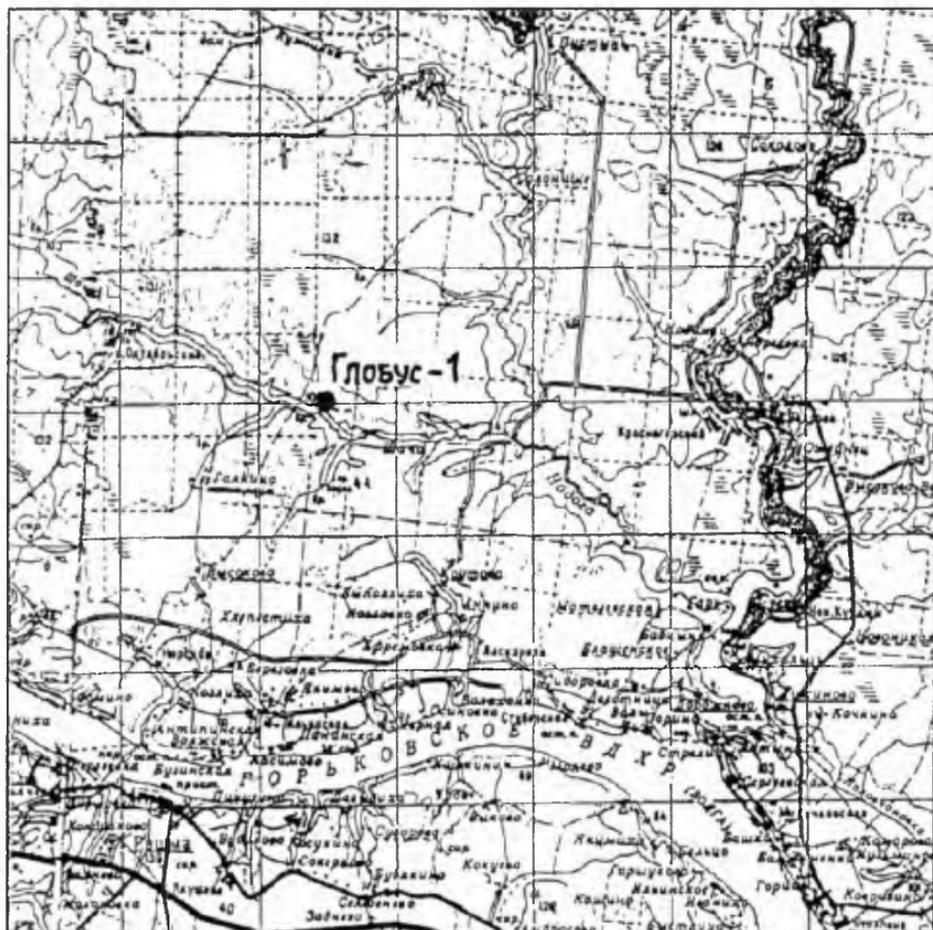


Рис. 8.2. Район взрыва «Глобус-1» на карте масштаба 1:100000

При взрыве произошло непрогнозируемое распространение по боевой скважине ГБ-1 радиоактивных продуктов, которые стали причиной локального загрязнения почвы и растительности около устья скважины. Сразу после взрыва была проведена частичная дезактивация оборудования и наиболее загрязненных

участков местности. По решению комиссии, руководившей подготовкой и проведением взрыва, была определена санитарно-защитная зона, вокруг которой установили предупреждающие знаки. Максимальные уровни радиации на территории санитарно-защитной зоны достигали 750 мР/ч, а за ее пределами - до 15 мР/ч [9].

В 1995 г. экспедиция под руководством доцента Ивановского госуниверситета М. П. Шилова провела обследование местности в районе взрыва "Глобус-1". По результатам обследования было установлено, что в районе эпицентра взрыва мощность дозы гамма-излучения достигает 300 мкР/ч, а в других местах не превышает 50 мкР/ч [10]. Во время работы в 1998 г. второй экспедиции под руководством М. П. Шилова было определено, что максимальные величины мощности дозы не превышают 200 мкР/ч [11].

До настоящего времени на участке площадью около одного гектара вокруг оголовка скважины отмечаются повышенные по сравнению с естественным фоном уровни радиации, равные 200-250 мкР/ч. Такие данные дают основание утверждать, что объект "Глобус-1" без проведения дезактивационных работ закрывать нельзя, так как по существующим правилам мощность дозы гамма-излучения в любой точке закрытого объекта не должна превышать 30 мкР/ч (0,3 мкГр/ч) на расстоянии 1 м от поверхности земли. Поэтому этот объект находится под постоянным наблюдением, кроме того, планируется частичная дезактивация и рекультивация участка местности вблизи оголовка скважины.

Особо следует отметить, что никакого радиационного воздействия на население районов Ивановской области после взрыва "Глобус-1" не было, поэтому опасения по поводу якобы негативного влияния радиационного фактора на здоровье людей неоправданы. Появлявшиеся в средствах массовой информации популистские утверждения о том, что радиоактивное загрязнение промплощадки опасно для населения области, были не обоснованы, отличались некомпетентностью авторов в вопросах, связанных с оценкой последствий влияния радиационных факторов на здоровье людей. Так, в статье "Ядерный взрыв прогремел близ Москвы" автор пишет [12]: *"...жители окрестных деревень и особенно мальчишки еще не ведая о том, что же на самом деле произошло, продолжали наведываться к месту взрыва. Вероятно, они еще долго испытывали бы свое любопытство, да случилось несчастье. Два мальчика, заглянувшие в шурф, вскорости заболели, а там и умерли..."*. И далее: *"... в Ивановской области уровень онкологических заболеваний на 15% превышает среднероссийский показатель."* [12]. Естественно, автор статьи все связывает с той небольшой аварией, которая произошла

в скважине ГБ-1 в 1978 г., не имея для этого научных обоснований, а точнее, определенных научных знаний в области радиационной безопасности.

Исторически сложилось так, что на всех предприятиях, сотрудники которых участвовали в проведении мирных ядерных взрывов, в обязательном порядке организовывались службы радиационной безопасности. Специалистам этих служб постоянно оказывалась необходимая методическая и аппаратурная помощь со стороны Лаборатории радиационной безопасности ВНИПИпромтехнологии - головной организации по обеспечению безопасного использования ядерно-взрывных технологий в промышленных целях. Но так было до распада Советского Союза, а в настоящее время более половины объектов, созданных с помощью промышленных ядерных взрывов, находятся в бесхозном состоянии [13]. Так, все объекты Министерства геологии СССР, то есть объекты, образовавшиеся после 39 ядерных взрывов, произведенных для глубинного сейсмического зондирования земной коры, в том числе и объект "Глобус-1", оказались без хозяина. Население близлежащих к таким объектам районов, несмотря на установленные на этих объектах оградительные конструкции и предупреждающие знаки, которые бесконтрольно разрушаются, посещает немногочисленные санитарно-защитные зоны, чем нарушает общеизвестные правила безопасности. Разработанные мероприятия по обеспечению радиационной безопасности на таких объектах в настоящее время практически не реализуются из-за отсутствия необходимого финансирования.

По инициативе Минатома России была разработана Федеральная целевая программа "Обращение с радиоактивными материалами, их утилизация и захоронение на 1996-2005 годы", в которой содержится специальный раздел "Обеспечение экологической безопасности в районах проведения подземных ядерных взрывов в народнохозяйственных целях". Выполнение этой Федеральной программы в последние годы из-за сложного экономического положения в стране финансировалось лишь в объеме 7% от потребности. Однако Минатом России, как государственный заказчик выполнения такой программы, ежегодно выделял немалые средства на реализацию решений о реабилитации подобных объектов. В частности, в июле 1997 г. специалистами ВНИПИпромтехнологии, Ивановского областного Центра госсанэпиднадзора и Ивановского геологоуправления были проведены визуальное и инструментальное обследования объекта "Глобус-1" и составлена справка о техническом и радиоэкологическом состоянии этого объекта (Приложение 8.1.).

В разделе справки, в котором содержится характеристика объекта, отмечается, что на бетонном основании устья скважины установлен репер с круглым металлическим знаком и наварными буквами на нем текста, запрещающего производство буровых работ в радиусе до 450 м. Фотография этого знака приведена на рис. 8.3. Однако по периферии промплощадка не огорожена, отсутствуют и предупредительные знаки. Южная сторона промплощадки - это берег реки Шача, русло которой находится примерно в 100 м от скважины ГБ-1. Вдоль берега реки тянется заросшая травой пешеходная тропа, которая доходит до места впадения реки Шача в реку Надога, впадающей в Волгу (См. рис. 8.2.).



Рис. 8.3. Фотография металлического реперного знака, установленного на устье скважины ГБ-1

В излучине реки Шача на всем протяжении ее течения вдоль промплощадки есть участки интенсивного размывания берега. Не исключено, что в весеннее время года при сильном паводке или в случае какого-либо завала русла реки может произойти перелив воды на промплощадку или даже затопление ее территории.

В ближайшей к скважине ГБ-1 деревне Галкино постоянно проживают 3 семьи, в летний сезон туда приезжают еще 1-2 семьи дачников. Мощности доз гамма-излучения и в деревне Галкино, и во всех районах области, кроме территории промплощадки, находятся в пределах 5-9 мкР/ч, то есть в пределах естественного регионального фона. На самой же промплощадке уровни радиации выше и составляют 30-100 мкР/ч. Линейные размеры контура загрязненного участка определяются величинами, равными примерно 60 м на 100 м, что совпадает с результатами измерений, выполненных в 1991 и 1993 годах.

Итогом обследования объекта "Глобус-1" в июле 1997 г. стали рекомендации о необходимости введения на территории промплощадки режима санитарно-защитной зоны с радиусом около 100 м, а также организации на реке Шача зоны наблюдения протяженностью 400 м. Рекомендовано также вокруг загрязненного участка и на подходе к нему установить предупреждающие знаки.

Кроме того, необходимо отметить, что на основании совместного заявления Министра Российской Федерации по атомной энергии Е. Адамова и Министра энергетики США Б. Ричардсона был создан Международный центр экологической безопасности Минатома России. Официальной датой организации этого Центра следует считать 14.04.1999 г. - день подписания Приказа № 259 Министром по атомной энергии РФ. При создании Центра предполагалось, что главной целью его работы станет решение проблем, связанных с оценкой степени влияния работы предприятий ядерного и атомно-энергетического комплексов на окружающую среду, а также проведение мероприятий, направленных на улучшение экологического состояния среды обитания. Вместе с тем, в работе Центра большое внимание должно будет уделяться решению таких вопросов, как обеспечение экологической безопасности в районах осуществления подземных ядерных взрывов в народнохозяйственных целях, организация и проведение в этих районах санитарно-эпидемиологических обследований, а также оценка степени влияния радиационных факторов на здоровье населения.

Результаты оценки современного состояния радиационной обстановки в районе проведения взрыва "Глобус-1", где мощности доз гамма-излучения не превышают 100 мкР/ч, позволяют утверждать, что степень опасности от воздействия радиации даже при очень длительном пребывании человека на загрязненной территории этого объекта будет оцениваться степенью воздействия малых доз радиации, которые практически не оказывают какого-либо пагубного влияния на здоровье людей. Следует отметить, что на земном шаре есть такие регионы с выходом на поверхность мощных радиоактивных пород, где естественный гамма-фон достигает и даже превышает величину 100 мкР/ч. На территориях таких регионов постоянно проживает местное население, среди которого, естественно, есть представители всех возрастно-половых групп с разным состоянием здоровья [15,16]. Показатели здоровья этого населения, например, показатель средней продолжительности жизни, да и другие тоже, не отличаются от показателей здоровья населения, проживающего на территориях, где уровни гамма-фона не превышают 10 мкР/ч, то есть уровня, характерного для районов Ивановской области, за исключением территории промплощадки подземного ядерного взрыва "Глобус-1".

Безусловно, этот пример не является призывом к полному отрицанию опасности воздействия радиационных факторов. Конечно, не следует без надобности находиться в зонах с высокими уровнями радиации и пренебрегать правилами радиационной безопасности, но не нужно и преувеличивать эту опасность, утверждая, что радиация - самый главный и самый опасный "враг" здоровья людей. Как известно, на здоровье человека в жизни кроме радиационного фактора оказывает постоянное воздействие целый ряд неблагоприятных факторов, а именно, химический, бактериальный, механический, социально-бытовой, экономический, природный и др. В этом ряду радиационный фактор в средне-статистическом смысле занимает одно из последних мест.

Результаты оценки степени влияния различных неблагоприятных факторов на здоровье населения будут представлены ниже - в последней главе данной монографии. А в следующем разделе этой главы приведены данные о другой возникшей нештатной радиационной ситуации при проведении глубинного сейсмического зондирования земной коры с помощью ядерного взрыва "Кратон-3", который был осуществлен в малонаселенной местности на территории Якутии.

8.3. ОБЪЕКТ "КРАТОН-3"

Вторая и последняя авария при проведении ядерного взрыва для глубинного сейсмического зондирования земной коры произошла на объекте "Кратон-3" (КР-3). Этот взрыв был произведен в малонаселенной, со средней плотностью населения 0,3 чел./км², местности Республики Саха (Якутия) в 50 км к востоку от поселка Айхал на правом берегу реки Марха в 120 м от уреза воды.

Специальный заряд мощностью 22 кт был размещен в скважине на глубине 577 м в породах, представленных доломитами, известняками и тонкозернистым мергелем [6]. Для предотвращения выхода радиоактивных продуктов во внешнюю среду была специально сооружена цементная забивка общей длиной 180 м, остальной объем скважины был заполнен водой. Казалось, что все необходимые правила и требования по обеспечению безопасности при проведении ядерного взрыва были соблюдены, что все предусмотрено, что возможность возникновения нештатной радиационной ситуации полностью отсутствует. Однако...

Подрыв заряда был осуществлен 24.08.1978 г. в 21 час 00 минут по московскому времени в условиях относительно светлого времени суток северного лета, при хорошей видимости. На первой же минуте после взрыва над скважиной появился вертикально

восходящий столб дыма и пара, вверх полетели кабели, колонна труб, бетонная забивка. Через разгерметизированную скважину вырвались радиоактивные продукты взрыва. Облако стало постепенно расплзаться в направлении базы расположения участников работ, которая находилась на расстоянии около двух километров от устья скважины. Всего на этой базе проживало около 80 человек.

Особо следует отметить, что проведение взрыва в условиях направления ветра в сторону поселка проживания участников работ было грубым нарушением правил радиационной безопасности (См. рис. 6.4 и "Перечень мероприятий по обеспечению безопасности..." в главе 6).

По мере приближения облака к территории поселка уровни радиации на открытой местности быстро нарастали, доходя до десятков мР/ч, поэтому было решено всем участникам работ укрыться в вагончиках. Однако уровни радиации продолжали увеличиваться, и на 15 минуте после взрыва принимается решение об эвакуации всех участников работ на "чистую" территорию в направлении, перпендикулярном направлению ветра.

Через 23 минуты после взрыва весь персонал вышел из своих временных построек на местность, где мощности дозы гамма-излучения составляли 50 мР/ч, затем все участники работ переместились в тайгу и находились там в течение 5-6 часов до прилета двух вертолетов Ми-8, на которых и были эвакуированы в поселок Марха. В этом поселке весь эвакуированный персонал прошел частичную санитарную обработку под контролем специалистов службы дозиметрии.

По результатам обработки показаний индивидуальных дозиметров было установлено, что дозы внешнего облучения участников работ находились в пределах от 90 до 150 мЗв. Самая большая доза облучения, равная 300 мЗв, была отмечена у главного инженера проекта В. И. Клишина, который возвращался на промплощадку для определения причин аварии [7].

Об аварийной ситуации при проведении подземного взрыва было сообщено руководству Якутии и в соответствующие инстанции в Москве, создана Госкомиссия, члены которой выезжали на место аварии для тщательного расследования причин ее возникновения. После инцидента на объекте "Кристалл-3" были приняты более строгие правила, которые следовало выполнять при подготовке и проведении камуфлетных ядерных взрывов, в результате чего подобные нештатные радиационные ситуации больше не повторялись.

Группой специалистов Института прикладной геофизики с помощью самолета-разведчика 02.09.1978 г. была проведена аэрогаммасъемка местности. По результатам измерений уровни радиации составили:

- в районе скважины - от 0,8 до 2 Р/ч;
- на расстоянии 10 км - 0,8 мР/ч;
- на расстоянии 30 км - 50 мкР/ч;
- на расстоянии 100 км - 10-15 мкР/ч.

Положение следа радиоактивного загрязнения после взрыва "Кристалл-3" показано на рис. 8.4.

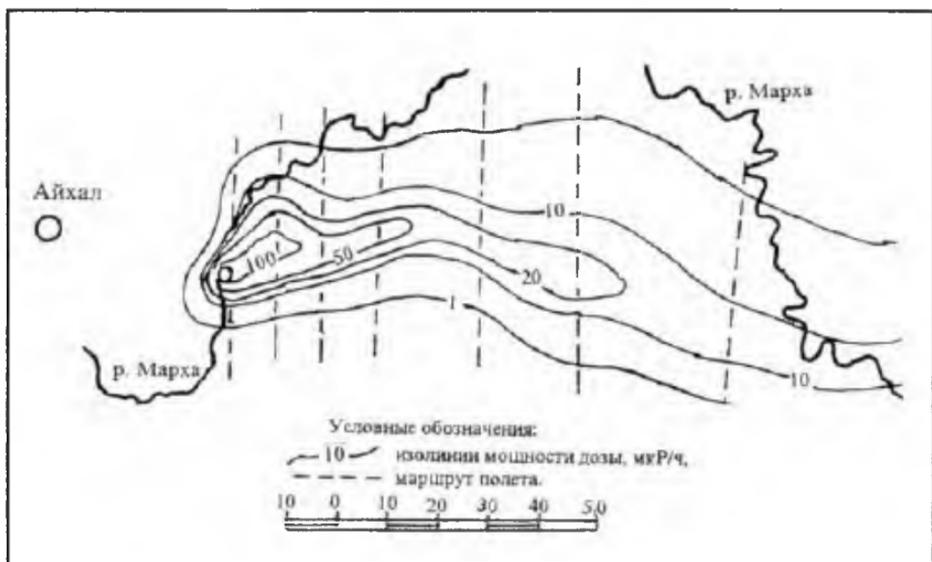


Рис. 8.4. Карта радиационной обстановки на объекте «Кратон-3» по состоянию на 02.09.1978 г. (Д+9)

В ходе работы Госкомиссии было установлено, что причиной аварийного выброса радиоактивных газов и аэрозолей стала частичная разгерметизация забивки "боевой" скважины из-за нарушения технологии работ. Радиоактивный выброс, как отмечено выше, сформировал радиационно-опасную зону (след) протяженностью около 31 км с разными величинами доз на различных расстояниях от центра взрыва, о чем свидетельствуют данные, приведенные в табл. 8.3.

Таблица 8.3.

Величины доз гамма-излучения на разных расстояниях после возникновения аварийной ситуации при взрыве "Кратон-3" [18-20]

| Расстояния от устья скважины, км | 3 | 10 | 22 | 31 |
|--|-----|-----|----|-----|
| Доза гамма излучения на местности до полного распада продуктов взрыва, сГр | 500 | 200 | 5 | 0,5 |

Вскоре после взрыва в районе устья скважины были проведены работы по дезактивации местности, а также по захоронению

загрязненного грунта и оборудования. С тех пор и до настоящего времени на этой территории проводится постоянный радиационный контроль.

Необходимо отметить, что все облученные участники работ, включая солдат охраны объекта, в самые короткие сроки после аварийной ситуации были доставлены в клинику Института биофизики Минздрава СССР в Москве, где прошли тщательное медицинское обследование. Состояние всех обследованных было признано удовлетворительным, не вызывающим никаких опасений, а тем более каких-либо серьезных последствий по всем жизненным показателям.

Естественно, данная радиационная авария не могла оказать негативного влияния на здоровье населения Якутии, поскольку взрыв был произведен в очень малонаселенной местности, на территории радиоактивного следа население практически отсутствовало, а коллективная доза облучения населения республики составила 0,04 чел.×Зв. При годовой коллективной дозе облучения жителей этой республики от глобальных выпадений, равной 7400 чел.×Зв, добавка 0,0001 % от радиоактивных продуктов взрыва "Кратон-3" настолько мала, что нет оснований ее учитывать [18].

В 1990 г. силами специалистов Аэрогеофизической партии Центральной поисково-съёмочной экспедиции и кооператива "Радон" ПГО "Якутск-геология" было проведено подробное изучение радиационной обстановки в районе аварийного выброса при взрыве "Кратон-3". В ходе исследований было установлено, что на промплощадке в зоне радиусом около 100 м вокруг оголовка скважины почвенный слой срезан бульдозером [18]. Устье скважины, а также могильник загрязненного грунта и оборудования со стороны склона, ведущего к реке Марха, защищены земляным валом от талых и дождевых вод. А могильник, расположенный рядом со скважиной, представляет собой плоский холм высотой 2 м и размером 10×30 м. Было также отмечено, что до настоящего времени в районе объекта остались надписи "Опасная зона" и о запрещении проводить какие-либо земляные и буровые работы на территории объекта "Кратон-3" (Приложение 8.2.).

Максимальные величины мощностей доз гамма-излучения, равные 700-740 мкР/ч, были определены на поверхности могильника и в некоторых точках буровой площадки, на оси следа они не превышали 80 мкР/ч. Участок местности размером 1×4 км, где мощность дозы превышала 10 мкР/ч, то есть величину естественного фона, равную 8-10 мкР/ч, был вытянут в северо-восточном направлении, о чем свидетельствует схема гамма-поля, приведенная на рис. 8.5. По расположению "пятен" радиоактивного загрязнения с различными величинами мощностей доз можно

предположить, что протяженность следа вскоре после аварии составляла несколько десятков километров (См. рис. 8.4. и 8.5.).

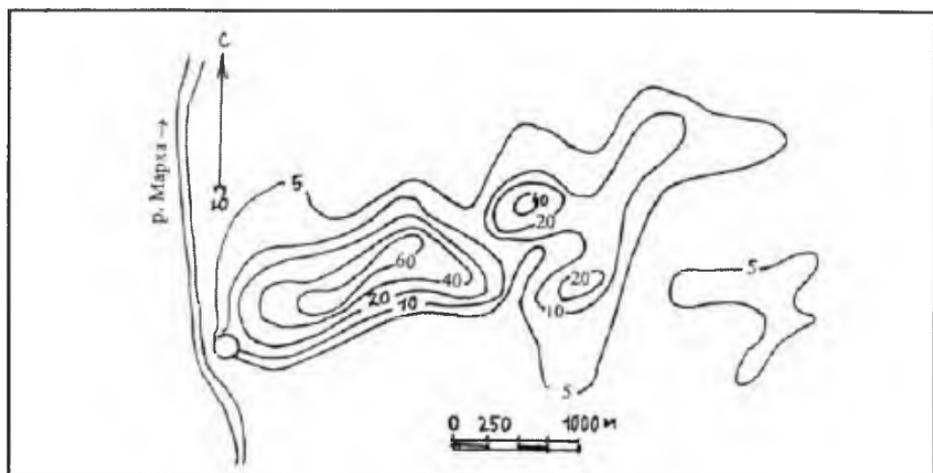


Рис. 8.5. Схема гамма-поля (мкР/ч) на радиоактивном следе аварийного выброса при подземном ядерном взрыве «Кратон-3» по результатам измерений, проведенных в 1990 г. Показано превышение мощности дозы над фоновыми величинами, равными 8-10 мкР/ч

В ходе исследований было отобрано большое количество проб почвы, растительности, воды и продуктов питания, выполнены анализы этих проб на определение содержания в них суммарной бета-активности, цезия-137, стронция-90, проведены гамма-спектрометрические измерения. Результаты анализов проб некоторых объектов внешней среды приведены в табл. 8.4.

Таблица 8.4.

Содержание радионуклидов в пробах некоторых объектов внешней среды, отобранных в 1990 г. на следе аварийного выброса при подземном ядерном взрыве "Кратон-3"

| Радионуклиды | Содержание радионуклидов в пробах, Бк/кг | | | | | |
|---------------------------|--|---------|--------|---------|--------------------|---------|
| | почвы (почвенно-растительный покров) | | ягеля | | воды из реки Марха | |
| | миним. | максим. | миним. | максим. | миним. | максим. |
| Цезий-137 | 90 | 5000 | 120 | 18000 | <0,02 | 0,02 |
| Стронций-90 | 50 | 10000 | 200 | 55000 | 0,02 | 0,1 |
| Суммарная бета-активность | 7000 | 28000 | 20000 | 3000000 | - | - |

Примечание: Содержание радионуклидов в пробах зависело от мощности дозы гамма-излучения в месте отбора проб, минимальная величина которой была равна 10 мкР/ч, а максимальная - 80-100 мкР/ч.

Минимальное содержание радионуклидов в пробах фактически было равно фоновым величинам, поскольку естественный радиационный фон в районе проведения взрыва не превышал 8-10 мкР/ч.

Несомненный интерес представляют результаты сравнения степени радиоактивного загрязнения объектов внешней среды, пробы которых были отобраны на следе аварийного выброса при взрыве "Кратон-3", с их природной (естественной) активностью. Для сравнения были отобраны пробы объектов внешней среды на территории средней полосы Республики Саха (Якутия), результаты анализа которых приведены в табл. 8.5.

Таблица 8.5.

Средняя удельная природная суммарная бета-активность проб объектов внешней среды, отобранных в районах средней полосы Якутии

| Наименование проб | Удельная природная суммарная активность, Бк/кг |
|-------------------|--|
| Почва зоны тундры | 800 |
| Мхи и лишайники | 70 |
| Питьевая вода | 0,05-0,2 |
| Донные отложения | 900 |
| Мышцы птиц | 90 |
| Мышцы животных | 80 |
| Мышцы рыбы | 80 |
| Молоко | 70 |

Результаты сравнения данных, приведенных в табл. 8.4 и 8.5, свидетельствуют о том, что уровень радиоактивного загрязнения ягеля на локальном следе значительно превышает фоновые величины. А в целом, по результатам анализов проб объектов внешней среды можно сделать вывод о поверхностном радиоактивном загрязнении местности, поскольку большая часть радионуклидов была определена в пробах почвы и растительности, то есть в почвенно-растительном слое. Характер распространения активности по глубине отражал особенности "строения" почвенного покрова:

- 0-5 см - почвенно-растительный слой;
- 5-15 см - серый песок;
- 15-50 см - желтая глина.

В таких условиях поверхностные водотоки не несут значимых концентраций радионуклидов, поэтому в реке Марха радиоактивное загрязнение воды практически отсутствует.

Интересно отметить, что в середине 50-х годов на территории Якутии были начаты радиометрические исследования грунта с целью поиска месторождений урана. Такие исследования были проведены практически на всей территории республики, причем в основном в ходе пешеходных гамма-поисков [22]. Обобщение и систематизацию результатов измерений проводили специалисты

Спецотряда Якутской государственной поисково-съёмочной экспедиции. Было определено, что на большей части территории Якутии гамма-фон равен примерно 8-15 мкР/ч. А как известно, 45-56 мкР/ч - это нормальная фоновая величина радиоактивности гнейсов и кристаллосланцев, 14-20 мкР/ч - диопсидовых пород, 8-14 мкР/ч - мраморов и 6-10 мкР/ч - четвертичных отложений. Величина фона до 200 мкР/ч является характерной для якутских горных районов с выходом гранитных массивов.

В южной части Якутии расположен Алданский шит, территория в пределах которого характеризуется повышенным содержанием естественных радионуклидов и мощностью экспозиционной дозы, равной 30-40 мкР/ч. В пределах центрального Алдана есть большое количество мест с аномально повышенным, вплоть до 150 мкР/ч, гамма-фоном. Кроме того, имеются выходы на поверхность земли моноцитовых песков (россыпей), где мощности дозы гамма-излучения достигают 500 мкР/ч. Следует сказать, что в ряде регионов мира, например, в Индии, Иране и Бразилии на отдельных территориях величина мощности естественного фона может достигать даже 800-1000 мкР/ч [16]. Однако ни среди людей, ни среди животных и растений, обитающих на таких территориях постоянно с незапамятных времен, никогда не отмечалось каких-либо генетических, канцерогенных и других неблагоприятных эффектов от воздействия таких повышенных доз радиации. Поэтому, естественно, есть все основания полагать, что население тех районов, территории которых расположены в пределах Алданского шита не испытывает никаких неудобств от влияния на него повышенного естественного радиационного фона, о чем, кстати, свидетельствуют и результаты эпидемиологических исследований, проводившихся специалистами авторитетных учреждений страны.

Все сказанное выше позволяет говорить о том, что к оценке степени влияния на окружающую среду и на здоровье людей всех ядерных взрывов, проводимых в народнохозяйственных целях, нужен комплексный подход, который учитывал бы совокупность воздействия на человека вредных факторов различной природы.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 8

1. Политехнический словарь. / Главный редактор И.И. Артоболевский. - М.: Изд. "Сов. энциклопедия", 1977. - 607 с.
2. Вольвовский И. С. Сейсмические исследования земной коры в СССР. - М.: "Недра", 1973.
3. Зверев С. М., Косьминская И.П. Сейсмические модели главных геоструктур на территории СССР, - М.: "Наука", 1980.
4. Egorkin A. V. Studies of Mantle Structure of USSR Territory on Long-Range Profiles. // *Phys/ Earth Planet. Int.* 1981, V. 25. - P. 12.
5. Наука и всеобщая безопасность. Технические предпосылки для политических инициатив по контролю над вооружением и проблемами окружающей среды. Том 7, вып. 1. США, Принстонский унив., 1998. - 49 с.
6. Мирное использование подземных ядерных взрывов./ Под ред В.Н. Михайлова. Выпуск 4. - М.: ВНИПИпромтехнологии и НПО "Радиевый институт", 1994. - 162 с.
7. Козловский Е.А. Атомная наука и техника народному хозяйству страны. // *Советская геология*, 1982, № 9.
8. Соколов Р. Проект будущего. Пока в Москве говорят, в Сибири делают. "Известия" 17 апреля 2000 г.
9. Шамов О.И. О радиационных последствиях, сопутствующих созданию с помощью ядерно-взрывной технологии различных объектов на территории Российской Федерации. Тезисы доклада на парламентских слушаниях в Государственной Думе. - М.: Фонды ГНЦ РФ - ИБФ, 1997. - 8 с.
10. Шилов М.П. Атомный взрыв на реке Шаче. / "Волжский бульвар", № 8 (152), 26.02.-04.03.1998.
11. Шилов М.П. Шача "зализывает" раны. / "Волжский бульвар", № 34 (178), 27.08.-02.09.1998.
12. Князев В. Ядерный взрыв прогремел близ Москвы. "Труд" 22 октября 1997.
13. Сообщение депутату Государственной Думы В. И. Тихонову от 23.02.1998 г. № 11-03/5-198 "По вопросу о подземном ядерном взрыве "Глобус-1". Архив Минатома России, 1998. - 7 с.
14. Авдонин А., Кузнецов А. Экологическое "окно" в Минатоме. "Атомпресса", 2000, № 14.
15. Холл Э.Д. Радиация и жизнь. Пер. с англ. - М.: "Медицина", 1989. - 256 с.
16. Jaworowski Z. Radiation risk and ethics. // *Physics Today (American Inst. of Physics)*. 1999, V. 52, № 9/ - P. 24-29.
17. Горяинов С. Ядерная катастрофа в Якутии. 1978 год. (Рассказ инженера В.И. Клишина). "Неделя", 1997, № 36.
18. Цыганов А.С., Лопухова Т.П., Данилов В.А. и др. О результатах изучения влияния подземных ядерных взрывов на радиационную обстановку в Мирнинском районе Якутской-Саха ССР. Отчет о НИР. - Якутск, Кооператив "Радон", 1990. - 73 с.

19. Логачев В.А., Михалихина Л.А., Филонов Н.П. Радиационные последствия опыта "Кратон-3" по глубинному сейсмозондированию земной коры с помощью подземного ядерного взрыва. Отчет о НИР. Фонды ГНЦ РФ - ИБФ, 1994. - 17 с.
20. Гордеев К.И. О состоянии радиационной обстановки в районах размещения народнохозяйственных объектов, созданных с помощью ядерно-взрывной технологии. Справка. Фонды ГНЦ РФ - ИБФ, 1991. - 5 с.
21. Замышляев Б.В., Лоборев В.М., Судаков В.В. и др. Оценка радиационной обстановки на территории РСФСР, сложившейся в результате атмосферных испытаний ядерного оружия, и их медико-биологических последствий. Отчет о НИР "Китеж". Ассоц. выч. аэродин. - Москва, 1991. - 289 с.
22. Радиационное загрязнение территории Республики Саха (Якутия): проблемы радиационной безопасности. Сб. докл. 1-й Республ. научно-практ. конф.- Якутск, 14-15 января 1993 г. - 253 с.

Глава 9

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА, А ТАКЖЕ ТУШЕНИЯ ГАЗОВЫХ ФОНТАНОВ

В период планирования в бывшем СССР работ по созданию в засушливых районах страны водохранилищ, каналов и т.д. с помощью ядерных взрывов встал вопрос и о возможности использования ядерно-взрывных технологий в различных отраслях промышленности. Одной из первых, оказавшейся под пристальным вниманием специалистов Минсредмаша СССР стала нефтегазовая отрасль. Совместно со специалистами Министерства нефтяной промышленности СССР был рассмотрен вопрос о возможности применения ядерных взрывов для интенсификации нефти и газа. Поскольку эффективность извлечения нефти из-под земли была достаточно низкая (менее 40 %), то для интенсификации ее добычи использовались, причем с разной степенью успеха, некоторые "неядерные" методики, конкретное содержание которых зависело от природы залежей и свойств нефти. Применялись, например, такие методы, как накачка в нефтяной пласт воды и газа, использование внутрипластового горения или заводнения, гидравлического дробления породы для увеличения пропускной способности пласта, а также впрыскивание газа в нефть для снижения вязкости [1]. Однако на многих месторождениях использование таких методов не приносило никакой пользы. Нужны были новые методы, новые идеи, одной из которых и стала возможность применения камуфлетных ядерных взрывов для совершенствования скважинных технологий добычи нефти и газа.

Результаты проведения первых таких ядерных взрывов на нефтяных и газовых объектах свидетельствовали о значительном улучшении показателей работы системы "пласт - скважина" и росте дебита стимулированных скважин [2].

Для интенсификации добычи углеводородного сырья предлагалось использовать глубокие камуфлетные ядерные взрывы непосредственно в нефтяных залежах. В отдельных случаях при осуществлении таких взрывов на поверхность земли могли выходить в небольших количествах радиоактивные газы. Поэтому основным мероприятием, обеспечивающим радиационную безопасность на поверхности земли, было обязательное выполнение требования не допустить переноса воздушных масс в сторону ближайших населенных пунктов и пунктов управления взрывом. Координация работ и ответственность за выбор необходимых для выполнения этого требования погодных условий при проведении конкретного взрыва возлагалось на представителя Службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, который, как правило, являлся членом Государственной комиссии, отвечающей за проведение взрыва [3].

Необходимо отметить, что проблема обеспечения радиационной безопасности в период подготовки объекта к эксплуатации и во время его эксплуатации, особенно если она продолжается в течение многих лет, была и остается очень сложной проблемой, поэтому подробно не может быть рассмотрена в данной монографии. Поскольку каждое месторождение имеет свои геологические, структурные и прочие особенности, от которых зависят объем и содержание мероприятий по обеспечению радиационной безопасности в период эксплуатации объекта, созданного с помощью ядерного взрыва, то фактически каждое месторождение или группа аналогичных месторождений заслуживают внимания и отдельного рассмотрения, что весьма трудно сделать в рамках одной книги.

Следует отметить, что все работы по интенсификации добычи нефти и газа с помощью ядерных взрывов проводились по специальным постановлениям директивных государственных органов, по ходатайствам заинтересованных министерств и ведомств, при обязательном согласовании с местными (районными, областными, республиканскими) партийно-советскими органами власти, при обязательном обеспечении радиационной и сейсмической безопасности населения и участников работ. Каждый промышленный ядерный взрыв и все последующие работы на созданном с помощью такого взрыва объекте проводились по отдельным проектам, которые представлялись на обязательную экспертизу и согласование в Госатомнадзор, Госкомгидромет и Минздрав СССР [4,5].

Большое значение для решения проблемных задач в нефтедобывающих отраслях производства имело совершенствование технологий добычи углеводородного горючего. Особая роль принадлежала возможности использования ядерно-взрывных технологий в решении таких задач.

9.1. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ

Прежде всего необходимо отметить, что нефть и газ, которые относятся к разряду невозобновляемых природных ресурсов, являются основой моторных топлив, что определяет важность увеличения их добычи для индустриально развитых стран. По степени освоения промышленных запасов нефти и газа в земной коре принято выделять три зоны: верхняя, где из-за происходящих в верхних слоях земной коры эрозийных процессов промышленно значимые скопления углеводородов отсутствуют; средняя (глубина 1-3 км), заключающая в себе почти все освоенные месторождения нефти и газа, и нижняя зона, в которой большие скопления углеводородов почти не используются из-за низкой проницаемости пород-коллекторов и сложности их геологического строения.

Геологические запасы нефти и газа количественно ограничены и условно разделяются примерно в пропорции 1:1 на две категории: извлекаемые (балансовые) и неизвлекаемые (забалансовые) [6]. Эта категорийность запасов зависит от геологических особенностей строения месторождения и от совершенства используемых технологий добычи полезных ископаемых. Причем характерно то, что все современные скважинные технологии добычи нефти и газа, которые используются при разработке месторождений, не обеспечивают должной полноты их отбора из земных недр. Особенно это касается конечного коэффициента извлечения нефти, средняя величина которого при терригенном коллекторе не превышает 40-50% от балансовых запасов, при карбонатном коллекторе составляет не более 25-30%, а при освоении оторочек нефти из газонефтяных месторождений равна примерно 10-15 %.

В таких условиях важное значение имело и имеет в настоящее время разработка и применение различных методов увеличения добычи нефти и газа, в том числе и с использованием камуфлетных ядерных взрывов. Но для этого необходимо было изучить все изменения в окружающей среде, которые происходили после таких взрывов, а также оценить возможности совершенствования скважинных технологий разведки, промышленного освоения и разработки месторождений природных углеводородов. При этом основными задачами можно считать:

- изучение особенностей механического преобразования крепких пористых пород под действием камуфлетного ядерного взрыва и определение параметров работы стимулированной взрывом скважины;
- исследование условий образования и распределения, а также особенностей миграции радионуклидов вблизи центра взрыва,

затем, по полученным данным, определение возможностей обеспечения радиационной безопасности при использовании камуфлетных ядерных взрывов в составе вновь создаваемых технологий;

- выявление фильтрационных и емкостных свойств образуемого взрывом "столба обрушения пород" (См. гл. 2) и прилегающих к нему различных зон искусственной трещиноватости с целью определения возможности использования такого центрального образования для подземной сепарации пластовых флюидов (нефти, конденсата и др.) и раздельной их добычи;
- изучение степени влияния механического действия взрыва на устойчивость скважин и разработка конструкции зарядных, то есть предназначенных для размещения и подрыва ядерных зарядов, скважин, которые можно было бы использовать для различных технологических целей;
- исследование параметров температурного и электромагнитного действия взрыва на свойства окружающих пород, а также определение влияния этих факторов на работу продуктивного пласта на больших расстояниях от центра взрыва, то есть за пределами сформированной взрывом области искусственной трещиноватости;
- изучение совокупного влияния всех последствий камуфлетного ядерного взрыва на показатели работы системы "пласт коллектора - стимулированная взрывом скважина" и на основе полученных данных определение требований к создаваемым ядерно-взрывным технологиям.

При решении таких сложных задач необходимо было учитывать не только возможные последствия проведения ядерных взрывов, но и особенности геологического строения основных месторождений страны и режимов их разработки. Около 80% месторождений нефти и газа относятся к пластовому типу, для которого характерным является высокая величина отношения площади пласта S к его толщине h . Действие ядерного взрыва не должно было затрагивать слой, заметно превосходящий по толщине саму залежь. Это диктовалось необходимостью сохранения покрывки залежи*. Поэтому на большей части месторождений необходимо было ограничивать мощности ядерных взрывов, а сами взрывы следовало рассматривать как средство воздействия на ту часть залежи, которая прилегает к забою скважины. В этом случае

* *Покрывка залежи (водоупор) - пласт, образованный непроницаемыми и слабопроницаемыми горными породами и препятствующий перетеканию жидкостей [7]*

камуфлетный взрыв в залежи обеспечивал более совершенное ее вскрытие и повышал подвижность жидких флюидов. Таким способом удавалось достигать значимого, больше чем в 15 раз, прироста дебита скважин [2,8].

Качество работы скважины при разработке нефтяных и газовых месторождений всегда оценивается величиной эффективного радиуса $R_э$, то есть расстоянием от оси скважины, на котором меняются условия движения флюидов (нефти, конденсата), а именно, когда они по макротрещинам переходят из области высоких (пластовых) сопротивлений движению в область низких сопротивлений. Для любой скважины граница смены режима движения флюидов зависит от состояния окружающей забойной зоны, а именно, от того, как велось бурение, от свойств слагающих ее пород и т.д. Камуфлетный ядерный взрыв в большинстве случаев являлся эффективным стимулятором работы скважины.

Однако прежде, чем давать окончательную оценку перспективности использования камуфлетных ядерных взрывов для стимулирования нефтегазодобычи, необходимо было ответить на два принципиально важных вопроса: насколько это экономически целесообразно и экологически приемлемо?

Результаты пробной эксплуатации стимулированных взрывом скважин, а также выполненных специалистами расчетов применительно к натурным условиям проведения камуфлетных взрывов свидетельствовали о том, что на один взрыв можно дополнительно получить в среднем около 100 тыс. тонн условного топлива* [2,9]. Этот результат, достигнутый на промежуточной стадии отработки залежей нефти, был не предельный. Но он являлся убедительным, поскольку означал, что на указанных объектах может быть получена более чем 10-кратная компенсация энергетических затрат. Такой факт позволял положительно оценивать экономическую целесообразность применения ядерно-взрывных технологий. Результаты проведенных натуральных экспериментов убедительно свидетельствовали о том, что экономические требования вполне достижимы.

Труднее было судить об экологической приемлемости использования в промышленных целях камуфлетных ядерных взрывов, которая определялась возможностью преодоления радиационных последствий. Опыт проведения камуфлетных взрывов показывал,

* Условное топливо - принятая при технико-экономических расчетах единица для сопоставления тепловой ценности различных видов органического топлива. Теплота сгорания 1 кг твердого условного топлива (или 1 м³ газообразного) - это 7 тыс. ккал.

что при мощности ядерных зарядов менее 20 кт и глубине их заложения от 1 до 4 км, а именно на таких глубинах сосредоточены основные запасы нефти и газа, может быть обеспечена сейсмическая и радиационная безопасность в рамках существующих правил как при проведении взрывов, так и при освоении стимулированных этими взрывами скважин. Однако полностью не исключалась возможность возникновения по разным причинам радиационных аварий. Такие оценки стали основанием для появления негативного отношения общества к возможности использования ядерных взрывов в промышленных целях. Именно негативное общественное мнение о возможности радиоактивного загрязнения продукции, которая будет получена с применением ядерно-взрывных технологий, стало основной причиной свертывания в США программы мирного использования подземных ядерных взрывов.

Ниже представлены сведения об использовании ядерно-взрывных технологий на нефтегазовых месторождениях бывшего СССР.

9.2. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА С ПОМОЩЬЮ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ

В рамках разработанной в Советском Союзе Программы № 7 - программы мирного использования ядерных взрывов - было выполнено всего шесть проектов интенсификации добычи нефти и газа. При реализации этих проектов был произведен 21 камуфлетный ядерный взрыв, в одном из которых было подорвано 2 заряда. В табл. 9.1. представлены данные о подземных ядерных взрывах, которые осуществлялись на нефтегазовых месторождениях бывшего СССР для интенсификации нефти и газа.

9.2.1. ОБЪЕКТ "БУТАН"

В 1965 г. в СССР впервые в мировой практике в условиях действующего промысла на Грачевском нефтяном месторождении в Башкирии были осуществлены три мирных ядерных взрыва (объект "Бутан") с целью интенсификации добычи нефти. До этих взрывов месторождение "работало" на основе метода накачки компрессорами газа, при этом максимальный выход нефти оценивался в 25 % от полного ее ресурса. Данная нефтяная залежь представляла собой пласт известняка глубиной 1000-1500 м, накрытый перемежающимися слоями каменной соли и ангидридов, которые образовали "купол для газа". Нефтедержащая зона была отделена от нижней подстилающей водоносной зоны слоем застывшей или окисленной нефти толщиной 25-50 м [1]. Через несколько лет

**Опытно-промышленные работы, проводимые на территории СССР
для интенсификации добычи нефти и газа с помощью подземных
ядерных взрывов**

| Условное наименование объекта | Месторождение | Число взрывов Мощность, кт | Годы проведения взрывов |
|--|---|----------------------------------|-------------------------|
| “Бутан” ¹⁾ скв. 617, 618, 622, 1, 3 | Грачевское месторождение нефти, Башкирия, 40 км восточнее города Мелеуз. Объект эксплуатируется. | $\frac{5}{2,3-7,6}$ | 1965-1980 гг. |
| “Грифон” скв. 1001,1002 | Осинское месторождение нефти, Пермская область, 10 км южнее города Оса. Объект эксплуатируется. | $\frac{2}{7,6}$ | 1969 г. |
| “Бензол” скв. | Средне-Балыкское месторождение нефти, Тюменская область, 60 км южнее города Нефтеюганск. Объект эксплуатируется. | $\frac{1}{2,5}$ | 1985 г. |
| “Гелий” скв. 401, 402, 403, 404, 405 | Гежское месторождение нефти, Пермская область, 20 км юго-восточнее города Красновишерск. Объект эксплуатируется. | $\frac{5}{3,2}$ | 1981-1987 гг. |
| “Ангара” скв. | Пальяновское месторождение нефти, Тюменская область, 140 км северо-западнее г. Ханты-Мансийска. Объект законсервирован. | $\frac{1}{15}$ | 1980 г. |
| Проект “Нева” | | | |
| “Ока” скв. 42 | Средне-Ботуобинское нефтегазовое месторождение, Западная Якутия, 90-120 км юго-юго-западнее города Мирный. Объект законсервирован. | $\frac{1}{15}$ | 1976г. |
| “Вятка” скв. 43 | Там же | $\frac{1}{15}$ | 1978 г. |
| “Шексна” скв. 47 | Там же | $\frac{1}{15}$ | 1979 г. |
| “Нева” скв. 66, 68, 61 | Там же | $\frac{3^{2)}{15}$ | 1982-1987 гг. |
| “Тахта-Кугульта” | Газовое месторождение на северном склоне Кавказа, Ставропольский край, 100 км северо-восточнее города Ставрополь. Объект законсервирован. | $\frac{1}{10}$ | 1969 г. |

Примечания: 1. На объекте “Бутан” впервые практически одновременно произведен групповой взрыв (2х2,3 кт) в двух скважинах.
2. При взрыве “Нева” в скважине 101 была создана емкость-хранилище в каменной соли.

после начала эксплуатации Грачевского месторождения добыча нефти на нем стала снижаться, причем главной причиной снижения стало падение давления из-за утечки растворенного газа из пласта. Для интенсификации добычи нефти на этом месторождении по предложению руководителей Программы № 7 и Министерства нефтяной промышленности СССР было решено использовать камуфлетные ядерные взрывы. Начались работы по реализации проекта "Бутан".

Первый этап работ по этому проекту, осуществленный 30.03.1965 г., включал в себя групповой подрыв в скважинах 617 и 618 на глубине 1341 м и 1375 м, соответственно, двух ядерных зарядов мощностью 2,3 кт каждый, размещенных на расстоянии 200 м друг от друга. При этом полости взрывов вместе с радиоактивными продуктами и "столбы обрушения пород" целиком находились внутри нефтяного слоя.

Для выполнения второго этапа работ по проекту "Бутан", который был осуществлен 10.06.1965 г., использовался ядерный заряд мощностью 7,6 кт, заложенный в скважину 622 на глубину 1350 м. Эта скважина находилась в 350 м к западу от места одного из проведенных ранее взрывов.

Руководителем этих работ был начальник 5 ГУ Минсредмаша СССР Н.И. Павлов, его заместителем по науке - начальник кафедры Института нефти (Москва) А.А. Бакиров. Ответственность за подготовку и подрыв ядерного заряда была возложена на И.Ф. Турчина, сборку ядерного заряда обеспечивала группа специалистов под руководством В.И. Канарейкина.

Поскольку это были первые ядерные взрывы в таких глубоких скважинах, то при их проведении кроме основных участников работ присутствовали представители властных структур, среди которых были первый заместитель министра МСМ СССР А.И. Чурин и заместитель министра МСМ СССР П.Я. Андропов, председатель Совнархоза РСФСР С.И. Кувыкин, секретарь Башкирского обкома КПСС Нуриев, начальник "Башнефти" К.И. Коваленко.

Заключительный этап работ по реализации проекта "Бутан" был осуществлен в 1980 г. Для этого в скважинах 1 и 3, расположенных, как видно на рис. 9.1, севернее и южнее профиля I-II, было произведено два камуфлетных ядерных взрыва. После окончания этих работ значительное стимулирование добычи нефти было отмечено примерно на 20 скважинах из 40, расположенных на промысле в зоне работ по проекту "Бутан". Добыча нефти из этих 20 скважин увеличилась в 1,5-2 раза, при этом доля газа в нефти снизилась. Были созданы условия для формирования в залежи нефти "газовой шапки", которая изменила режим работы технологических

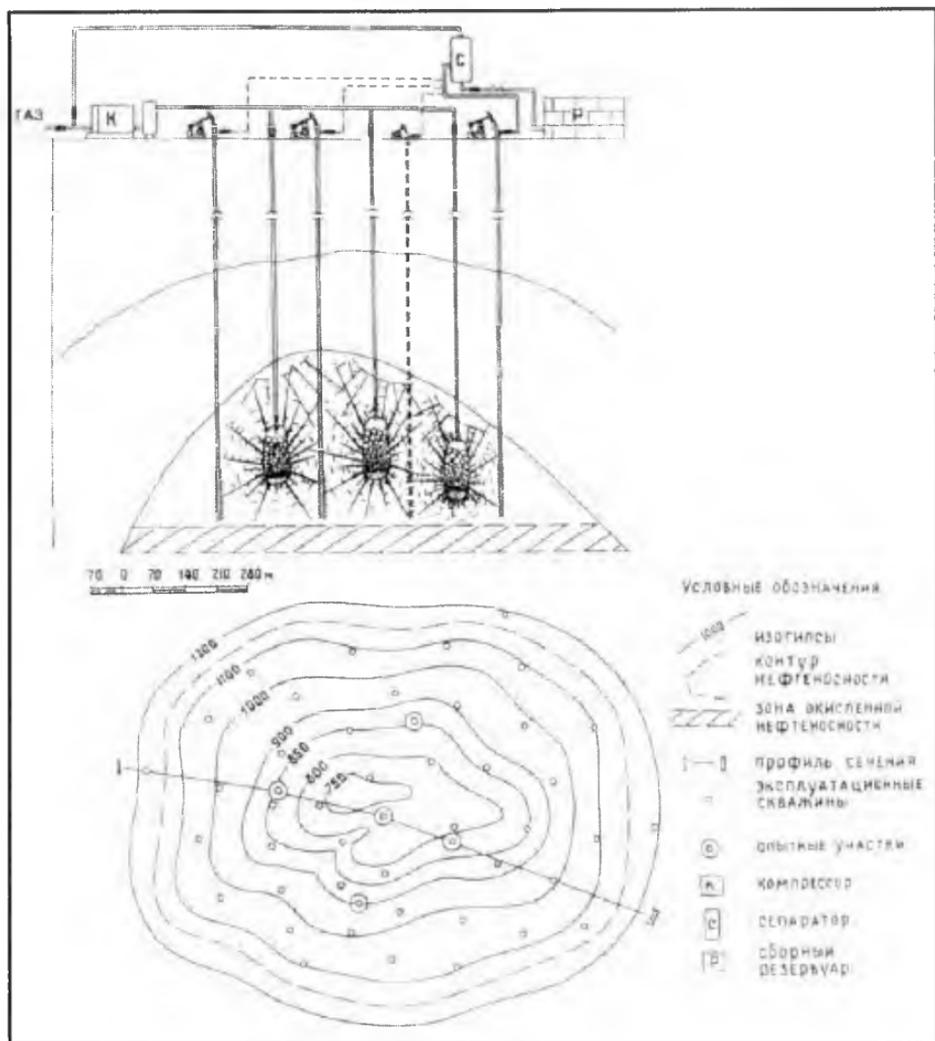


Рис. 9.1. Технологическая схема добычи нефти на объекте «Бутан»

скважин, позволила уменьшить естественный темп падения давления и повысить на 5-8 % текущий коэффициент нефтеотдачи [10].

Следует отметить, что проект "Бутан" был успешно реализован с помощью камуфлетных ядерных взрывов на приведенной глубине $h = 700-1000 \text{ м/кт}^{1/3}$, что позволило практически полностью исключить выход радиоактивных веществ в атмосферу. Гаммафон на промплощадках скважин, в которых проводились подземные ядерные взрывы, постоянно находился на уровне естественного фона. Образовавшийся при взрыве специальных ядерных зарядов тритий диффундировал через "столб обрушения пород" в "купол" над нефтеносным горизонтом и обнаруживался в попутном газе,

добываемом вместе с нефтью. Сразу после взрыва содержание трития в газе находилось на уровне 1000 Бк/л, через три года оно стабилизировалось примерно на уровне 100 Бк/л. Содержание трития в нефти не превышало 100 кБк/л, что примерно соответствовало его содержанию в газе при пересчете на единицу массы [1]. В нефти определялись также следовые количества таких радиоактивных продуктов деления, как цезий-137 и стронций-90.

Интересно привести такое сравнение: в "Нормах радиационной безопасности" (НРБ-76/87), которые действовали в тот период, допустимая концентрация трития в питьевой воде определялась величиной 150 кБк/л. Это свидетельствует о том, что фактически содержание трития в нефти, равное 100 кБк/л, было ниже его допустимого содержания в питьевой воде. Естественно, пить нефть никто не будет. Однако у "рядового гражданина" содержание продуктов ядерного взрыва даже в таких малых количествах вызывает чувство страха. Такое чувство можно понять и объяснить, назвав его психологией обывателя.

9.2.2. ОБЪЕКТ "ГРИФОН"

Через четыре года после начала реализации проекта "Бутан" специалисты Миннефтепрома СССР и Минсредмаша СССР совместно стали проводить работы по интенсификации нефтяной залежи иного типа. Это стало началом реализации нового проекта под названием "Грифон". Осуществлять его решено было на Осинском месторождении в Пермской области на западном склоне Уральских гор. На этом месторождении нефть добывалась из карбонатного пласта путем накачки воды в окружающие месторождение скважины [11].

Для реализации проекта "Грифон" приказом министра Е.П. Славского от 11.12.1967 г. была создана Государственная комиссия из представителей участвующих министерств, ведомств и органов власти Пермской области. Председателем комиссии был утвержден И. Ф. Турчин, научным руководителем - профессор Московского нефтяного института А. А. Бакиров, ответственным за сборку и подрыв зарядов - В. И. Канарейкин. Вместе с комиссией работали председатель Пермского облисполкома Воробьев и представители других местных властей.

Для проведения взрывных работ были пробурены две скважины глубиной примерно 1300 м, диаметром 44,5 см, а также подготовлены два заряда, представляющие собой герметичные цилиндрические корпуса длиной 220 см и диаметром 37,5 см, которые выдерживали давление жидкости до 240 кг/см².

После завершения всех подготовительных работ в середине нефтяной залежи на глубинах 1212 и 1208 м с интервалом 5 дней были произведены два ядерных взрыва мощностью 7,6 кт каждый.

По имеющимся данным граница контакта водного и нефтяного слоев находилась примерно на 70-100 м выше места заложения зарядов. Полость обрушения грунта в нефтесодержащий слой, как ожидалось, не должна была простираться более чем на 50-80 м [1].

По данным работы [12] дебит нефти на стимулированных взрывами скважинах увеличился в 1,5-1,6 раз по сравнению с дебитом предыдущих двадцати лет.

Радиационная обстановка на объекте "Грифон" была более сложной, чем на объекте "Бутан". Так, последующие бурение исследовательских скважин в полость взрыва и откачка воды привели к загрязнению части территории промплощадок и оборудования, что потребовало проведения дезактивационных работ.

Производственная деятельность на объекте "Грифон" осложнялась тем, что в водных слоях, которые подпирали залежи нефти, содержание таких радионуклидов, как цезий-137, стронций-90 и торий превышало допустимые пределы. Спустя 5-6 лет после ядерных взрывов на месторождении стало увеличиваться число скважин, продукция которых уже содержала незначительное количество радиоактивных веществ или это количество не превышало допустимых для питьевой воды пределов. Количество скважин, из которых добывалась "загрязненная нефть" достигало 150-200 [13], а к 1992 г. это количество уменьшилось в 7 раз.

Однако, несмотря на то, что содержание долгоживущих радионуклидов в нефти не превышало допустимых нормативов, специалистов настораживал факт появления загрязнений в добываемой продукции. Кроме того, эта настороженность усугублялась отсутствием признанных специалистами причин, объясняющих подобное явление. Особую тревогу вызывало то, что в донных отложениях поверхностных водоемов на Осинском месторождении было зафиксировано повышение концентрации цезия-137. Поступали сообщения о том, что предприятия по очистке нефти в городе Пермь отказываются даже принимать сырье с Осинского месторождения. Несколько скважин были закрыты.

В целом же объекты "Бутан" и "Грифон" продолжают находиться в опытно-промышленной эксплуатации. Радиационная обстановка на этих объектах в основном находится на уровне естественного фона. Ведется постоянный радиационный контроль за состоянием объектов окружающей среды и производимой продукции.

9.2.3. ОБЪЕКТЫ "БЕНЗОЛ" И "АНГАРА"

Взрывы "Бензол" и "Ангара" были произведены в Тюменской области, соответственно, на Средне-Балыкском и Пальяновском (Еси-Егоровском) месторождениях (См. табл. 9.1.), которые находились в стадии разведки.

На объекте "Бензол" взрыв мощностью всего 2,5 кт был произведен 18.06.1985 г. в очень глубокой скважине (2860 м) ниже продуктивного нефтесодержащего пласта в глинистых сланцах. Об экономической эффективности взрыва "Бензол" сведения отсутствуют. Сообщалось только о том, что объект находится в опытно-промышленной эксплуатации, а радиационная обстановка на поверхности земли соответствует уровню естественного фона.

На объекте "Ангара" взрыв мощностью 15 кт был осуществлен 10.12.1980 г. в скважине глубиной 2485 м. Сведения об экономической эффективности этого взрыва также отсутствуют. Объект законсервирован по всем правилам консервации, радиационная обстановка - на уровне фона, опасений не вызывает.

9.2.4. ОБЪЕКТ "ГЕЛИЙ"

Реализация проекта "Гелий" - нового проекта добычи нефти в рамках выполнения советской Программы № 7 - началась в 1981 г. на Гежском карбонатном пласте вблизи города Красновишерск, расположенного на западном склоне Уральских гор примерно в 800 км на север от площадки "Бутан". За период с 1981 г. по 1987 г. на площадке "Гелий", характеристики геологической формации которой такие же, как и площадки "Бутан", было взорвано на глубине около 2000 м пять специальных ядерных зарядов мощностью 3,2 кт каждый. При проведении взрывов использовалась известная уже технология.

Первый взрыв был произведен 02.09.1981 г. на глубине 2088 м ниже нефтеносного слоя, "столб обрушения пород" располагался примерно в середине этого слоя. Спустя три года после первого были осуществлены еще два взрыва. Проводились они 28.08.1984 г. с разницей в пять минут. Через три года после этих двух были произведены еще два взрыва - последние по проекту "Галит". Они были осуществлены 19.04.1987 г. также с пятиминутным интервалом.

Для всех взрывов точки заложения зарядов выбирались с таким расчетом, чтобы полностью исключить возможность нарушения покрышки нефтяной залежи и избежать проникновения в зону механического воздействия взрывов подошвенных вод,

расположенных ниже нефтеносного горизонта [5]. Кроме того, учитывалось отсутствие перетоков пластовых вод из одного водоносного горизонта в другой. Технология проведения взрывов на Гежском нефтяном месторождении, разработанная двумя институтами Миннефтепрома СССР (МИНГиГП и ПермНИПИнефть), позволяла исключить попадание продуктов взрыва в верхние водоносные горизонты.

После взрыва закачкой газа высокого давления предполагалось, в соответствии с проектом, дополнительно добыть около 5 млн. тонн нефти с экономическим эффектом около 20 млн. рублей за весь срок разработки месторождения. Действительно, на промысле было отмечено увеличение добычи нефти на 60-80 % [12].

Однако, это следует особо отметить, имеются и тревожные сведения. Так, в работе [13] приводятся данные о том, что в настоящее время на Гежском месторождении в полостях подземных ядерных взрывов происходят процессы обводнения. Это явление может привести к расширению ореала радиоактивного загрязнения продукции промысла. Поэтому Минтопэнерго Российской Федерации вынуждено, якобы, ставить вопрос о прекращении добычи нефти на этом месторождении. Но в соответствии с основным регламентирующим законом, каким являются "Нормы радиационной безопасности", собственно радиационная опасность существует только в случае превышения допустимых уровней радиоактивного загрязнения объектов или дозовых пределов облучения. Данных о том, что эти нормативы нарушаются на Гежском месторождении, пока нет, возможно, их и не будет. Объект находится в постоянной опытно-промышленной эксплуатации, регулярно проводится радиационный контроль.

9.2.5. ПРОЕКТ "НЕВА"

Осенью 1976 г. была начата реализация нового для того времени проекта по интенсификации добычи нефти и газа, получившего название "Нева". Проектом предполагалось проведение нескольких взрывов с разными названиями: "Ока", "Вятка", "Шексна" и "Нева". В их осуществлении принимали участие и специалисты Мингео СССР.

Для интенсификации добычи полезных ископаемых в толще гидрокарбонатной залежи были произведены шесть подземных ядерных взрывов мощностью 15 кт каждый. Опытная площадка Средне-Ботуобинского месторождения, расположенного в 90-120 км на юго-юго-восток от города Мирный в Якутии, состояла из участков доломита и известняка с вкраплениями солевых слоев на

глубине 1500-1600 м. До начала ядерной интенсификации эта залежь рассматривалась только как источник газа, однако продуктивные слои содержали не только газ, но и нефть [8].

Это месторождение активно разрабатывалось до проведения 05.11.1976 г. первого ядерного взрыва, получившего название "Ока". В течение нескольких месяцев после взрыва добыча газа велась на существовавшей ранее скважине, находившейся в 120 м от "боевой" скважины "Ока". До взрыва добыча газа из этой скважины составляла 3-5 тыс. м³ в день, а после взрыва она увеличилась в 20 раз [1]. Добыча нефти до взрыва не превышала 20 м³ в день.

Из зарядовой скважины "Ока" после взрыва добыча газа в течение трех с половиной месяцев превышала 100 тыс. м³ в день, но нефти не было, она накапливалась в полости взрыва.

Второй взрыв, названный "Вятка", был осуществлен 08.10.1978 г. рядом со скважиной "Ока". После взрыва добыча газа также значительно увеличилась и в течение длительного времени составляла 38 тыс. м³ в день.

Ровно через год, 08.10.1979 г., был произведен третий взрыв, получивший название "Шексна". Конкретных данных о производительности скважин, находившихся в зоне влияния этого взрыва, нет.

Три последующих взрыва, названных "Нева"-1,2,3, были осуществлены в 1982-1987 гг. Последний, седьмой, взрыв мощностью 3,2 кт, который был произведен в скважине 101 на глубине 815 м, предназначался для создания подземного хранилища в солевом пласте.

При реализации проекта "Нева" ядерные заряды размещались в подошвенной части пласта-коллектора в скважинах, стволы которых герметизировались специально разработанным забивочным комплексом для исключения выхода радиоактивных продуктов на поверхность земли и в зоны расположения пресных вод.

Вскрытие центральных зон взрывов для проведения в них исследований и определения технологических результатов осуществлялось не ранее чем через полгода после взрыва. Технология исследований и методы отбора нефти и газа были такими, чтобы продукты взрыва не выносились на поверхность. При реализации проектов были решены и такие важные вопросы, как обеспечение радиационной безопасности при проведении ядерных взрывов и в процессе добычи продукции из образованных взрывами скважин. Постоянно осуществлялся радиометрический контроль, причем в его проведении принимали участие представители научных организаций и даже общественности Якутии. По результатам измерений, которые проводились на всех семи скважинах, созданных в процессе реализации проекта "Нева", а также

на различных удалениях от этих скважин, было установлено, что уровни радиации и плотности потоков бета-частиц не превышали уровня естественного радиационного фона в данном регионе. Во всех отобранных пробах почвы при их анализе не отмечалось содержания техногенных цезия-137 и стронция-90. Все это дает основание сделать вывод, что после проведения на Средне-Ботуобинском месторождении камуфлетных ядерных взрывов радиационная обстановка в регионе осталась на уровне естественного фона, а степень радиоактивного загрязнения таких объектов окружающей среды, как трава, ягоды, грибы, почва, растительность, вода проточных и непроточных водоемов была ниже допустимого НРБ уровня. Поэтому не было и нет никаких оснований ограничивать хозяйственное использование территории района проведения взрывов, включая промплощадки всех законсервированных скважин.

Необходимо сказать о том, что, как отмечается в ряде литературных источников [1, 14 и др.], стимулированные ядерными взрывами скважины Средне-Ботуобинского месторождения дали экономически приемлемые по величине дебиты нефти и газа.

Одним из важных вопросов, связанных с обеспечением радиационной безопасности при использовании камуфлетных ядерных взрывов в промышленных целях, является прогнозирование на длительный период "поведения" радиоактивных продуктов в котловой полости (в центральной зоне) взрывов, которые осуществлялись в районах распространения вечной мерзлоты. Именно такие районы, расположенные в регионах Сибири и Дальнего Востока, обладают наибольшими запасами углеводородного сырья.

Как правило, вечномерзлые породы развиты на глубине до 200-300 м от поверхности земли. Ядерные заряды в такие породы закладывались значительно ниже глубины развития мерзлоты - примерно на глубину 1000 м и более. Тепловое воздействие взрыва, как показывает практика, не превышало 200 м от центра взрыва, поэтому такое воздействие на зону вечной мерзлоты практически полностью исключалось.

Интересные данные имеются о распространении радионуклидов в центральной зоне взрыва. После тех взрывов, которые производились для целей интенсификации добычи нефти и газа, размеры зоны развития трещиноватости вокруг центра взрыва составляли 150-250 м. Поскольку взрывы осуществлялись в гидрогеологически застойных зонах, которые сверху были перекрыты более чем километровой толщей горных пород, содержащей несколько пластов водоупорных отложений толщиной 50-150 м

каждый, то нет оснований опасаться проникновения радионуклидов в вышележащие водоносные горизонты и в зону свободно-го водообмена.

Опасений по поводу проникновения радионуклидов из центральной зоны в разные стороны можно высказать неограниченное количество. Однако любое опасение не является фактом, а при оценке событий следует опираться только на факты. Так, в работе [15] утверждается, что *"очаги подземных ядерных взрывов превратились в незапланированные захоронения радиоактивных продуктов... Полости взрывов со временем деформируются и сжимаются под действием давления горных пород, "остеклованные" стенки подземных камер растрескиваются и радионуклиды попадают в полость... Радиоактивные продукты взрыва, растворяясь в воде, мигрируют в окружающие массивы... Подобные процессы носят долговременный характер и труднопредсказуемы, но существует опасение, что проблемы, связанные с проводившимися на территории России подземными ядерными взрывами, будут усугубляться" (!?)*. И далее *"...возможные затраты на ликвидацию опасных последствий подземных ядерных взрывов могут многократно превысить экономический эффект, полученный от их использования" (!?)*.

Нужно заметить, что квалифицированный специалист в области обеспечения радиационной безопасности, знающий не понаслышке, а изучавший в реальных условиях закономерности поведения радионуклидов в котловых полостях ядерных взрывов, никогда не позволит себе такие высказывания.

Специалисты знают, что распространению радионуклидов в высоких концентрациях по простирацию пласта-коллектора препятствует низкая проницаемость горных пород и сорбция радионуклидов на частицах грунта. Результаты натурных наблюдений и расчетов, проведенных с большими коэффициентами запаса, свидетельствуют о том, что распространение радионуклидов по пласту не превышает 300 м за все время их "жизни".

Необходимо отметить, что использование в будущем ядерно-взрывных технологий для народнохозяйственных целей возможно при соблюдении трех основных требований, которые, впрочем, могут быть предъявлены и к любым другим технологиям: это технологическая эффективность, экономическая целесообразность и экологическая приемлемость. Последнее требование, естественно, включает в себя исключение нанесения ущерба природной среде, а также гарантию радиационной безопасности.

В настоящее время, то есть в начале 2001 г., продолжается эксплуатация целого ряда нефтяных и газовых месторождений, на которых работы по интенсификации добычи полезных ископаемых

проводились с использованием ядерно-взрывных технологий. Это объекты "Грифон" на Осинском, "Бутан" на Грачевском, "Ангара" на Ем-Еговско-Пальяновском, "Гелий" на Гежском и "Бензол" на Средне-Балыкском месторождениях. Газ, добываемый на объекте "Бутан", используется на теплоэлектроцентралях Республики Башкортостан.

После ядерных взрывов, осуществлявшихся в ходе выполнения работ по глубинному сейсмозондированию земной коры на территории Российской Федерации, были открыты новые газоконденсатные месторождения, к освоению которых приступили в последние годы. Это Северо-Соленинское месторождение вблизи объекта "Рифт-1" в Таймырском автономном округе. Продолжается эксплуатация Средне-Ленского месторождения вблизи объекта "Нева" в Республике Саха-Якутия, а также и других месторождений в тех районах, где проводились мирные ядерные взрывы.

9.2.6. ПРОЕКТ "ТАХТА-КУГУЛЬТА"

В бывшем Советском Союзе все опытно-промышленные работы по интенсификации добычи полезных ископаемых с помощью ядерных взрывов проводились на нефтегазовых месторождениях. И только один взрыв был произведен на газовом месторождении.

Эксперимент по интенсификации добычи газа был проведен 26.09.1969 г. на Тахта-Кугультинском газовом месторождении. Опытная площадка находилась на северном склоне Кавказских гор примерно в 100 км на северо-восток от г. Ставрополя. Само месторождение - это большая геологическая структура, продуктивный горизонт которой представлен очень тонким, примерно 5-13 м, слоем глинистого алевроита, расположенного на глубине около 700-750 м [16]. Ядерный взрыв мощностью 10 кт был произведен в скважине на глубине 712 м. Это была единственная работа, в качестве организатора выполнения которой был также и Мингазпром СССР.

В марте 1970 г. на второй советско-американской двухсторонней встрече советские ученые сделали сообщение о проведении эксперимента на Тахта-Кугультинском газовом месторождении [17]. Однако каких-либо конкретных сведений о результатах интенсификации промысла в этом сообщении не содержалось. Возможно, что малая толщина газоносного слоя не позволила получить ожидаемых результатов.

Вскоре после взрыва объект был законсервирован. Радиационная обстановка в районе проведения эксперимента соответствовала и в настоящее время соответствует уровню естественного регионального фона.

По результатам довольно детального анализа материалов, содержащих сведения об интенсификации производства нефти и газа с помощью подземных ядерных взрывов, можно сделать следующие выводы:

1. Технологическая эффективность использования ядерных взрывов для интенсификации добычи природных углеводородов может быть достигнута только в определенных геологических условиях, при этом необходимо учитывать состояние добываемых продуктов в конкретных пластовых слоях. Кроме того, для добычи углеводородов после взрывов следует использовать такие технологии, которые учитывали бы характер преобразований природной среды, произошедших под действием ядерного взрыва.
2. Экономическая целесообразность использования отдельных специальных технологий подтверждается результатами большинства опытно-промышленных работ (исключение составляет взрыв "Ангара" на Пальяновском месторождении в Тюменской области). Достигнутый показатель дополнительной добычи углеводородного сырья в размере 100 тыс. тонн условного топлива на один взрыв многократно компенсирует первоначальные затраты на сооружение скважины, проведение взрыва, освоение и эксплуатацию такой скважины [12].

Существует мнение специалистов, что с помощью подземных ядерных взрывов можно почти в 1,5 раза увеличить добычу нефти в Российской Федерации, позволив тем самым стать ей мировым экспортером "черного золота" [18,19]. По результатам глубинного сейсмозондирования земной коры с использованием ядерных взрывов были определены запасы нефти в Приобском месторождении, названном "Жемчужиной Сибири" [20]. Его запасы, равные 700 млн. тонн, способны в несколько раз превысить потребности регионов Восточной Сибири и даже соседнего Китая.

9.3. ПЕРЕКРЫТИЕ СКВАЖИН АВАРИЙНЫХ ГАЗОВЫХ ФОНТАНОВ

Почти сразу после принятия советской Программы № 7 ее руководители стали решать такую важную промышленную проблему, как возможность использования подземных ядерных взрывов для перекрытия газовой скважины, бушующей уже в течение нескольких лет. Особое значение эта проблема приобрела при вскрытии и разработке продуктивных пластов газа, находящихся на большой глубине под высоким давлением.

Основой использования камуфлетных ядерных взрывов для ликвидации аварийных фонтанов, давление которых может достигать

500 атмосфер и более, стало механическое действие этого взрыва на окружающие горные породы. При этом практически все радиоактивные продукты взрыва должны были быть захоронены на большой глубине без их выхода на поверхность земли. Отсюда вытекала определенная зависимость этого способа от геологических условий на месторождении и адекватного выбора точки заложения ядерного заряда. Правильно определенные мощность заряда и место его заложения относительно аварийного ствола, учет физико-механических свойств пород явились основой обеспечения сейсмической и радиационной безопасности проводимых работ, а также способствовали успеху при решении поставленной задачи.

В рамках выполнения Программы мирного использования ядерных взрывов в СССР было реализовано пять проектов ликвидации аварийных газовых фонтанов. В табл. 9.2 представлены данные о выполнении работ по этим проектам.

Таблица 9.2.

Опытно-промышленные работы по перекрытию аварийных скважин газовых фонтанов, проведенные в СССР

| Условное наименование объекта | Месторождение | Мощность взрыва, кт глубина, м | Дата проведения работ |
|-------------------------------|--|-----------------------------------|-----------------------|
| “Урта-Булак” | Узбекистан, Бухарская область, 80 км южнее города Бухара | $\frac{30}{1532}$ | 30.09.1966 г. |
| “Памук” | Узбекистан, Кашкардарьинская область, 70 км западнее г. Карши | $\frac{47}{2440}$ | 21.05.1968 г. |
| “Кратер” | Туркмения, Марыйская область, 30 км юго-восточнее города Мары | $\frac{15}{1720}$ | 11.04.1972 г. |
| “Факел” | Украина, Харьковская область, 20 км севернее г. Краснограда | $\frac{3,8}{2483}$ | 09.07.1972 г. |
| “Пирит” | Россия, Кумжинское месторождение в Архангельской области, 60 км северо-восточнее города Нарьян-Мар. Полностью погасить факел не удалось, так как пространственное положение ствола аварийной скважины не было известно точно. | $\frac{37,6}{1511}$ | 25.05.1981 г. |

Краткая характеристика результатов работ по перекрытию аварийных газовых фонтанов и радиационная обстановка в районах проведения этих работ приведена ниже.

9.3.1. ОБЪЕКТ "УРТА-БУЛАК"

В декабре 1963 г. при бурении газовой скважины № 11 в Бухарской области Узбекистана на глубине 2450 м был потерян контроль над этой скважиной, что стало причиной выброса газа давлением около 300 атмосфер через трубу диаметром около 20 см. Образовался горящий фонтан (Рис. 9.2.) с дебитом газа свыше 12 млн. м³ в день. Следует заметить, что такого количества газа достаточно для обеспечения всех нужд многомиллионного города [21].



Рис. 9.2. Ночная фотография горящего газового фонтана на Урта-Булакском месторождении

Возникший пожар и агрессивная среда в связи с содержанием в газе большого количества сероводорода быстро разрушили устьевое оборудование скважины.

В темное ночное время горящий факел, высота которого достигала 75 м, наблюдали на расстоянии 80 км жители г. Бухары, а на крышах домов часто были видны налеты серы.

На момент аварии комплекс геофизических исследований в скважине еще не был завершен, в частности, не на всю глубину были выполнены инклинометрические замеры, вследствие чего было фактически неопределенным пространственное положение ствола.

Вскрытый аварийной скважиной геологический разрез был представлен мощной толщей каменной соли на глубине 1900-2450 м, перекрывающей продуктивный пласт. Выше соли, практически до поверхности, залегала значительная толща терригенных отложений.

Конструкция скважины на момент аварии имела следующей вид: до кровли солей ствол был перекрыт 8-дюймовой технической колонной, зацементированной только на отдельном участке выше солевого пласта, далее, в солях, находился открытый ствол.

В течение трех лет предпринималось много разных попыток перекрыть скважины сверху или уменьшить дебит газа с последующей заглушкой газового факела. Но так как нижняя часть трубы на глубине 1000 м не была зацементирована, то такие попытки приводили к проникновению газа в соседние скважины, а большая концентрация сероводорода в газе могла представлять опасность для персонала. Попытки подойти к скважине путем подкопов были затруднены, поскольку точное положение трубы не было известно [22].

В 1965 г. руководством Минсредмаша и Мингео было принято решение о закрытии скважины с помощью ядерного взрыва. Основанием для этого стало поручение Совета Министров СССР. Результаты проведенных расчетов свидетельствовали о том, что ядерный взрыв средней мощности может "пережечь" любую скважину, расположенную на расстоянии 25-50 м от точки взрыва. Началась подготовка к взрыву. Для максимально близкого подхода к аварийной скважине № 11 с февраля по сентябрь 1966 г. были пробурены одновременно на глубину около 1500 м две наклонные скважины 1с и 2с каждая диаметром 445 мм. Такая глубина заложения заряда считалась достаточной для удержания давления 300 атмосфер в основном газосодержащем пласте. Для определения расстояния между аварийной и наклонными зарядовыми скважинами на глубине около 1500 м использовались акустические и электромагнитные методы. Было установлено, что расстояние между скважинами № 11 и 1с может составить 35 ± 10 м. На рис. 9.3. представлена схема расположения этих скважин.

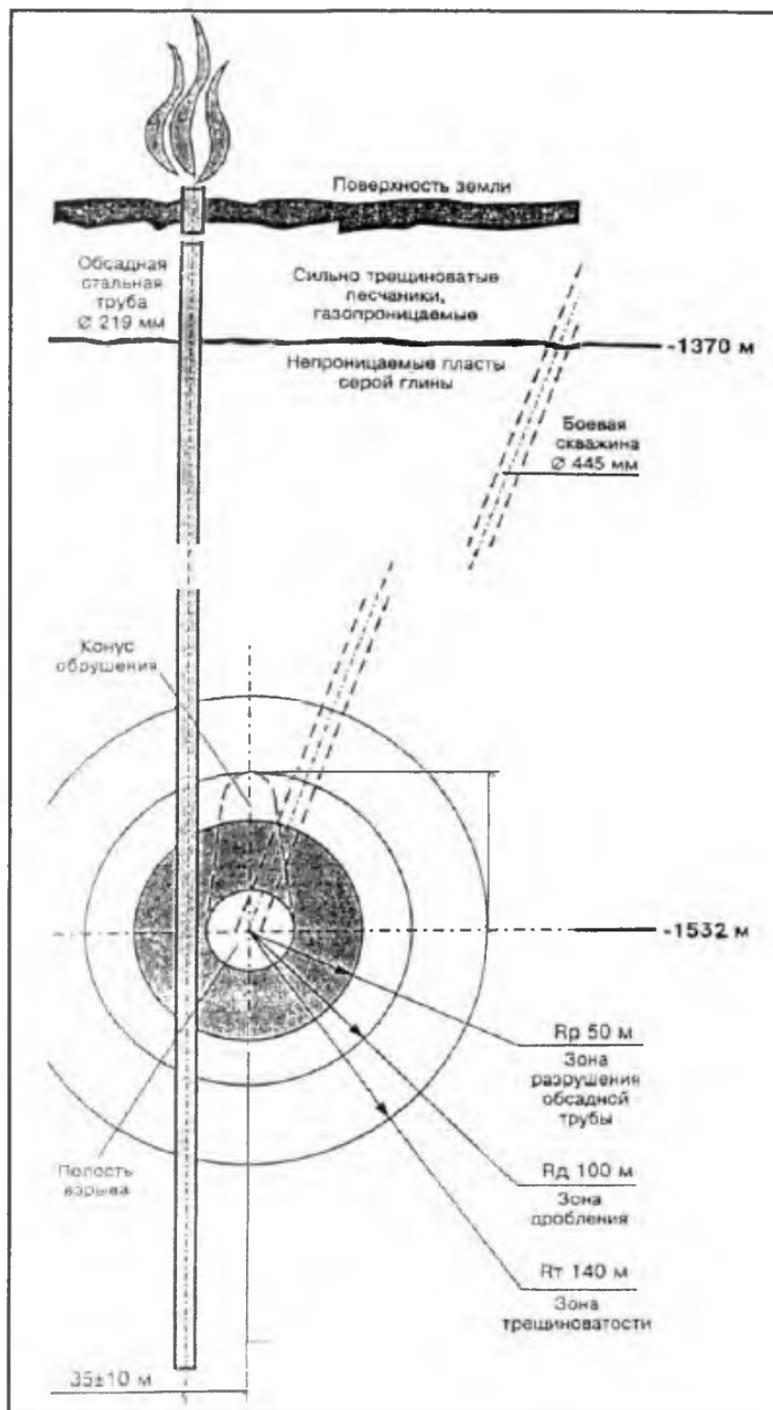


Рис. 9.3. Схема «глушения» газового фонтана на Урта-Булакском месторождении

В соответствии с проектом, разработанным специалистами ВНИПИпромтехнологии, ствол аварийной скважины должен был находиться на таком расстоянии от ядерного заряда, на котором в момент взрыва избыточное давление в проходящей волне сжатия достигало бы 25 тыс. кг/см² и даже более, а горизонтальное смещение горных пород составляло бы 1,3 м [8]. Такие параметры воздействия позволяли создать условия для полной ликвидации фонтана в результате смещения колонны и ствола аварийной скважины относительно первоначального ее положения.

Заказчиком работ по тушению газового фонтана было Министерство геологии Узбекской ССР. Государственную комиссию при проведении ядерного взрыва возглавлял главный конструктор ВНИИЭФ Е.А. Негин. Ответственным за подготовку и подрыв заряда был И.Ф. Турчин. В рабочую группу по подготовке заряда и автоматики подрыва входили В.Д. Баторин, В.Е. Корженков, В.Л. Писарь и другие. Этой группе помогала бригада КБ АТО во главе с К.Д. Швильдадзе.

Поскольку на глубине заложения заряда была высокая температура, превышающая 70°C, то было принято решение разработать для заряда специальный стальной охлаждающий корпус. Между охлаждающим корпусом и корпусом заряда должна была протекать вода, поэтому для ее выхода в скважину на сферической части днища сделали отверстия. Около скважины была установлена небольшая градирня с искусственным льдом. Таким образом охлажденная вода должна была снижать температуру заряда после его спуска в скважину. Ядерный заряд мощностью 30 кт вместе с охлаждающим корпусом имел длину около 3 м, диаметр 40 см и массу 900 кг [23].

Однако произошло непредвиденное. Оборвался трос, на котором ранее в скважину опускали отрезок трубы с термометром, поэтому заряд не смог достичь заданной глубины, из-за этого не удалось привести в действие охлаждающую систему. В таких условиях вся аппаратура подрыва заряда должна была работать на пределе температурных возможностей. Необходимо было найти выход из создавшегося положения и как можно быстрее осуществить подрыв заряда.

О случившемся было доложено министру среднего машиностроения Е.П. Славскому, который вместе с руководством министерства немедленно прибыл на объект. После недолгих разговоров и осмотра места работ министр дал команду на подрыв заряда. В 9 часов утра 30.09.1966 г. был произведен ядерный взрыв. Через 23 секунды после взрыва выброс газа прекратился. Вскоре скважина была опечатана, для чего ствол фонтанирующей скважины зацементировали до устья через бурильные трубы, которые специально для этого были опущены в ствол на глубину до 1040 м.

Следует отметить, что выхода радиоактивных продуктов взрыва в атмосферу, даже в виде инертных газов, не отмечалось. По окончании всех работ объект был закрыт по всем правилам радиационной безопасности. Радиоактивное загрязнение промплощадок отсутствует.

9.3.2. ОБЪЕКТ "ПАМУК"

Через несколько месяцев после ликвидации газового фонтана в Урта-Булаке был потерян контроль над другой скважиной высокого давления на соседнем с объектом "Урта-Булак" Памукском месторождении в Узбекистане. На этом месторождении бурение скважины 2-Р протекало нормально на глубину до 2748 м, пока не был достигнут газосодержащий горизонт с давлением 580 атмосфер. Прорыв газа привел к образованию фонтана, который через полтора месяца сам по себе заблокировался на глубине около 1000 м. Казалось, что проведение различных вспомогательных работ на этой скважине позволит решить все возникшие проблемы, однако через четыре месяца газ стал поступать на поверхность через другие скважины и даже через почву. На рис. 9.4 представлена фотография газовых фонтанов на Памукском месторождении.



Рис. 9.4. Фотография газовых фонтанов на Памукском месторождении

После нескольких неудачных попыток традиционными способами запечатать скважину было решено снова воспользоваться ядерным взрывом. За короткое время была пробурена наклонная скважина 10-Н, положение которой показано на рис. 9.5. С помощью акустических и электромагнитных методов было определено, что минимальное расстояние между двумя скважинами на глубине 2440 м составляет 30 ± 5 м.

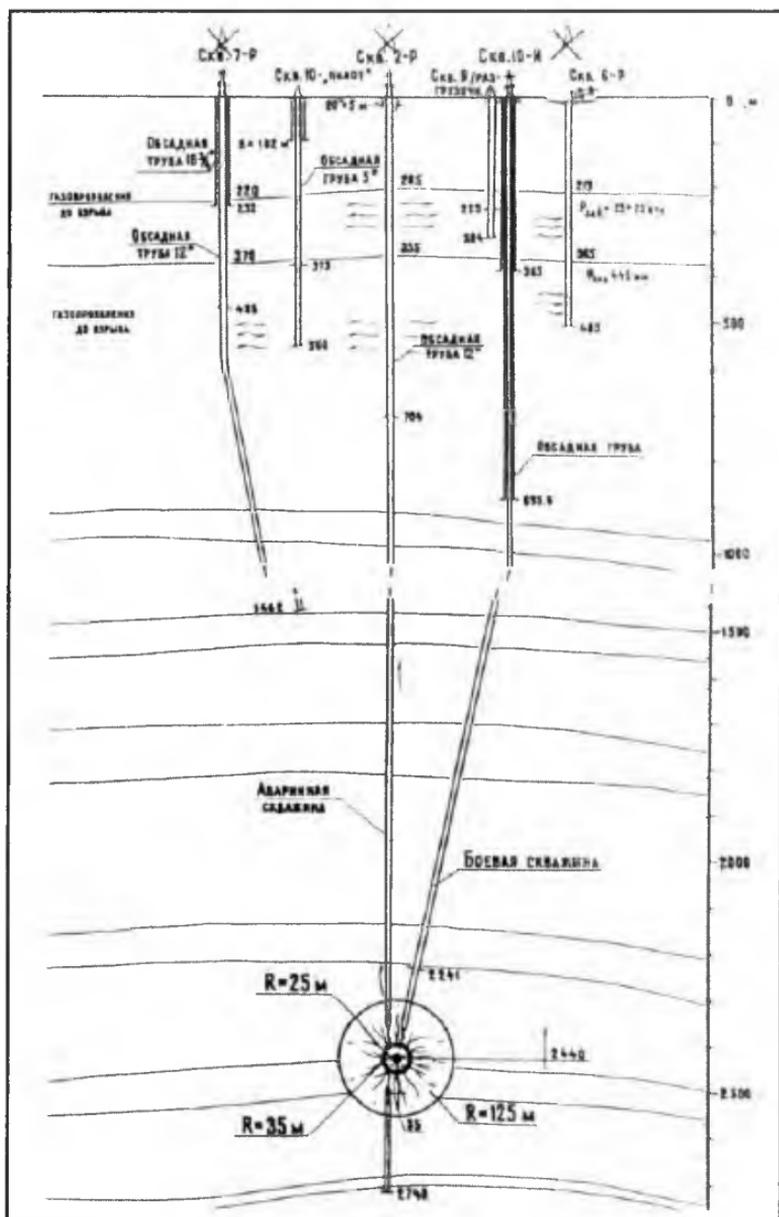


Рис. 9.5. Схема ликвидации газового фонтана с помощью ядерного взрыва на Памукском месторождении

Для ядерного взрыва на Памукском месторождении был использован ядерный заряд, спроектированный и разработанный в РФЯЦ-ВНИИТФ специально для применения его в условиях высокого давления и больших температур, превышающих ожидаемые величины [24]. Результаты проведенных ранее испытаний такого заряда, длина которого была 3 м, а диаметр - 24 см, показали, что его можно использовать в обычных нефтяных и газовых скважинах. Мощность заряда составляла 47 кт.

Подрыв заряда был произведен 21.05.1968 г. на глубине 2440 м. После взрыва из-за большого количества газа, заполнявшего в течение двух предшествующих взрыву лет расположенные выше глубины заложения заряда слои, пламя не затухало еще семь дней, затем потухло. Радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды в районе взрыва не было зафиксировано.

Это второе успешное использование ядерных зарядов для тушения газовых фонтанов и отсутствие при этом неблагоприятных радиационных эффектов на поверхности земли вселяли уверенность в то, что применение ядерно-взрывных технологий для контроля над мощными прорывами нефти и газа возможно и даже необходимо. На рис. 9.6 представлена фотография участников работ по ликвидации газового фонтана на объекте "Памук" - высококвалифицированных специалистов и патриотов своего дела.



Рис. 9.6. Участники ликвидации 21.05.1968 г. аварийного газового фонтана на месторождении Памук в Узбекистане. На снимке справа налево: Л.П. Волков, Е.И. Парфенов, Г.П. Ломинский, А.В. Соколов, В.И. Жучихин и др.

9.3.3. ОБЪЕКТЫ "КРАТЕР" И "ФАКЕЛ"

Через четыре года после ликвидации аварийной газовой скважины на Памукском месторождении появилась необходимость использования камуфлетных ядерных взрывов для перекрытия еще двух прорвавшихся газовых скважин.

Так, первый проект, названный "Кратер", был реализован на Майском газовом месторождении примерно в 30 км на юго-восток от города Мары в Средней Азии. На этом месторождении 05.11.1970 г. был потерян контроль над одной из газовых скважин, дебит которой составлял 700 тыс. м³ в сутки [12]. Газосодержащий слой на этом месторождении находился на глубине около 3000 м. Сведения о конкретном способе ликвидации этой аварии почти не публиковались, имеются только данные о том, что взрыв мощностью 15 кт был произведен 11.04.1972 г. на глубине 1750 м в слое глинистых сланцев.

Результаты работы были успешными: фонтан быстро погас, после чего скважина была заглушена. Объект закрыт. Радиационная обстановка на его территории была и остается до настоящего времени на уровне естественного регионального фона.

Реализация 09.07.1972 г. второго проекта под названием "Факел" способствовала ликвидации аварийного газового фонтана на месторождении, расположенном примерно в 20 км севернее города Красноград и в 65 км на юго-запад от города Харьков на Украине. Прорыв скважины на Крестищенской газовой залежи, находившейся на глубине более 3000 м, произошел 19.11.1971 г. с дебитом газа 570 тыс. м³ в сутки.

Информация о способе реализации этого проекта также практически отсутствует. Имеются лишь сведения о том, что заряд мощностью 3,8 кт был взорван на глубине 2483 м в залежи каменной соли. Небольшая мощность использованного заряда свидетельствует о том, что место прорыва в газовой скважине было хорошо известно, а зарядная скважина была пробурена с высокой точностью и близко к аварийной. Объект закрыт. Радиационная обстановка находится на уровне естественного фона.

9.3.4. ОБЪЕКТ "ПИРИТ"

Последний ядерный взрыв, направленный на ликвидацию аварийной газовой скважины, был произведен 25.05.1981 г. на буровой № 9 Кумжинского месторождения, расположенного вблизи северного побережья Европейской части России около устья реки Печора в 50 км на север от города Нарьян-Мар. По свидетельству

очевидцев авария на буровой произошла 28.11.1980 г. из-за *"технически безграмотного производства работ и отсутствия должного контроля..."* [25]. К началу 1981 г. выброс газа и конденсата из скважины составлял более 800 тыс. м³ в сутки. Участок дороги между буровыми № 8 и № 9 был пропитан нефтепродуктами, протока Большой Гушнец покрылась нефтяной пленкой. По сведениям гидрометеослужбы нефтепродукты выносились в Корвинскую губу, кроме того, их обнаруживали даже в юго-восточной части Баренцева моря.

После окончания всех подготовительных к взрыву работ ядерный заряд мощностью 37,6 кт был взорван на глубине 1511 м в песчано-глинистом слое предположительно рядом с аварийной скважиной. Однако скважина не была перекрыта. Более того, взрыв усилил фонтанирование газа и конденсата до 1700 тыс. м³ в сутки. Позже фонтан был ликвидирован с помощью наклонных скважин "обычными" средствами.

Вероятно, неудача в ликвидации аварии на скважине с помощью ядерного взрыва была связана с отсутствием достоверной информации о пространственном положении аварийной скважины.

В последующем скважина была надежно обвалована, что способствовало значительному уменьшению экологических последствий аварии. Следует отметить, что как на промплощадке, так и в поселке, который находится в нескольких километрах от устья скважины, постоянно проводился и проводится дозиметрический контроль за радиационной обстановкой, которая была и остается на уровне фона.

Специалисты, занимающиеся проблемой использования ядерно-взрывных технологий для ликвидации аварийных фонтанов нефти и газа, отмечают, что экономический эффект от применения таких технологий огромен [6,8,12,19 и др.]. Так, на ликвидацию аварии на Урта-Булакском газовом месторождении обычными способами было затрачено почти 3 года (2 года 10 месяцев). Потери газа за это время составили 12,2 млрд. м³. Для ликвидации аварии с помощью ядерного взрыва потребовалось чуть более 8 месяцев, при этом потери газа были в 4 раза ниже, составив лишь 3,2 млрд. м³, а общий экономический эффект превысил 25,4 млн. рублей в ценах начала 80-х годов [12]. Это позволяет надеяться на то, что в 21 веке ядерно-взрывные технологии найдут свое применение под строгим международным контролем.

9.4. РАДИАЦИОННАЯ ОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

В последние годы в средствах массовой информации достаточно часто стали появляться различного рода материалы, в которых содержатся сведения о неблагоприятном и даже пагубном влиянии на окружающую среду использования ядерно-взрывных технологий в мирных целях. В основном такие материалы готовят люди, некомпетентные в вопросах радиационной безопасности. Не обладая необходимыми знаниями в этой специфической области, они высказывают мнения, лишённые взвешенных аналитических оценок. Эти мнения, отличающиеся излишней эмоциональностью и необъективностью, к сожалению, способствуют распространению радиофобии среди населения, вред от которой может быть больше, чем от воздействия реальных источников излучений.

Достаточно привести простой пример. Если вдруг исчезнут все искусственные (техногенные) источники излучения на Земле, включая излучения после всех ядерных испытаний, промышленного использования ядерных взрывов и радиационных аварий, то коллективная эффективная доза облучения населения Планеты или, например, только Российской Федерации при этом практически не изменится в течение жизни человека, в среднем равной 70 годам [26]. Необходимо напомнить, что коллективная эффективная доза - это некоторая усредненная по группам населения величина дозы, умноженная на число жителей конкретного региона или страны. Коллективная доза призвана определять вероятность возникновения неблагоприятных биологических эффектов под действием ионизирующих излучений.

Основной вклад в суммарную коллективную дозу облучения населения вносят не искусственные (техногенные) источники излучения, обусловленные ядерными испытаниями или радиационными авариями, а естественный или природный радиационный фон, а также рентгенодиагностические медицинские процедуры. При ядерных испытаниях или радиационных авариях относительно высокие дозы облучения, вызывающие соматические эффекты, могли быть лишь у незначительной части населения, что практически не влияло на величину коллективной дозы облучения за счет природного фона и содержания естественных радионуклидов во всех объектах окружающей среды.

9.4.1. ДОБЫЧА НЕФТИ

Как известно, все топливно-энергетические ресурсы, добываемые из недр Земли, содержат определенное количество естественных радионуклидов. Так, по данным работы [27] содержание радия-226 и тория-228 в нефти может достигать 400 Бк/кг, а радиоактивного калия-40 – 4200 Бк/кг. Объемная активность пластовой воды за счет содержания в ней радия-226 и тория-232 может быть равна 400 Бк/кг, но, к сожалению, количество такой воды, сливаемой на грунт и в водоемы, никогда не учитывалось.

Наиболее значимыми источниками радиоактивного загрязнения окружающей среды при добыче нефти обычными способами являются отложения природных радионуклидов на внутренних поверхностях насосно-компрессорных труб, резервуаров и другого оборудования, а также утечки и вынужденные сбросы нефти и пластовой воды на поверхность земли. Удельное содержание радия-226 в отложениях на трубах может составлять 120 кБк/кг ($3,3 \times 10^{-6}$ Ки/кг), а тория-232 – 80 кБк/кг ($2,2 \times 10^{-6}$ Ки/кг). Мощность экспозиционной дозы внешнего гамма-излучения вблизи нескольких сотен компактно складированных труб, которые использовались при добыче нефти, может превышать 3000 мкР/ч, что в 300 раз превышает природный фон.

Удельное содержание радия-226 и тория-232 в донном осадке на полях фильтрации вблизи мест добычи нефти может достигать 84 кБк/кг и 52 кБк/кг, соответственно. В Российской Федерации оценка доз облучения персонала и населения за счет добычи нефти, насколько это известно, никогда не проводилась. На нефтепромыслах отсутствует не только система радиационного контроля, но и рекомендации по снижению доз облучения как персонала, так и населения.

Естественно, что разумно организованная работа по интенсификации добычи нефти и газа с использованием ядерно-взрывных технологий не внесет существенного вклада в радиоактивное загрязнение продукции, содержащей естественные радионуклиды.

9.4.2. ДОБЫЧА И СЖИГАНИЕ ГАЗА

По результатам измерений объемной активности газообразного радона в природном горючем газе на промыслах Тюмени было установлено, что она находится в пределах от 200 до 900 Бк/м³, на компрессорных станциях, подающих газ из России в Европу – от 50 до 300 Бк/м³ [26,27]. За время движения от промыслов до потребителя происходит распад радона-222 ($T_{1/2} = 3,83$ сут.),

который является дочерним продуктом изотопов радия. Поэтому можно предположить, что объемная активность радона в сжатом газе не будет превышать 200 Бк/м³, а его вклад в дозу облучения легких человека будет незначительный.

Непосредственно на газовых промыслах радионуклиды в значительных количествах содержатся в основном в пластовой воде (См. п. 9.4.1.), в газовом и водном конденсате, а также на внутренних поверхностях оборудования. Известны случаи, когда мощность дозы внешнего гамма-излучения на отдельных участках газового промысла достигала 10 мР/ч [26].

Однако, и это следует особо отметить, основными источниками загрязнения окружающей среды естественными радионуклидами были и остаются предприятия угольно-топливного цикла.

9.4.3. УГОЛЬНО-ТОПЛИВНЫЙ ЦИКЛ

Уголь различных сортов и вмещающие его породы содержат в своем составе значительное количество нуклидов естественных радиоактивных семейств урана-238 и тория-232. В 1991-1996 гг. были проведены исследования радиационной обстановки на 136 из примерно 200 действующих в Российской Федерации шахт и разрезов. По результатам этих исследований было установлено, что среднее содержание радия и тория в угле не превышало 60 Бк/кг, а во вмещающих породах - 100 Бк/кг. Однако на некоторых угольных предприятиях, например, на Итатском разрезе в Кемеровской области и Уртуйском разрезе в Читинской области содержание радионуклидов в угле находилось в диапазоне от 100 до 1000 и более Бк/кг [26,27]. При этом средняя по отрасли доза облучения персонала, работавшего в подземных выработках, составляла примерно 2 мЗв/год, а максимальная доза не превышала 19 мЗв/год. Коллективная доза облучения работающих в подземных выработках угольных шахт Российской Федерации в настоящее время составляет около 350 человеко-жизверт в год.

При сжигании угля в котельных удельное содержание радионуклидов в золе в 5-20 раз выше, чем в угле. Большое количество радиоактивных веществ выбрасывается через трубы в окружающую среду с летучей золой, а несколько миллионов тонн подовой золы и золы, которая улавливается фильтрующими установками, используется для производства цемента и бетона, а также в сельском хозяйстве для улучшения структуры почв. Около 10% добытого угля используется в домашнем хозяйстве для обогрева жилищ и приготовления пищи. К сожалению, в таких жилищах полностью отсутствуют системы золоулавливания. Кроме того, что особенно

важно отметить, районы расположения угольных шахт характеризуются высокой плотностью населения.

По данным Научного комитета ООН по действию радиации, ожидаемая коллективная эффективная доза облучения населения всего мира при использовании угля составляет примерно 100 тыс. человекозиверт в год. Для сравнения можно отметить, что ожидаемая коллективная доза облучения населения после аварии на Чернобыльской АЭС не превышает 5 тыс. человекозиверт в год, то есть в 20 раз меньше [26].

Результаты оценки доз облучения населения за счет выброса естественных радионуклидов при сжигании угля на типовой теплоэлектростанции и за счет нормально работающей атомной станции аналогичной мощности свидетельствуют о том, что индивидуальная годовая эффективная доза облучения человека может составлять 2 мкЗв/год от сжигания угля и около 0,2 мкЗв/год, то есть в десять раз меньше, от деятельности АЭС. При этом АЭС не "отнимает" у окружающей среды кислород и не выбрасывает в атмосферу парниковые газы, которые могут стать одной из основных проблем экологии 21 века. Конечно, работа предприятий ядерно-топливного цикла должна находиться под постоянным контролем, чтобы не допускать возникновения радиационных аварий.

Приходится только сожалеть о том, что жители ряда регионов РФ, в частности Приморского края, где в последние годы нехватка электричества и тепла сказывается особенно, пошли на поводу у претендентов на депутатские кресла и начали рьяно бороться против строительства АЭС. Теперь население страдает, а большинство депутатов различных уровней давно живут в столицах...

Необходимо отметить, что использование ядерно-взрывных технологий в топливно-энергетическом комплексе для интенсификации добычи нефти и газа, а также для тушения мощных газовых фонтанов принесло много пользы, значительно больше, чем вреда. Поэтому можно поддержать мнение известного публициста В. С. Губарева, высказанное им в одной из статей: *"Запрещение ядерных взрывов в мирных целях стало одной из крупнейших ошибок уходящего столетия."* [28].

1. Наука и всеобщая безопасность. Технические предпосылки для политических инициатив по контролю над вооружениями и проблемами окружающей среды. Том 7, вып. 1. США, Принстонский унив., 1998. - 49 с.
2. Мусинов В.И. Добыча нефти и газа с помощью ядерных взрывов. // Природа. 1991. № 2.- С. 25-33.
3. Атомная наука и техника в СССР. / Кол. авторов под ред. И.Д. Морехова. - М.: Атомиздат, 1977.- 358 с.
4. Ядерные испытания СССР. Том 2. / Кол авторов под рук. В.Н. Михайлова. - Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 1999. - 302 с.
5. Клишин В., Касаткин В., Семикин Н. Приподняв завесу секретности. "Звезда" 31 декабря 1989 г.
6. Мясников К.В., Приходько Н.К., Мусинов В. И. и др. Исследование эффективности проведенных ядерных взрывов в мирных целях и оценки перспективы их использования в современных условиях. Отчет о НИР. Фонды ВНИПИпромтехнологии, 1997. - 119 с.
7. Терминологический словарь по вопросам использования подземных ядерных взрывов в мирных целях (глоссарий). / Кол. авторов под ред. О.Л. Кедровского, М.П. Гречушкиной и Л. Б. Прозорова. - М.: ОНТИ, 1981. - 41 с.
8. Ядерные взрывы в СССР. Мирное использование подземных ядерных взрывов./ Кол. авторов под. ред. В.Н. Михайлова. - М.: ВНИПИпромтехнологии, 1994. - 162 с.
9. Применение подземных ядерных взрывов в нефтегазодобывающей промышленности. Обзор зарубежной литературы. - М.: Фонды ВНИПИпромтехнологии, 1971. - 78 с.
10. Ядерные взрывы для промышленных и научных целей на территории бывшего СССР. Аналитический обзор материалов, опубликованных в открытой печати.- М.: ЦНИИИатоминформ, 1997. - 61 с.
11. Nordyke M.D. A Review of Soviet Data on the Peaceful Uses of Nuclear Explosives. // Annals of Nuclear Energy. V. 2, 1975. - 657-673 pp.
12. Мясников К.В., Касаткин В. В. Научно-технические и социальные аспекты подземных ядерных взрывов в мирных целях, проведенных на территории России. - М.: ВНИПИпромтехнологии, 1999. - 12 с.
13. Тараканов Е. Подземные ядерные взрывы в интересах народного хозяйства (Экологический аспект). // Бюлл. Центра общ. инф. ЦНИИатоминформа, 1998, № 3-4. - С. 25-29.
14. Мусинов В., Клишин В., Иванов В. Ядерные взрывы в Якутии: мифы и реальность. "Социалистическая Якутия" 20 февраля 1990 г.
15. Трагедия и боль сегодешнего Вилюя. / Составители Н.П.Павлов и В.М. Афанасьева. - Якутск, ООО "САПИ-Торг-Книга", 1997. - 92 с.
16. Васильев В.Г. Газовые месторождения СССР. - М.: "Недра", 1968. - С. 92-93.
17. Kedrovski O.L. The Application of Cratering Explosions in Industry and Construction (IAEA-PL-388/21). Peaceful Nuclear Explosions/ Proceeding of a Panel, Vienna, 2-6 March 1970. - 377-404 pp.

18. Горяинов С. 600 подземных ядерных взрывов. "Неделя", 1997, № 35 (29 сентября-5 октября).
19. Применение подземных ядерных взрывов в нефтедобывающей промышленности. / Кол. авторов под ред. А.А. Бакирова и Э.А. Бакирова. - М.: "Недра", 1981. - 198 с.
20. Владимиров Д. Жемчужина Сибири. Приобское нефтяное месторождение готовится к "прыжку на Восток". "Известия" 28 апреля 2000 г.
21. Игревский В.И., Мангушев К. И. Предотвращение и остановка нефтяных и газовых фонтанов. - М.: "Недра", 1974.
22. Мангушев К.И. Страшнее ядерного взрыва. - М.: "Недра", 1991. - 238 с.
23. Турчин И.Ф. Сорок лет на испытаниях ядерного оружия. - Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 1999. - 178 с. + илл.
24. Литвинов Б.В. Частное сообщение. Май 1994 г.
25. Овчинников В. Эхо ядерного взрыва. "Гудок" 16 мая 1990 г.
26. Павлов И.В. Радиационная опасность для населения и производственного персонала, связанная с эксплуатацией объектов топливно-энергетического комплекса. Справка. Фонды ВНИПИПромтехнологии, 1997. - 4 с.
27. Энергетика и охрана окружающей среды. /Кол. авторов под ред. Н.Г. Залогина, Л.Н.Кроппа и Ю. М. Кострикина. - М.: Энергия, 1972. - 92 с.
28. Губарев В. Наш друг -атомная бомба. "Парламентская газета" 12 мая 2000 г.

Глава 10

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ ДЛЯ ДРОБЛЕНИЯ РУДНЫХ ТЕЛ, ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВЫБРОСОВ УГЛЯ И ГАЗА, А ТАКЖЕ ЗАХОРОНЕНИЯ ЖИДКИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ В ПОДЗЕМНЫХ ГОРИЗОНТАХ

По мере накопления опыта в ходе проведения подземных испытаний ядерного оружия и осуществления мирных ядерных взрывов стали возникать и обсуждаться, а затем и реализовываться идеи использования ядерно-взрывных технологий для облегчения добычи руд и других минералов из недр земли, а также для захоронения различных промышленных отходов, в частности, жидких отходов в подземных горизонтах.

В конце 60-х годов в СССР участники выполнения Программы "Ядерные взрывы для народного хозяйства" начали искать площадку, на которой можно было бы применить новую технологию для дробления рудных тел.

Следует отметить, что в процессе реализации американской программы "Плаушер" предлагались и рассматривались некоторые методы использования ядерных взрывов для дробления больших рудных тел с последующей переработкой продукции на месте. В большинстве таких предложений предусматривалось использование ядерных зарядных устройств мощностью 20-30 кт, которые должны были размещаться под рудным пластом. Добыча раздробленной породы из столба обрушения должна была осуществляться через штреки, проделанные в этой породе.

В Советском Союзе специалисты-ядерщики совместно с инженерами Московского горного института и сотрудниками ВНИ-ПИПромтехнологии разработали способ, позволяющий использовать для этих целей ядерные взрывы значительно меньшей мощности

(до 5 кт), причем особенно в широко распространенных небольших пластах. Этот способ предполагал прокладку в горной массе вертикальных щелей на расстоянии примерно $45-60 \text{ м/кт}^{1/3}$, то есть за пределами зон дробления породы. Свободная поверхность щели, отражая взрывную ударную волну, значительно увеличивала объем породы, улучшала степень ее раздробленности, а также снижала уплотненность руды, добытой таким способом [1,2]. Считалось, что подобным образом можно раздробить руды в 5-10 раз больше, чем получить ее в столбе обрушения при такой же мощности взрыва. Кроме того, вертикальная щель значительно ослабляла ударную волну при ее дальнейшем распространении, защищая тем самым другие выработки и объекты, расположенные за этой щелью. Под массивом раздробленной руды должна была прокладываться сеть штреков для добычи руды обычными выгребными способами.

При реализации такого проекта использовался метод уменьшения загрязнения рудного тела радиоактивными продуктами взрыва с помощью специального устройства, описанного ниже.

10.1. ОПЫТЫ ПО САМОЗАХОРОНЕНИЮ РАДИОАКТИВНЫХ ПРОДУКТОВ ВЗРЫВОВ И ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ "ДНЕПР"

Одной из значимых технологических особенностей проекта дробления рудных тел было создание системы управления радиационными эффектами взрыва. Суть ее состояла в том, что по специально оборудованному каналу вывода активности (КВА), соединенному с концевым боксом, продукты взрыва выбрасывались в свободный, находившийся вне рудного тела, изолированный объем (камера захоронения), где они и локализовались. Прототипом такой "редакции" взрыва можно считать эксперимент "Марвел" (Marvel), проведенный в США на Невадском полигоне в 1967 г. (См. табл. 1.6. в главе 1), а также эксперименты, которые проводились на бывшем Семипалатинском полигоне в штольнях 148/1 и 148/5 и на других объектах [3]. Целью эксперимента "Марвел" было каналирование гидродинамической энергии и перемещение части радиоактивного расплава на 100 м вниз по трубе диаметром 1 м [2].

Необходимо отметить, что в СССР для изучения механизма управления распределением радионуклидов в горном массиве было осуществлено 9 взрывов, 6 из которых - на Семипалатинском полигоне. Первые эксперименты такого рода на этом полигоне были проведены в 1968 г. на объектах "Телькем-1" и "Телькем-2" (См. главу 6). Взрывы на этих объектах осуществлялись в вертикальных скважинах. Было рассчитано так, чтобы в скважине ниже расположения заряда еще до некоторой глубины оставалось

свободное пространство, в которое, как предполагалось, будут отброшены образующиеся при взрыве радионуклиды, в результате чего может уменьшиться доля активности, выбрасываемой на поверхность земли вместе с грунтом. В ходе этих экспериментов были отмечены положительные эффекты проводимых в такой "редакции" ядерных взрывов.

Еще два взрыва также в целях изучения механизма управления распределением радионуклидов были произведены на Семипалатинском полигоне в штольнях 148/1 в 1971 г. и 148/5 в 1974 г. Схема проведения экспериментов в этих двух штольнях, а также в Мурманской области на объектах "Днепр-1" в 1972 г. и "Днепр-2" в 1984 г. была практически одинаковой и заключалась в следующем: взрывная камера, в которой находилось ядерное взрывное устройство, соединялась каналом выведения активности, состоящим из трубы большого диаметра, с камерой захоронения, чем являлась обычная горная выработка. Из полости взрыва по каналу вывода активности, длина которого могла быть равна нескольким десяткам метров, в камеру захоронения выбрасывались радиоактивные продукты, испаренный материал зарядного контейнера, а также значительная часть испаренной и расплавленной породы. Истечение материалов по трубе начиналось сразу после подрыва заряда и продолжалось, по всей вероятности, несколько десятых долей секунды, то есть до окончания образования полости. Таким способом можно было значительно уменьшить уровень радиоактивного загрязнения околополостного пространства, а также степень вероятности загрязнения дробящегося рудного тела.

После успешно осуществленного 16.12.1974 г. взрыва в штольне 148/5 горного массива Дегелен была вскрыта камера направленного захоронения для ее обследования и отбора проб. Вскрытие и обследование камеры и анализ отобранного материалы проводили специалисты ВНИИЭФ [1,4]. Полученные при этом результаты подтвердили предположение о том, что применение способа управления радиационными эффектами взрыва позволяет снизить загрязнение раздробленной руды и радиационную опасность использования ядерно-взрывных технологий в промышленных целях.

10.1.1. ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОПЫТОВ "ДНЕПР-1" И "ДНЕПР-2"

Известно, что подземная разработка мощных рудных месторождений по принятой в горном деле технологии обычно велась по принципу этажного принудительного обрушения. Для дробления блока с запасами руды около 1 млн. тонн осуществлялась

проходка 2-4 км горных выработок (штолен и штреков), в которых в разное время использовалось до 500-600 тонн химических взрывчатых веществ. Стоимость проходки выработок, бурения шпуров, взрывчатых веществ, а также трудовые затраты на дробление в сумме могли составлять 30-40% от стоимости руды.

Возможность использования колоссальной энергии, сосредоточенной в малом по массе ядерном заряде, позволяла упростить технологию разработки мощных рудных месторождений, а также свести к минимуму сроки проведения и стоимость подготовительных работ, необходимых для дробления больших объемов руды.

Первый эксперимент с использованием новой методики (то есть ядерно-взрывной технологии), получивший название "Днепр-1", был проведен 04.09.1972 г. на апатитовом (фосфатном) месторождении Куэльпор, расположенном примерно в 21 км на север от города Кировск на Кольском полуострове и в 150 км от финской границы. Для проведения этого эксперимента на месторождении был выбран отдельный участок, который включал в себя часть рудного тела толщиной (по высоте) 30-60 м и длиной около 200 м. На территории этого участка находились две штольни, а также временные жилые и служебные постройки.

В эксперименте "Днепр-1", схема проведения которого показана на рис. 10.1, был реализован предложенный специалистами ВНИПИПромтехнологии способ дробления рудных тел с помощью ядерного взрыва. Предварительно были пройдены вертикальная экранирующая (отрезная) щель и горизонтальная подсечка, которая при взрыве являла собой свободную поверхность и компенсационное пространство, снижающее степень уплотнения отколотой и раздробленной руды.

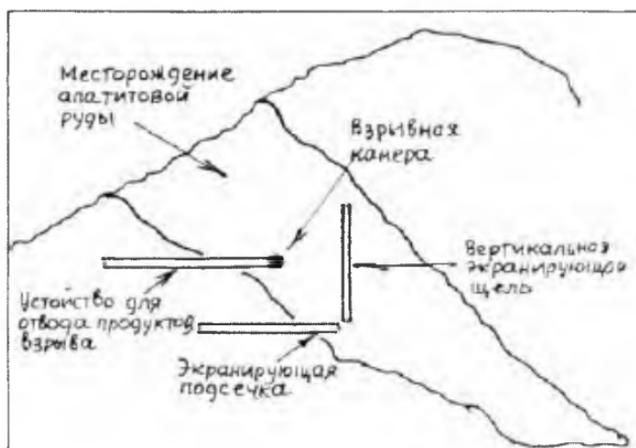


Рис. 10.1. Схема эксперимента «Днепр-1» по дроблению апатитовой руды

Ядерное взрывное устройство мощностью 2,1 кт было размещено во взрывной камере в нижней части рудного тела, что могло способствовать значительному уменьшению степени радиоактивного загрязнения руды. Радиоактивные продукты взрыва должны были отводиться в пустые породы на расстояние до 120 м от центра взрыва [5].

В ходе эксперимента "Днепр-1" необходимо было решить следующие задачи:

- оценить степень механического и сейсмического воздействия взрыва на подземные выработки и постройки, расположенные на поверхности земли, установив расчетные зависимости для использования их в дальнейшем при прогнозировании последствий и проектировании подобных взрывов;
- определить качество дробления и возможности добычи руды обычными методами, используемыми в горных работах;
- отработать в реальных условиях рудника параметры технологии дробления руды ядерным взрывом (расположение зарядов, конструкция забивочного комплекса и устройства для отвода в сторону продуктов взрывов, параметры отрезной щели, подсечки и др.);
- оценить возможность и эффективность отвода радиоактивных продуктов в пустые породы за границы рудного тела;
- провести в реальных условиях промышленной разработки опытную проверку мероприятий, обеспечивающих безопасное ведение горных работы в зоне взрыва;
- оценить степень влияния радиационных факторов взрыва на окружающую среду, флору и фауну.

Взрывом "Днепр-1" был раздроблен блок апатитной руды линейным размером 50×50×50 м, результатом чего стала добыча 400 тыс. тонн руды. Было установлено, что качество дробления с помощью ядерного взрыва значительно выше, чем при использовании принятой в горном деле технологии. Расход химических ВВ на вторичное дробление негабаритных кусков руды после ядерного взрыва был в несколько раз меньше, чем это нужно было при обычных способах обрушения рудного тела, и составлял 12-13 г ВВ на тонну руды вместо 800-1000 г/т при использовании обычных методов. Раздробленная руда свободно истекала из выпускных отверстий на горизонт скреперования в необходимых объемах.

Камера захоронения на объекте "Днепр-1" была вскрыта через 3,5 года после взрыва с помощью горной выработки, подошедшей к ней сбоку на расстоянии 1-2 м от забоя. Визуальное непосредственное обследование камеры захоронения проводили сотрудники ВНИИПромтехнологии, Радиевого института и ВНИИТФ. Для этого

они вошли в нее через образовавшееся отверстие. Более детальное обследование камеры захоронения было проведено в 1978 г., когда радиационная обстановка относительно нормализовалась.

После взрыва произошло увеличение поперечного сечения камеры захоронения. Стенки камеры почти повсеместно, исключая зоны обрушения, были покрыты застывшим расплавом всевозможных форм течения, иногда из них выступали многочисленные застывшие капли и гранулы. В забое камеры были видны потоки расплава, которые в сочетании со струями расплава, стекавшего со стенок камеры, образовали мощный карниз и лавовый поток, погребенный под навалом обрушенных пород. Были отобраны пробы расплава.

В лабораторных условиях проводились физико-химические и радиохимические исследования образцов расплава. По концентрации тугоплавких осколочных радионуклидов, делящегося материала, а также индикаторов было установлено, что выброшенный в камеру захоронения расплав представляет собой смесь сконденсировавшейся испаренной породы, материалов заряда и расплава породы.

По результатам радиохимических анализов образцов расплава было установлено, что из полости взрыва в камеру захоронения выведено ~85% продуктов деления и делящегося материала. Труба, использовавшаяся в качестве канала вывода активности (КВА), за счет процессов абляции и растворения, была смыта первой порцией испаренной и расплавленной породы, общая масса которой составляла 350-500 т. На расстоянии 40 см от передней стенки контейнера с зарядом был установлен нерадиоактивный индикатор. Анализ образцов на его содержание показал, что индикатор растворился в 500-тонной испаренной и расплавленной породе. Результаты расчетов, выполненные на основании данных радиохимических анализов, свидетельствуют о том, что из полости взрыва в камеру захоронения было выброшено 750 ± 100 т испаренной и расплавленной породы.

Место расположения концевых боксов в горе было выбрано так, чтобы при заданной мощности взрыва в условиях залегания опытного блока получить максимальный эффект дробления породы и при этом не допустить динамического прорыва (выброса) радиоактивных продуктов взрыва в атмосферу через покрывающие рудное тело породы. Чтобы исключить попадание радиоактивных продуктов в технологическую и некоторые другие штольни, в выработках был возведен забивочный комплекс из щебня, бетона и герметизирующих элементов.

Второй взрыв на этом же месторождении был осуществлен 27.08.1984 г., то есть через 12 лет после взрыва "Днепр-1".

Во втором взрыве, названном "Днепр-2", одновременно были подорваны два ядерных заряда каждой мощностью 1,7 кт. Заряды были размещены в отдельных штреках на расстоянии 75 м один от другого. Схема их размещения приведена на рис. 10.2.

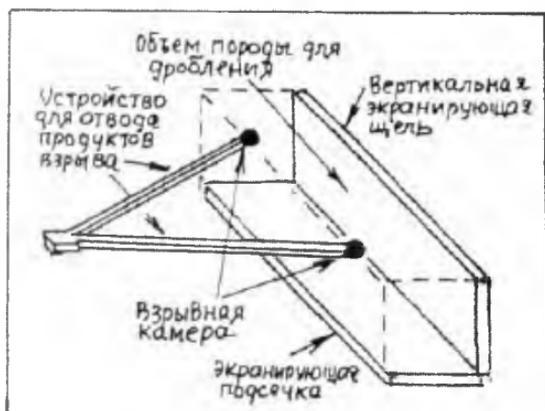


Рис. 10.2. Схема эксперимента «Днепр-2» по дроблению апатитовой руды двумя ядерными взрывами

В ходе этого эксперимента предполагалось за счет встречного движения ударных волн повысить эффективность дробления и объем раздробившейся массы рудного тела.

Так же, как и при взрыве "Днепр-1", была применена схема отвода продуктов взрыва из полостей через стальные трубы большого диаметра протяженностью по 120 м в специально подготовленную камеру, расположенную в стороне от рудного тела.

При подготовке второго взрыва снова была сооружена вертикальная экранирующая щель на расстоянии 50 м от взрывных камер. Высота этой щели была равна 90 м, а ширина - 125 м. Экранирующая подсечка была прорыта под блоком руды и предназначалась для тех же целей, что и при взрыве "Днепр-1".

В эксперименте "Днепр-2" ударной волной взрыва был раздроблен рудный блок объемом $50 \times 125 \times 90 \text{ м}^3$. По результатам расчетов установлено, что всего в обоих опытах было раздроблено более 1,5 млн. тонн апатитной руды. За период с 1972 г. по 1990 г. на руднике Кузельпор было извлечено для промышленных целей 396 тыс. тонн раздробленной руды стандартным выгребным методом через штреки, прорытые под навалом руды [2].

Результаты анализов проб добытой руды свидетельствовали о том, что концентрация радиоактивных веществ в ней, как правило, не превышала допустимых уровней. Так, содержание стронция-90 в руде в среднем было менее 2 Бк/кг, а цезия-137 - менее 5 Бк/кг.

Условия горных работ не требовали каких-либо ограничений, поскольку параметры радиационной обстановки на рабочих местах практически не отличалась от фоновых величин.

Концентрация радионуклидов в атмосфере горных выработок, в рудничных водах и в местных водоемах не превышала допустимых по нормативам того времени уровней. Лишь концентрация трития в рудничной воде превышала допустимый для питьевой воды уровень в 1,5-2 раза [5]. После попадания вытекающей из рудника воды в местный ручей концентрация трития в ней становилась значительно ниже уровня, допустимого для питьевой воды.

При проведении ядерных взрывов на руднике оперативные данные о радиационной обстановке обязательно фиксировались наземными, воздушными и дистанционными средствами контроля. Сведения о методах контроля достаточно подробно изложены в предыдущих главах, например, в главе 7. После взрывов отмечалось просачивание радиоактивных инертных газов (РИГ) по образовавшимся трещинам, особенно на вершине горы по линии наименьшего сопротивления (ЛНС).

10.1.2. РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА НА ОБЪЕКТАХ "ДНЕПР" ПОСЛЕ ВЗРЫВОВ

На объекте "Днепр-1" выход радиоактивных продуктов на поверхность начался через 20 с после взрыва. Единственным местом выхода был участок вблизи ЛНС (северо-восточный склон г. Куэльпор). Истечение имело напорный характер. На третьей минуте после взрыва мощность дозы гамма-излучения вблизи источника достигла максимального значения, равного 8 мГр/ч, после чего стала снижаться. Уже через 0,5 ч после взрыва она составила 2 мГр/ч, а через 9 ч - 3,5 мкГр/ч. Спустя 70 часов после взрыва регистрируемые значения мощностей доз достигли фоновых значений, то есть поступление на поверхность радиоактивных продуктов прекратилось. Выходившие из трещин в горе газы были представлены главным образом наиболее долгоживущими изотопами криптона и ксенона и практически не содержали вторичных аэрозолей (последние нередко накапливались в уже отобранной пробе). Радиоизотопный состав и суммарная активность благородных газов зависели от возраста пробы. Так, в пробе, отобранной через 4 ч после взрыва, основными компонентами были криптон-88, ксенон-133 и ксенон-135; объемная активность газов в пробе находилась на уровне 4×10^6 Бк/м³ (10^{-7} Ки/л).

Истечение продуктов взрыва привело к образованию радиоактивной струи сложной конфигурации и большой протяженности. Еще в районе эпицентра произошло раздвоение струи, которое

было обусловлено тем, что высота подъема радиоактивных газов была ниже высоты расположения г. Куэльпор, вследствие чего выходящие газы под действием ветра северных направлений вынуждены были огибать гору с запада и востока. Головная часть западной (меньшей) ветви струи вышла в район ущелья технологической штольни и далее направилась на юг по долине реки Кунийок к г. Кировску. Основной (восточный) рукав струи, первоначально ориентированный в юго-восточном направлении, претерпел дополнительные разветвления, но, в конечном итоге, большая его часть объединилась с западным рукавом севернее г. Кировска, откуда продукты взрыва стали распространяться в южном направлении.

На начальном пути распространения радиоактивных продуктов (от рудника "Новый" до г. Кировска) имело место повышение уровней радиации (в отдельных пунктах наблюдения до 0,5 мГр/ч). Максимальное значение мощности дозы гамма-излучения было зафиксировано в период прохождения над пунктом наблюдения головной части струи. Поскольку перемещение загрязненных воздушных масс после взрыва происходило с достаточно большой скоростью (около 40 км/ч), то после ухода головной части струи стал происходить медленный спад мощности дозы гамма-излучения. Головная часть струи характеризовалась наличием аэрозольной составляющей. По результатам анализа воздушных проб, которые были отобраны около земли в пункте наблюдения УДО-1, расположенного в 16 км к югу от рудника "Новый", было установлено, что в них основными компонентами были рубидий-88, цезий-138 и барий-139. Максимальные концентрации этих короткоживущих радионуклидов примерно через 1 ч после взрыва составили $8,1 \times 10^6$, $2,0 \times 10^7$ и $1,7 \times 10^6$ Бк/м³, соответственно. Кроме них в пробах были обнаружены стронций-89, стронций-90, цезий-137 и барий-140.

Наблюдение с помощью самолета за радиоактивной струей в дальней зоне показало, что в день взрыва ее распространение происходило по азимуту 175°. На второй день азимут составил 125°. В воздушных пробах, отобранных из струи на расстоянии 50 км от эпицентра через 1,5 часа после взрыва, содержались ксенон-135 ($1,5 \times 10^5$ Бк/м³), ксенон-133 ($2,6 \times 10^3$ Бк/м³) и цезий-137 ($3,7 \times 10^2$ Бк/м³).

По пути распространения струи за счет выпадения из нее аэрозолей имело место загрязнение радионуклидами местности и воды открытых водоемов. На отдельных территориях из-за интенсивного вымывания аэрозолей атмосферными осадками загрязнение было достаточно высоким, однако, благодаря тому, что выпавшие

радионуклиды в основном были короткоживущие, уже через несколько дней загрязнения не отмечалось.

Согласно данным дозиметрического контроля индивидуальные дозы внешнего облучения участников работ и персонала, обследовавшего эпицентральною зону, составляли 0,50-0,65 сЗв (50-65 мбэр), а населения г. Кировска, пос. Кукисвумчор и рудника Кировский - 0,03-0,005 сЗв (3-5 мбэр) при нахождении их в помещениях и 0,30-0,40 сЗв (30-40 мбэр) - вне зданий. Величины этих доз были существенно меньше установленных дозовых пределов суммарного внешнего и внутреннего облучения однократно либо за год как персонала, так и ограниченной части населения, равных, соответственно, 5 и 0,5 сЗв. Таким образом взрыв "Днепр-1" не представлял радиационной опасности для окружающей среды. Кроме того, этот взрыв был осуществлен без нарушения Московского договора от 1963 г., поскольку радиоактивные вещества, попавшие в атмосферу после взрыва, не вышли за пределы страны.

Радиационная обстановка в эпицентральной зоне взрыва "Днепр-2" находилась на уровне фона в течение 8 часов. Затем началось малоинтенсивное (слабонапорное) истечение радиоактивных продуктов, которое характеризовалось импульсностью и длилось 10 дней. Вопреки ожиданиям, местами утечки радиоактивных газов явились трещины в окрестностях обоих эпицентров. Что касается герметизирующих участков, то они, как и при взрыве "Днепр-1", полностью выполнили свое назначение, не допустив выхода радиоактивных веществ в атмосферу через устья штолен. Распространение вышедших газов происходило примерно по тем же траекториям, что и при первом эксперименте. Максимальные значения мощности дозы гамма-излучения на объекте "Днепр-2" были зарегистрированы на расстоянии ~800 м от эпицентров взрывов к юго-востоку от них и составляли 3-4 мГр/ч через 13, 15, 39 и 41 ч после взрыва. В последующие часы и вплоть до прекращения процесса истечения мощности доз гамма-излучения в эпицентральной зоне не превышали 0,01 мГр/ч. Уровни радиации в г. Кировске на второй день после взрыва находились в пределах 0,4-0,9 мкГр/ч, а на третий день достигли фоновых величин.

Радиоактивные газы в струе интенсивно рассеивались, и на удалении 120 км их уже невозможно было идентифицировать как свежие продукты деления.

В период функционирования источника проводились измерения уровней загрязнения вторичными аэрозолями приземного воздуха в 4 пунктах наблюдения, а также анализ проб выпадений, отобранных в 17 пунктах. Полученные результаты свидетельствовали о том, что содержание радиоактивных примесей в пробах не

превышало величин обычного природного фона. Аналогичные данные были получены при анализе проб почвенно-растительного покрова и поверхностных вод, отобранных после прекращения функционирования источника. Правда, из-за "встряски" горного массива при взрыве произошло увеличение концентраций трития и радиоцезия в рудничной воде и водах реки Кунийок, однако оно не было масштабным и продолжительным.

Радиационная обстановка на объекте "Днепр-2" после взрыва не требовала проведения дополнительных мероприятий по обеспечению радиационной безопасности участников работ и населения. Уровни радиации в населенных пунктах незначительно отличались от фоновых величин. Индивидуальные дозы внешнего облучения жителей г. Кировска не превышали 25 мкЗв (2,5 мбэр), а жителей г. Мончегорска, г. Оленегорска и пос. Ловозеро - 1 мкЗв (0,1 мбэр).

В целом уровень радиоактивного загрязнения окружающей среды после взрыва "Днепр-2" был значительно ниже, чем после взрыва "Днепр-1".

10.1.3. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОБЪЕКТОВ "ДНЕПР"

Использование ядерно-взрывного устройства для дробления рудных тел на опытном участке месторождения Куэльпор позволило своевременно завершить все запланированные проектом работы и успешно решить ряд важных научных задач. В 1992 г. объект "Днепр" был законсервирован. Однако до настоящего времени на его территории эпизодически проводится радиационный контроль, поскольку из рудника продолжает вытекать вода, содержащая радиоактивные вещества. Рудничные воды являются основными носителями радионуклидов, которые продолжают поступать из штреков в окружающую среду. Контроль за их содержанием в рудничных водах ведется со времени проведения первого ядерного взрыва "Днепр-1", то есть с 1972 г. Основное внимание при этом уделяется определению содержания в воде таких долгоживущих радионуклидов, как стронций-90, цезий-137, плутоний-239 и тритий. Кроме того, на промплощадке ведется контроль за содержанием этих радионуклидов и в водах рек и озер системы Имандры, куда в итоге поступают рудничные воды.

За более чем 20-летний период наблюдения за состоянием вод на объекте "Днепр" не было зафиксировано случаев превышения допустимой концентрации в рудничной воде стронция-90, цезия-137 и плутония-239. По результатам анализов проб рудничной воды, выполненных специалистами Радиевого института им. В.Г. Хлопина в 1989-1990 гг., содержание в них стронция-90 в

среднем составляло 0,03 Бк/л, а цезия-137 - 0,05 Бк/л, что в тысячу раз меньше допустимой концентрации этих радионуклидов в питьевой воде. Содержание плутония-239 было ниже 0,01 Бк/л, а трития значительно выше, чем перечисленных радионуклидов.

Так, в 1989 г. концентрация трития в рудничной воде находилась на уровне двух значений допустимых концентраций, к настоящему времени она снизилась до допустимых величин. Рудничные воды поступают в реку Кунийок, где происходит их разбавление водой более чем в 4000 раз. В озере Имандра концентрация трития соответствует уровням глобального фона, характерного для водных систем Европейской части России. Таким же уровням соответствуют и концентрации стронция-90 и цезия-137 в водоемах системы реки Кунийок-озера Имандра.

Следует сказать о том, что проведенные в натуральных условиях конкретного апатитового месторождения экспериментальные работы с использованием ядерно-взрывных технологий позволили впервые в мировой практике получить данные, на основе которых появлялась возможность обоснованно решать все вопросы, связанные с применением ядерных взрывов для дробления не только апатитового сырья, но и других различных рудных тех с целью их последующей добычи.

Кроме того, важное значение для науки имели и результаты проводимых на объекте "Днепр" научных исследований, которые позволили уточнить механизм воздействия ударной волны ядерного взрыва при дроблении рудных тел. В частности, было установлено, что в зависимости от свойств породы величину радиуса дробления можно оценивать по формуле $R_{др} = 35-45 \text{ м/кт}^{1/3}$, а вновь образованные трещины могут проследиваться до расстояний $R_{тр} = 70-100 \text{ м/кт}^{1/3}$ [6].

Добытая с помощью ядерного взрыва на месторождении Куэльпор апатитовая руда была принята на учет, однако отсутствие дорог не позволяет до сих пор отправить ее на обогатительные фабрики.

10.2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ВЫБРОСА УГЛЯ И ГАЗА

В ходе выполнения Программы № 7 в бывшем СССР было осуществлено достаточно большое количество ядерных взрывов для отработки, а затем и использования ядерно-взрывных технологий при решении различных промышленных задач, о чем свидетельствуют представленные выше материалы, кроме, пожалуй, одной - предотвращение внезапных выбросов угля и газа. Для решения

этой задачи, имеющей важное значение для экономики, был произведен лишь один взрыв.

10.2.1. ПРОБЛЕМЫ АВАРИЙНОСТИ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

Необходимо отметить, что в различных угольных бассейнах страны многие разрабатываемые угольные пласты являются опасными для шахтеров с точки зрения внезапных выбросов из этих пластов угля и газа. Известно, что с увеличением глубины разработки увеличиваются горное давление и напряженность во вмещающих породах, в результате чего возрастает вероятность внезапного выброса угольной пыли и газа, а значит и возможность гибели шахтеров. Так, на шахте "Юнком" ("Юные коммунары") в г. Енакиеве Донецкого бассейна за последние 15 лет было зафиксировано 235 таких внезапных выбросов, что стало причиной гибели 60 шахтеров [1].

В конце 70-х годов ученые из Института технической теплофизики Академии наук Украины и ВНИПИпромтехнологии высказали предположение, что с помощью ударной волны относительно слабого ядерного взрыва можно раскрыть зарождающиеся в породе трещины, уравнивать напряжение и таким образом избежать возникновения внезапных выбросов угольной пыли и газа. Причиной такого предположения стали результаты наблюдений за работой шахт на Сахалине, где отсутствие таких выбросов связывалось с повышенной частотой землетрясений в этом регионе [2].

По одобренному Министерствами угольной промышленности СССР и Украины предложению специалистов Института горного дела им. А.А. Скочинского и производственного объединения "Орджоникидзугуоль" было решено провести на шахте "Юнком" (г. Енакиеве Донецкой области) эксперимент по проверке эффективности использования подземного ядерного взрыва для предотвращения внезапных выбросов угля и газа. Этот эксперимент, для проведения которого были выбраны наиболее взрывоопасные угольные пласты, получил условное название "Кливаж".

10.2.2. РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА НА ОБЪЕКТЕ "КЛИВАЖ"

Эксперимент проводился 16.09.1979 г. На глубине 903 м от дневной поверхности восточного крыла шахтного поля был осуществлен ядерный взрыв мощностью 0,3 кт. Заряд размещался между наиболее опасными угольными пластами: в 45 м под пластом "Девятка" и в 31 м над пластом "Кирпичевка". Зарядная камера была сооружена в наклонном штреке, пройденном с горизонта 826 м.

Небольшая мощность взрыва определялась требованиями обеспечения сейсмической безопасности шахтных стволов и основных выработок, а также промышленных и жилых зданий в районе шахты "Юнком" и в городе Енакиево. Песчаная порода вокруг зарядной камеры должна была способствовать локализации продуктов взрыва в труднорастворимом расплаве и сведению к минимуму выноса радиоактивности из полости взрыва. В наклонном штреке был сооружен забивочный комплекс для предотвращения выхода продуктов взрыва в другие шахтные выработки или на поверхность.

На рис. 10.3 приведена фотография приемного пункта автоматики (ППА), расположенного вблизи приустьевой площадки, а на рис. 10.4 - фотография командного пункта автоматики (КПА) во время проведения опыта "Кливаж".

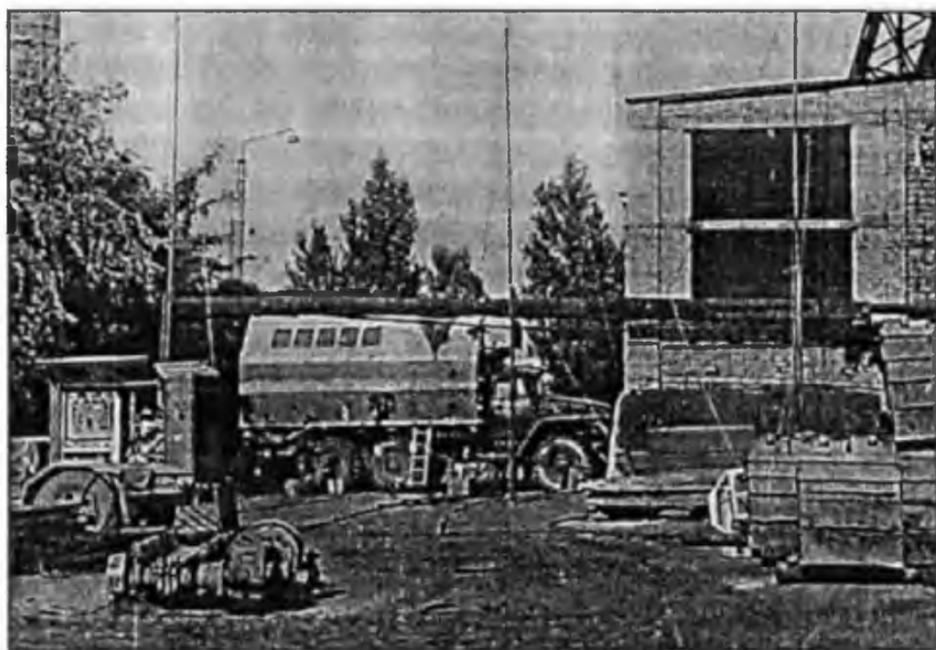


Рис. 10.3. Приемный пункт автоматики вблизи приустьевой площадки объекта «Кливаж»

Через сутки после взрыва были обследованы все подземные выработки в шахте. Существенных повреждений отмечено не было, исключение составили обрушения породы на одном из сопряжений лавы с вентиляционным штреком. Наблюдались также отдельные вывалы кусков породы и осыпание мелочи с кровли и боков выработок.

В целом можно отметить, что ядерный взрыв не вызвал осложнений в работе как самой шахты, так и близлежащих предприятий.



Рис. 10.4. Общий вид командного пункта автоматики во время проведения опыта «Кливаж»

Не отразился он и на жизнедеятельности населения г. Енакиево. Сейсмическая и радиационная безопасность, как и предусматривалось проектом, была соблюдена в полном объеме. На пятые сутки после взрыва шахта работала в своем обычном режиме, выдавая на гора уголь.

На рис. 10.5 приведена фотография руководителей и активных участников эксперимента "Кливаж" после выхода их из шахты.

Результаты анализа обширного экспериментального материала, полученного в ходе проведения этого опыта, позволяют утверждать, что загрязнения объектов внешней среды конденсированными радиоактивными продуктами ядерного взрыва не произошло. Это было обеспечено надежным забивочным комплексом, который в течение 16 часов удерживал РБГ в замкнутом пространстве. Через 16 ч после взрыва в газах центральной зоны забивочного комплекса практически отсутствовали короткоживущие изотопы криптона и ксенона, распад которых, как известно, приводит к образованию радиоактивных аэрозолей. По этим же причинам не наблюдалось загрязнения стенок шахты, шахтного оборудования, транспортных средств и спецодежды.

Как уже отмечалось выше, имевшее место поступление радиоактивных благородных газов в атмосферу не представляло опасности для населения, поскольку это поступление было незначительное и к тому же растянуто во времени.



Рис. 10.5. Участники опыта «Кливаж» после выхода из шахты

Не было обнаружено и значимых превышений мощности дозы гамма-излучения, а также концентраций радиоактивных веществ в эксплуатирующихся участках шахты и на дневной поверхности, поэтому на объекте не было необходимости выделять санитарно-защитные зоны. Достаточным стало установление лишь "дисциплинирующей" проницаемой для воздуха двери перед гермоэлементом 4.

Вследствие сложившейся благоприятной обстановки в момент и после взрыва никакого облучения персонала, работников шахты и населения, проживавшего вблизи шахты, в период проведения работ не отмечалось, за исключением персонала, работавшего у гермоэлементов и анализировавшего отобранные пробы. Фактически эквивалентная доза внешнего облучения их составила $10^4 \div 10^3$ Зв (0,01-0,1 бэр).

Результаты обследований объекта, проведенных в 1980-1982 гг., свидетельствовали о том, что эффективное расстояние устранения опасных выбросов составляло 150 м, но и на более дальних расстояниях наблюдалось значительное уменьшение количества и интенсивности выбросов породы и газа.

В процессе подготовки и ведения горных работ в ближайших к центру взрыва угольных пластах уровни радиации в выработках и

лавах имели фоновые значения, характерные для угленосной толщи, поэтому никаких осложнений не было для продолжения в них работ [1,5].

Проведенный эксперимент позволил улучшить технико-экономические показатели работы шахты. Непосредственно в зоне взрыва при работе во выбросоопасных пластах было добыто около 800 тыс. тонн угля.

Последние детальные обследования радиационной обстановки на шахте "Юником" и в ближайших окрестностях проводились осенью 1991 г., в ходе которых измерялись уровни радиации в выработках и на поверхности, определялось содержание радионуклидов в шахтной воде и донных отложениях по пути стока сбросных вод на поверхности земли.

По результатам обследований было установлено, что мощности экспозиционной дозы на дневной поверхности у ствола шахты и в поселке шахтеров составляли 12-15 мкР/ч, что соответствовало уровню естественного фона. На горизонтах 826 м и 936 м мощности доз были равны 12-25 мкР/ч, что также не превышало обычного для этих горизонтов уровня. И только в местах выхода природных урано-ториевых минералов уровень радиации повышался до 40 мкР/ч и более.

Анализ проб шахтной воды показал, что содержание цезия-137 в ней не превышало 7 Бк/л, то есть его объемная активность почти в 100 раз была ниже допустимой концентрации этого радионуклида в питьевой воде. Содержание трития в пробах было в 50 раз ниже установленных пределов.

В сбросных водах вне шахты, которые являлись основным каналом выхода радионуклидов в окружающую среду, концентрация стронция-90 была равна 0,0002 Бк/л, а цезия-137 - 0,01 Бк/л, что в 4-5 тыс. раз ниже допустимой концентрации этих радионуклидов в питьевой воде. Был проведен анализ проб воды и ила, которые отбирались по пути движения сточных вод, а именно, в прудах-отстойниках и в реке Булавинка. По результатам анализа этих проб было установлено, что концентрация стронция-90 в воде пруда-отстойника не превышала 3,5 Бк/м³, а цезия-137 - 23 Бк/м³. Удельная активность цезия-137 в иле была равна 60 Бк/кг. В воде реки Булавинка содержание стронция-90 составляло 20 Бк/м³, а цезия-137 - 50 Бк/м³, что было близко к уровню глобального естественного фона. Интересно отметить, что в пробах ила кроме цезия-137 был обнаружен и цезий-134. Это свидетельствовало о присутствии в объектах окружающей среды в основном глобальных выпадений, а также продуктов аварии на Чернобыльской АЭС.

Таким образом, результаты более чем 10-летнего радиационного контроля в районе проведения эксперимента "Кливаж" свидетельствовали о том, что этот эксперимент не оказал какого-либо вредного влияния на радиоэкологическое состояние прилегающего к шахте района. Объект "Кливаж" и в настоящее время находится в опытно-промышленной эксплуатации.

По решению Министерства угольной промышленности СССР, положительно оценившего результаты опыта "Кливаж", предполагалось осуществить второй подобный взрыв на шахте им. Румянцева вблизи г. Горловка Донецкой области. Однако из-за моратория на ядерные испытания, а затем и распада Советского Союза это решение не было реализовано.

Негативной стороной эксперимента "Кливаж" было то, что он проводился в тайне от местного населения. Это стало причиной возникновения различного рода кривотолков, а также подозрений относительно достоверности полученных результатов. В ряде статей [7-9 и др.] цитировались высказывания бывшего директора шахты "Юнком" В.Г. Ревского: *"В результате проведенных непосредственно в шахте измерений и исследований можно считать, что эффект влияния эксперимента "Кливаж" чрезвычайно мал... Эксперимент практически не повлиял на снижение выбросоопасности."* Далее он утверждал, что вызванное аварией на Чернобыльской АЭС радиоактивное загрязнение окружающей среды затруднило интерпретацию данных, полученных в ходе радиоэкологического обследования шахты и ее окрестностей.

Спорить, вероятно, не нужно, поскольку "один опыт - не опыт"... А больше таких экспериментов не проводилось.

10.3. ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЯДЕРНО-ВЗРЫВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ЗАХОРОНЕНИИ ОПАСНЫХ ПРОМСТОКОВ

Проблема захоронения промышленных отходов в Советском Союзе возникла в результате быстрой его индустриализации, когда появившиеся в больших количествах отходы различных предприятий и отраслей народного хозяйства, причем особенно жидкие отходы нефтехимической промышленности, при отсутствии условий их переработки стали сбрасываться в реки, озера и другие водоемы. В стране появилась угроза ухудшения качества питьевой воды во многих городах и поселках, а значит и здоровья населения.

Что же такое "захоронение жидких промышленных отходов"? Захоронение - это размещение в недрах земли или горных выработках биологически вредных отходов различных производств,

обеспечивающее безопасное для человека и окружающей среды хранение этих отходов в течение длительного или практически неограниченного времени [10].

Биологическая опасность промышленных отходов различна и зависит от состава загрязняющих компонентов. Особенно большой ущерб водоемам наносят промстоки, содержащие в больших количествах нефтепродукты и различные минеральные вещества. В ряде промышленных районов страны загрязнение бассейнов рек и других водоемов приняло угрожающий характер, причем, наряду с загрязнением поверхностных водоемов, происходит и загрязнение пресных подземных вод на небольших глубинах. Особенно сильно загрязнены водоемы районов, прилегающих к таким центрам нефтехимической промышленности, как, например, города Пермь, Казань, Уфа, Самара, Березники и др. Концентрации вредных веществ в открытых водоемах таких районов из-за сброса в них жидких промышленных отходов может превышать предельно допустимые уровни в 100 и более раз [5].

Одним из способов обезвреживания промстоков, трудноподдающихся очистке, является закачка их в глубоководные подземные горизонты через обычные скважины. Так, например, в США ежегодно через 50 скважин закачивается в глубокие подземные горизонты свыше 400 млн. м³ токсичных промстоков. Однако этот метод и в нашей стране, и за рубежом характеризуется рядом ограниченных технологических возможностей. Поэтому определенный интерес могут представлять сведения о способах повышения эффективности использования скважин для удаления промстоков в подземные горизонты.

Естественно, лучшим способом не иметь экологических проблем с опасными промышленными отходами – это не иметь самих отходов. Поэтому наиболее радикальным решением такой проблемы, как предотвращение загрязнения окружающей среды промстоками было бы повсеместное внедрение безотходных промышленных технологий. Однако до настоящего времени не разработаны эффективные методы очистки сточных вод, а также промстоков, имеющих высокую минерализацию. В связи с этим как в нашей стране, так и за рубежом в качестве одного из способов избавления от опасных промышленных отходов широко используется закачка их в подземные горизонты. Безусловно, это не идеальный способ для решения сложной экологической проблемы, заключающейся в предотвращении загрязнения окружающей среды промышленными отходами, но его применение позволяет выиграть время для разработки более совершенных методов очистки промстоков и создания для этого необходимых очистных установок или сооружений.

Как уже отмечалось выше, технологические возможности метода подземного захоронения промстоков через обычные скважины ограничены, то есть этот метод имеет ряд существенных недостатков. Во-первых, это низкая приемистость, то есть скорость "приема" стоков; во-вторых, - малая вероятность обнаружения под землей высокопроницаемых пластов-коллекторов; в-третьих, - высокая чувствительность емкости скважины к содержанию взвешенных твердых частиц, содержащихся обычно в промстоках, что является причиной снижения приемистости (в отдельных случаях в 5-10 раз уже в первые месяцы работы скважины) [11].

Следует отметить, что достаточно часто через обычные скважины невозможно бывает закачать необходимое количество промстоков в подземные слои-коллекторы. Например, известны случаи, когда в течение нескольких месяцев количество промстоков, закачиваемых в одну скважину, быстро уменьшалось с 500-600 м³ до 30-50 м³ в сутки. Кроме того, промстоки, химически несовместимые с пластовыми водами и породами пласта-коллектора, быстро образуют осадки, которые закупоривают поры пласта. Превышение содержания взвешенных частиц в промстоках свыше 15-30 мг/л может привести к резкому снижению приемистости обычных скважин. Обычно же взвешенных частиц в промстоках содержится не менее 50-100 мг/л, снижение их содержания до 15-30 мг/л требует дополнительных финансовых затрат [12].

По результатам научных исследований и анализов работы нефтяных промыслов было установлено, что технологические параметры обычных скважин могут быть улучшены, если использовать для этого ряд таких известных способов воздействия на призабойную зону, как соляно-кислотная обработка, гидроразрыв пласта, взрыв зарядов "обычных" взрывчатых веществ. Однако существенного повышения эффективности захоронения промстоков с помощью этих способов достичь так и не удалось. Поэтому для увеличения технологических возможностей скважин при использовании их для подземного захоронения промстоков, содержащих взвешенные частицы, а также химически несовместимых с пластовыми водами, необходимо было применение более мощных средств воздействия на пласт. Таким средством мог быть только ядерный взрыв.

Подземный ядерный взрыв средней мощности может создать в грунте зону с крупными разломами, которые в отдельных случаях расходятся на 100-200 м от места взрыва. Кроме того, полость обрушения грунта может содержать 100-150 тыс. м³ разрушенной и смятой породы со свободным пространством между фрагментами породы порядка 30-50 тыс. м³ [2]. Укрупненный ядерным взрывом

центральный ствол способен обеспечить развернутую поверхность и образовавшийся значительный объем для удаления взвешенных частиц, а большой радиус зоны разрушения способствует образованию огромной площади, через которую жидкость может просачиваться в окружающую породу. Показатели эффективности обычных скважин и скважин, укрупненных ядерным взрывом, при их использовании для подземного захоронения промстоков представлены в табл. 10.1.

Таблица 10.1.

Показатели эффективности использования скважин для удаления токсичных промстоков в глубокие геологические формации [13]

| Наименование параметра | Обычная скважина | Скважина, укрупненная ядерным взрывом |
|---|------------------|---------------------------------------|
| Приемистость жидких промстоков, м ³ /сут | 1500-3000 | 5000-6000 |
| Поверхность фильтрации, м ² | 10-20 | 5000-10000 |
| Объем пустот для отложения взвешенных частиц, м ³ | 5-10 | 15000-20000 |
| Допустимое содержание взвешенных частиц в промстоках, мг/л | 25-50 | до 1000 |
| Возможность закачки промстоков, несовместимых химически с пластовыми водами | исключено | возможно |

Данные табл. 10.1 убедительно свидетельствуют о том, что для захоронения промстоков в недрах земли более эффективны скважины, укрупненные подземным ядерным взрывом.

Чтобы просачивание промышленных отходов и радиоактивных продуктов, выщелачивающихся из стеклообразного расплава, гарантировано не загрязняло источники водоснабжения питьевой водой, геологический слой-коллектор, поглощающий отходы, должен находиться глубоко под землей и быть изолированным от любых подвижных водных пластов [14].

Проблема использования ядерно-взрывных технологий для захоронения опасных промышленных отходов и тем самым улучшения экологической обстановки, особенно в промышленных районах страны, требовала решения следующих задач:

- изучить возможность сооружения укрупненных (обработанных подземным ядерным взрывом) нагнетательных скважин, обладающих высокими технологическими параметрами, для захоронения биологически опасных промстоков в глубоких геологических пластах;
- разработать технологию восстановления зарядных скважин и последующего их использования в качестве нагнетательных;

- определить закономерности миграции радионуклидов с закачиваемыми промстоками по пласту-коллектору, а также условия безопасного использования данной технологии.

Выбор ядерно-взрывных технологий для решения экологических проблем, связанных с увеличением промышленных отходов в результате роста и развития различных производств, был не случаен и определялся тем, что в последние 40-30 лет вопросы охраны окружающей среды и предотвращения загрязнения ее, в частности, гидросферы промышленными сточными водами стали приобретать все большую актуальность [12].

В бывшем Советском Союзе для решения такой важной экологической проблемы было осуществлено два камуфлетных ядерных взрыва в Башкирии, с помощью которых удалось создать полигонные подземные захоронения промышленных стоков. Первый взрыв, названный "Кама-2", был произведен 26.10.1973 г., второй, получив название "Кама-1", - 08.07.1974 г. (См. Приложение 1.1.). По оценкам специалистов стоимость каждого взрыва составляла примерно 10 млн. рублей в ценах начала 80-х годов [15].

10.4. РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ПО ЗАХОРОНЕНИЮ ПРОМСТОКОВ

Площадки "Кама" для создания полигонов подземного захоронения токсичных промстоков были выбраны недалеко от первой площадки "Бутан", на которой осуществлялись ядерные взрывы для интенсификации добычи нефти и газа, а также от площадок "Магистраль", "Сапфир" и "Лира" - площадок для хранения газового конденсата в Башкирии. Глубина закачки промстоков для их захоронения, равная 2000-2100 м, была выбрана с таким расчетом, чтобы полости ядерного взрыва и обрушения грунта находились в середине слоя плотных карбонатных отложений толщиной около 400 м, который надежно изолирован от источников питьевой воды. Для взрывов "Кама" использовались специальные ядерные заряды малого диаметра, а диаметр зарядной скважины определялся требованиями закачки отходов.

10.4.1. ОБЪЕКТ "КАМА-2"

Необходимость подземного захоронения промстоков Стерлитамакского Производственного объединения (ПО) "Сода" определялась той сложной экологической обстановкой, которая создавалась в районе расположения этого химического предприятия в результате того, что его отходы складировались в наземных прудах-накопителях и во время паводков сбрасывались в бассейн

реки Белая. Промстоки сливались в пруды-накопители, которые занимали большие территории и являлись причиной загрязнения опасными продуктами водной среды не только в районе расположения предприятия, но и за его пределами.

Необходимо отметить, что отходы содового производства представляют собой раствор хлористого кальция и хлористого натрия, загрязненный такими различными твердыми примесями, как известняк, гипс, гашеная известь, песок. Жидкая фаза промстоков по химическому составу близка к морской воде, но с существенно большей минерализацией. Твердая фаза - это смесь отходов различных строительных материалов, широко применяемых в подобных отраслях промышленности. Содержание взвешенных частиц в промстоках достигает 100 мг/л, кроме того, эти частицы химически несовместимы с пластовыми водами [5]. По результатам специальных лабораторных исследований отходов содового производства было установлено, что при смешивании промстоков с пластовой водой из подземного горизонта могут образовываться твердые осадки в количестве 1000 мг/л и более. Эти осадки способны быстро закупоривать поры пласта-коллектора и резко снижать приемистость скважины.

К сожалению, и это следует признать, до настоящего времени отсутствуют и в нашей стране, и за рубежом достаточно эффективные способы очистки и уменьшения количества промышленных отходов содового производства. Существуют лишь три альтернативных способа локализации таких отходов: первый и самый надежный способ "борьбы" с отходами - это закрытие содового производства, второй - накопление промстоков в наземных сооружениях с последующим их сбросом во время паводков в ближайший водный бассейн и, наконец, третий - захоронение отходов в глубокие подземные горизонты.

С практической точки зрения закрытие содового производства в г. Стерлитамаке невозможно, поскольку именно в Стерлитамакском Производственном объединении сосредоточен весь выпуск соды в стране, причем самого высокого качества. А сода, как известно, используется для производства технического и бытового стекла, моющих и гигиенических средств, в металлургии и других отраслях промышленности.

Нельзя считать лучшим средством утилизации отходов содового производства и накопление их в прудах-накопителях.

Таким образом, остается признать, что эту сложную проблему может решить экологически правильно организованное подземное захоронение опасных промстоков. С этой целью специалистами нескольких ведущих организаций страны была разработана новая

технология подземного захоронения промстоков через так называемые укрупненные скважины. Особенностью этих скважин стало то, что на рабочий пласт-коллектор воздействовал подземный ядерный взрыв относительно небольшой мощности (См. главу 2).

Опыт эксплуатации объекта "Кама-2" подтвердил выводы об исключительно высоких технологических возможностях укрупненных скважин, сделанные по результатам теоретических оценок этих возможностей. Одним из главных преимуществ укрупненных скважин является то, что через них можно закачивать под землю промстоки, химически несовместимые с пластовыми водами, поскольку образующиеся при их взаимодействии твердые осадки могут задерживаться в созданных взрывом на забое скважины межблочных пустотах, а в рабочий пласт-коллектор будет поступать осветленная жидкость.

На объекте "Кама-2" промстоки ПО "Сода" (в настоящее время это Акционерное общество (АО) "Сода") закачиваются через укрупненную скважину в рабочий горизонт, в котором 26.10.1973 г. на глубине 2026 м был произведен подземный ядерный взрыв мощностью 10 кт. На этой глубине пласт-коллектор содержит высокоминерализованные воды, непригодные для хозяйственного использования. Радиационная безопасность на объекте обеспечивается тем, что рабочий горизонт надежно изолирован от вышележащих пресных вод двумя толщами непроницаемых для жидкости пород - буферным и основным водоупором. Эти водонепроницаемые толщи простираются на десятки километров в разные стороны от скважины и полностью исключают возможность выхода захороненных промстоков на поверхность земли или попадания их в вышележащие пресные воды [11].

За двадцать лет эксплуатации объекта "Кама-2" на нем было захоронено более 23 млн. м³ промышленных отходов [5]. В пласт за это время вместе с жидкостью было внесено свыше 1000 т твердых осадков. Необходимо заметить, что в обычной скважине может быть размещено не более 100 т взвешенных частиц, причем только в тех случаях, когда скважина вскрывает хорошо проницаемый пласт-коллектор с широко развитой естественной трещиноватостью.

Таким образом, можно констатировать, что одна укрупненная скважина по совокупности технологических параметров способна заменить 10-15 обычных буровых скважин.

Промышленное использование на объекте "Кама-2" укрупненной скважины для захоронения биологически вредных промстоков успешно продолжается и в настоящее время. Ежедневно в ней захоранивается 4-5 тыс. м³ отходов [2], что с экономической точки зрения является высокоэффективным мероприятием. В соответствии

с типовой методикой определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий № 254/284/134 от 29.10.1983 г. захоронение в течение 20 лет промстоков на объекте "Кама-2" позволило предотвратить нанесение экологического ущерба в сумме более 70 млн. рублей в ценах 1990 г.

Особое внимание при проектировании работ, связанных с использованием подземных ядерных взрывов для захоронения промстоков, уделялось вопросам обеспечения радиационной безопасности [1].

Выше было отмечено, что проведение ядерного взрыва малой мощности на большой глубине и при надежной герметизации скважины не приносит вреда окружающей среде, поскольку выход радиоактивных продуктов взрыва на поверхность земли при таких условиях полностью исключен. Это - во-первых. А во-вторых, основная часть радиоактивных продуктов (более 90%) надежно фиксируется в горных породах в виде остеклованной массы, а концентрация оставшейся незначительной части, представленной в основном короткоживущими изотопами, вследствие радиоактивного распада, осаждения на породах и разбавления закачиваемой в скважину жидкостью быстро снижается в пласте-коллекторе до фоновых уровней уже на расстоянии около 1000 м от места нахождения нагнетательной скважины. В настоящее время это подтверждается объективными данными наблюдений за сетью скважин (наблюдательские скважины), которые расположены на разных расстояниях вокруг нагнетательной скважины и в которых регулярно проводятся геофизические измерения, а также отбор проб жидкости для анализов [16].

Необходимо особо отметить, что процесс подземного захоронения биологически опасных промышленных отходов, для очистки которых до настоящего времени нет эффективных методов, проводился и проводится при постоянном строгом контроле за радиационной обстановкой в районе взрыва, для чего ведется систематический отбор проб пластовой жидкости из наблюдательских скважин. Такие скважины пробурены как на рабочий горизонт (в пласт-коллектор), так и на водоносный горизонт, лежащий ниже буферного водоупора, а также на верхний водоносный горизонт, содержащий пресные воды и залегающий выше основного водоупора.

На объекте "Кама-2" за все долгие годы его эксплуатации не было отмечено случаев перетока захороняемых промстоков в вышележащие водоносные горизонты, что является убедительным доказательством надежности и безопасности удаления промстоков с помощью ядерно-взрывных технологий [1].

Результаты длительного наблюдения за эксплуатацией объекта "Кама-2" и соответствующих теоретических расчетов свидетельствуют о том, что за время закачивания промстоков в укрупненную скважину фронт загрязнения в горной массе продвинется по рабочему горизонту на расстояние не более 2 км. Поэтому практически полностью исключается возможность загрязнения источников питьевого водоснабжения.

Взрыв "Кама-1" проводился через 10 месяцев после взрыва "Кама-2" также в целях создания объекта, предназначавшегося для подземного захоронения биологически опасных промстоков.

10.4.2. ОБЪЕКТ "КАМА-1"

Подземный взрыв "Кама-1" мощностью также 10 кт был произведен 08.07.1974 г. в Башкирии, в 20 км на запад от города Салават. Созданная взрывом укрупненная скважина предназначалась для захоронения высокотоксичных промышленных стоков с Салаватского нефтеочистительного завода (в настоящее время это АО "Салаватнефтеоргсинтез"). В промышленных стоках этого предприятия содержались и содержатся взвешенные частицы смолистых материалов, обладающие исключительно высокой способностью забивать поры на любых обычных сточных участках. Содержание этих липких частиц в промстоках находится в пределах 100-1000 мг/л. Для их захоронения не пригодны никакие известные в настоящее время методы [17].

Созданная на объекте "Кама-1" с помощью ядерного взрыва площадка для захоронения промстоков не эксплуатировалась до 1983 г. Затем в период с 1983 по 1993 гг. на этом объекте было захоронено около 700 тыс. м³ промстоков Салаватского завода, что позволило предотвратить возможный экологический ущерб на сумму 100-200 млн. рублей в ценах 1990 г.

Следует отметить, что на объектах "Кама", созданных с помощью камуфлетных ядерных взрывов, всего захоронено около 28 млн. м³ промышленных стоков. Тем самым было предотвращено загрязнение окружающей среды вредными химическими веществами, без чего экономический ущерб стране мог бы составить примерно 270 млн. рублей (в ценах 1990 г.) [18, 19].

Мероприятия, проводимые для обеспечения сейсмической и радиационной безопасности при создании, а затем и функционировании объектов "Кама-1" и "Кама-2", были практически одинаковыми. Подземные ядерные взрывы были полностью камуфлетными без выброса и утечек радиоактивных веществ на поверхность земли. Необходимо особенно подчеркнуть, что по экономическим

критериям проведение подземных ядерных взрывов для обработки пластов-коллекторов в целях повышения приемистости укрупненных скважин в режиме закачки в них биологически опасных промстоков было признано самым эффективным и безопасным способом использования ядерной энергии в промышленности. После такого взрыва из его полости не извлекаются и не используются никакие продукты, кроме того, отсутствуют прямые контакты человека с захороненными жидкими отходами производства. Правда, при закачивании промстоков в укрупненную скважину имел место переход небольшой части радиоактивных продуктов в поступающую жидкость. Однако постепенно активность промстоков снижалась. Происходило это в результате сильного разбавления уже захороненных промстоков при поступлении в них новых порций и смешивании их с пластовыми водами, а также в результате адсорбции радионуклидов на частицах горных пород. Поэтому уже через 5-6 месяцев с начала "работы" объекта на расстоянии менее 1000 м от нагнетательной скважины удельная активность промстоков снижалась практически до фоновых значений, что свидетельствовало о реальной безопасности такого способа глубинного захоронения жидких отходов.

Необходимо признать, что вблизи укрупненных скважин можно было обнаружить небольшие участки с незначительным загрязнением почвы. Это было связано с проливом на землю буровых жидкостей при бурении контрольных и исследовательских скважин, поэтому такие участки легко можно было дезактивировать. За пределами же промплощадки уровни излучения никогда не превышали фоновых значений.

Таким образом, опыт работы промышленных объектов "Кама-1" и "Кама-2" позволял сделать вывод, что разработанный новый способ подземного захоронения биологически опасных промстоков может иметь достаточно широкие перспективы для внедрения его в промышленности. По результатам изучения геологического строения территории Российской Федерации было установлено, что значительная ее часть может быть использована для сооружения подобных промышленных объектов на глубинах залегания поглощающих горизонтов (пластов-коллекторов). К таким территориям относится ряд регионов Европейской части РФ (Поволжье, Рязанская обл. и др.), а также Западной и Восточной Сибири [1].

Зарубежные специалисты неоднократно высказывали удивление по поводу того, что такая прогрессивная технология подземного захоронения промстоков была применена только на двух объектах в СССР ("Кама-1 и 2"), не получив дальнейшего развития [2].

Однако, и это следует отметить, возможные перспективы использования подземных ядерных взрывов в мирных целях ограничиваются имеющимися международными договоренностями. Большинство стран мира, в том числе и Российской Федерацией был подписан и должен вступить в силу "Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний". Президент Российской Федерации В. В. Путин подписал 27.05.2000 г. Федеральный закон № 72-ФЗ о ратификации этого Договора [20].

Очевидно, что в ближайшем будущем не будут проводиться не только испытания ядерного оружия, но и ядерные взрывы в мирных целях, поскольку трудно провести четкую грань между ядерными зарядами, предназначенными для военных и промышленных нужд. Между тем определенные отличия, известные специалистам и вполне поддающиеся контролю, бесспорно, существуют [21]. Но угроза обвинения в нарушении международных договоренностей, а тем более повышения риска возникновения термоядерной войны не позволяет политикам пока вникать в подобные тонкости.

Вместе с тем можно предположить, что человеческий разум, опирающийся на научные данные о полезности и безопасности применения ядерно-взрывных технологий, не сможет отказаться от величайшего открытия 20 века - от атомной энергии и возможности ее использования в мирных целях, включая проведение подземных ядерных взрывов для решения различных промышленных задач. Конечно, при этом будет учтен весь накопленный в процессе осуществления ядерных испытаний опыт, появятся безопасные в радиационном отношении ядерно-взрывные технологии, новые перспективные разработки и т.п. Но для этого требуется определенное время...

10.5. КРАТКО О БЫТЕ УЧАСТНИКОВ РАБОТ, СВЯЗАННЫХ С ПРОВЕДЕНИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ

Следует отметить, что география проведения промышленных ядерных взрывов была обширная, а условия - самые разные, особенно погодные - от нестерпимой жары до лютых морозов. Но, как уже отмечалось, подготовка и проведение испытаний ядерного оружия и промышленных подземных ядерных взрывов, а также все виды опасности при этом практически ничем не отличались. Значительно отличались лишь бытовые условия участников этих работ.

Каждый промышленный ядерный взрыв требовал создания в миниатюре временного полигона с оснащением, аналогичным

"большому брату". Необходимо было построить жилой городок, создать технологические площадки, проложить необходимые кабельные линии и дороги, организовать энергоснабжение, а также охрану объекта. Выполнение этих работ обеспечивалось необходимым количеством транспортных средств различных видов.

Подготовкой и проведением промышленных ядерных взрывов занимались экспедиции, которые укомплектовывались необходимыми специалистами различных ведомств, снабжались подвижной техникой, доступной для конкретной местности, необходимыми оборудованием и приборами. Проведению взрывов предшествовала серьезная подготовительная работа ученых, технологов и производственников. Определялась конечная цель взрыва, при этом особое внимание уделялось вопросам обеспечения безопасности участников работ и населения, проживавшего вблизи района проведения взрыва.

Как правило, промышленные ядерные взрывы осуществлялись в труднодоступных местах, но некоторые из них приходилось проводить в таких местах, где населенные пункты находились вблизи района взрыва. Этим, а также сезоном проведения взрыва и определялись условия работы и быта специалистов экспедиций. В качестве жилья в основном использовались передвижные вагончики на пневмоходу типа ОП-4М и ВС20, деревянные каркасно-обшивные сооружения (иногда утепленные), рубленые сооружения, свободные жилые дома, казармы. На рис. 10.6 представлена фотография жилого городка на объекте "Глобус" в Коми АССР.



Рис. 10.6. Общий вид жилого городка на объекте «Глобус-4»

В труднодоступных районах жилые городки для участников работ создавались на расстояниях не более 3 км от скважины, в которой планировалось провести взрыв. Построенные сооружения отапливались либо электронагревательными приборами, либо приспособлениями, которые на местах работ изготавливались из бочек и буровых труб. В холодное время года сносные условия в помещениях были до тех пор, пока поступала электроэнергия или топились печи. Если для поддержания тепла не хватало электричества, дров или угля, то температура в помещениях быстро понижалась, были даже случаи, например, на объектах "Батолит", "Вятка" и др., когда зимой одеяла примерзали к стенам.

На рис. 10.7 приведена фотография группы участников опыта "Вятка" около жилого домика. На заднем плане видны сложенные "горкой" дрова для отопления помещения.



Рис. 10.7. Группа участников опыта «Вятка» около жилого домика в двух километрах от устья скважины. На снимке слева направо: Седнев А.К., Чесноков В.М., Парамонов Н.В., Казаков В.И., Чугринов К.О.

Настоящим испытанием для людей на выносливость был перенос сроков проведения работ, когда эти сроки совпадали с наступлением настоящих холодов. Вот несколько примеров.

На объекте "Ока" при проведении работ сгорела дизельная электростанция, снабжавшая технологические площадки и жилой поселок электроэнергией. Люди остались без тепла и света в

жилых помещениях и без столовой, поэтому вынуждены были в течение нескольких дней готовить пищу на костре при температуре минус 30°C.

На объекте "Кратон-4" после окончания всех работ члены экспедиции в течение двух недель ждали баржу с теплоходом, чтобы отбыть в места своего постоянного пребывания. Из-за отсутствия дизельного топлива в поселке не было тепла, света, столовой, поэтому люди питались выловленной рыбой и дарами леса в течение всего времени ожидания.

На объекте "Батолит" после окончания всех работ при проведении плановой эвакуации вертолетом людей и оборудования началась пурга. Четыре человека не смогли улететь вместе со всеми и в течение пяти дней, пока продолжалась непогода, в полном смысле слова боролись за выживание. Они искали под слоем снега грибы и брусничный лист для чая.

На объекте "Пирит" после очередного снежного заряда все жилые помещения полностью оказались под снегом. Возвратившиеся с технологической площадки люди не могли понять, где находятся их вагончики.

Таких примеров, которые по прошествии многих лет вспоминаются даже с некоторым юмором, можно привести много. Кроме того, в период проведения работ в северных регионах страны были "встречи" с бурами медведями.

Но вот при проведении работ в южных регионах бывшего СССР экспедиции сталкивались с другими крайностями.

Естественно, все жилые вагончики были без кондиционеров и нагревались на солнце до температуры, выше окружающей (более +40°C), поэтому заснуть в них можно было только поздней ночью. Но основную неприятность доставляли ядовитые насекомые, фаланги, скорпионы и змеи, которые забирались в жилые помещения. Поэтому перед сном все помещения обязательно проверялись.

Как уже отмечалось, при проведении взрывов в труднодоступных местах, куда и техника, и участники работ доставлялись в основном вертолетами или автотранспортом по зимней дороге, жилые поселки размещались вблизи технологической площадки, поэтому людям при возникновении нештатных ситуаций уйти далеко и быстро было просто невозможно.

Так случилось на объекте "Кратон". По проекту заказчика взрыв был осуществлен в темное время суток. При обнаружении истечения радиоактивности из скважины было принято решение всем покинуть поселок. Члены экспедиции уходили, ориентируясь на показания дозиметрических приборов, в направлении меньшей радиационной опасности. Никаких дорог вокруг не было, шли

по мелколесью. Земля была усыпана разного размера камнями. Только через 3 часа после ухода из поселка люди вышли на дорогу к строениям, которые предназначались для отдыха водителей дальних сибирских рейсов. Лишь утром к эвакуации людей были привлечены вертолеты.

Выше было отмечено, что технология работ с ядерным зарядом и бытовые нужды экспедиции обеспечивались передвижными электростанциями. Как правило, это были две электростанции типа ПЭС-100, одна из которых являлась основной, а другая резервной. Топливо для них в труднодоступные районы доставлялось вертолетами.

Важно отметить, что каждую экспедицию обязательно сопровождала группа медиков, в состав которой входили хирург, медсестры и сотрудник санэпидстанции.

Все экспедиции имели внутреннюю телефонную связь, а также связь в предприятиями-заказчиками работ.

Большое значение для выбора конкретного дня взрыва имели как кратковременные, так и долговременные, чаще всего на неделю вперед, прогнозы погоды. Поэтому в составе экспедиции обязательно работали квалифицированные синоптики.

Обеспечение продуктами участников работ осуществлялось через управление снабжения Министерства-заказчика. Иногда, чаще из-за непогоды, происходили сбои в поставке продуктов. В таких случаях использовался запас консервированных продуктов, который непременно брал с собой каждый член экспедиции. Часто участники работ, чтобы не посещать столовую, из продуктов-запасов готовили еду сами.

Время пребывания экспедиции на объектах определялось объемом проводимых работ, но было не меньше месяца и зависело от степени готовности объекта к приему этой экспедиции.

Отдельные работы велись в два этапа: первый - этап подготовки и заложение заряда, а второй - этап забивки с последующим подрывом заряда. Подготовка объекта к взрыву заказчиком давалась нелегко, так как в годовых планах такие работы, как правило, не значились, а выполнялись они на основании постановлений ЦК КПСС и Совмина СССР. А такие внеплановые капитальные работы не обеспечивались своевременно ни материалами, ни оборудованием. Это приводило к тому, что зачастую все необходимое поступало прямо с "колес" да еще и из резервов заказчика. Поэтому достаточно часто завершение строительно-монтажных работ осуществлялось в присутствии прибывшей экспедиции.

Сдвиги в сроках готовности объектов к проведению работ случались и по другим причинам. Так, на объекте "Бензол"

прибывшая на место работы экспедиция обнаружила, что рабочая скважина, где планировался взрыв заряда, периодически фонтанировала нефтегазовой эмульсией. Естественно, и специалисты это понимают, что герметичности цементной пробки в таком случае получить было нельзя. Поэтому буровикам пришлось заново герметизировать башмак скважины, на что ушло много времени и дополнительных материалов.

Другой пример. На одной из точек объекта "Регион" было установлено, что качество схватывания цемента с обсадной трубой в затрубье вызывает сомнение. Потребовалось обследование скважины и ее доработка, на что ушло много дополнительного времени.

Таким образом, можно сделать вывод, что легких работ при проведении промышленных ядерных взрывов не было. Риск для специалистов, осуществлявших подготовку заряда к взрыву и его подрыв, был не меньше, чем для тех, кто участвовал в ядерных испытаниях.

Однако даже в самых тяжелых условиях и работы, и быта происходили смешные и курьезные случаи. Поскольку в экспедиционных условиях практически все и вся было подчинено работе, а отдых в общепринятом понимании, можно сказать, отсутствовал, то часто подшучивали друг над другом, особенно если для этого были поводы, а таких поводов и курьезов было достаточно.

Так, например, около вагончиков, в которых жили участники работы, асфальта, естественно, не было. Поэтому после дождя около одного вагончика из-за низкого его расположения постоянно стояла лужа, в которой всегда мыли сапоги. Кто-то решил эту лужу сделать глубже, но перестарался, причем с умыслом. Первый, кто после этого попытался вымыть сапоги, оказался по пояс в воде. А как ждали этого момента наблюдавшие из окон вагончиков, можно только догадываться. "Пострадавший" был в изумлении и растерянности, ну а все остальные с хохотом помогали ему выбираться из лужи.

Большую помощь специалистам экспедиции оказывали вертолетчики. Часто перед посадкой они на своих вертолетах пролетали над жилыми постройками. Во время одной такой посадки был опрокинут туалет, из которого через оказавшуюся наверху "домика" дверь вылез перепуганный человек. На вопрос, чтобы он делал, если бы туалет упал дверью вниз, ответил, что вылез бы через отверстие, которое было свободным.

При движении баржи с техникой и людьми к месту работ были остановки, во время каждой из которых один из членов экспедиции обязательно купался в реке. Однажды, а надо заметить, что был уже далеко не купальный сезон, он, выходя из воды,

увидел около своей одежды лошадь, которая, когда купальщик подошел ближе, встала на задние ноги и, двигая передними, пошла на него. Он - опять в воду, так повторялось три раза. Затем лошадь схватила зубами одежду и поскакала прочь. Прошло немного времени, лошадь вернулась и бросила одежду. Вконец замерзший и перепуганный купальщик на глазах у всех присутствующих, накинув на себя одежду, возвратился на баржу и, естественно, долгое время был объектом "особого внимания" всей экспедиции.

Однако, и это следует признать, шутки, юмор, курьезы и т.п. не мешали работе, а, наоборот, помогали с честью и достоинством выходить из всех сложных ситуаций.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 10

1. Ядерные испытания СССР. Т. 4. Использование ядерных взрывов для решения народнохозяйственных задач и научных исследований. / Кол. авторов под рук. В.Н. Михайлова. - Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2000. - 200 с.; ил.
2. Наука и всеобщая безопасность. Технические предпосылки для политических инициатив по контролю над вооружениями и проблемами окружающей среды. Том 7, вып. 1. Пер. с англ. Принстонский унив. США, 1998. - 49 с.
3. Испытания ядерного оружия и ядерные взрывы в мирных целях СССР. 1949-1990 гг. / Кол. авторов под рук. В. Н. Михайлова. - Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 1996. - 66 с.
4. Мясников К.В., Касаткин В.В., Ильичев В.А. и др. Характеристика горных выработок и проходок в зоны ПЯВ. Геологическое описание участков заложения взрывных устройств. Физико-химические свойства и минералогический состав вмещающих пород до проведения в них взрывов. Отчет о НИР. Фонды ВНИПИпромтехнологии, 1998. - 59 с.
5. Мирное использование подземных ядерных взрывов. Вып. 4 / Кол. авторов под рук. В.Н. Михайлова. - М.: ВНИПИпромтехнологии, Радиевый институт, 1994. - 162 с.
6. Вещественные изменения горных пород при подземных ядерных взрывах и радиоактивное загрязнение горного массива. Отчет по проекту 520-97 МНТЦ. Менеджер Ю. В. Дубасов. Фонды РИ им. В.Г. Хлопина, 1998. - 48 с.
7. Гончаров В., Петешов С. Эксперимент под кодовым названием "Кливаж". В кн.: Атом без грифа "секретно": точки зрения. Составители А. Емельяненко и В. Попов. - М.: Типогр. "Н, Р Druck", 1992. - 144 с.
8. Пинаев В.С. Технологии ядерных взрывов в мирных целях. // "Атом", РФЯЦ-ВНИИЭФ, № 11, 2000. С. 34-40.

9. Служба Радио Украины. Раскрыто секретное ядерное испытание в Донбассе. 5 августа 1992 г.
10. Терминологический словарь по вопросам использования подземных ядерных взрывов в мирных целях (Глоссарий)./ Кол. авторов под рук. О.Л. Кедровского, М.П. Гречушкиной и Л.Б. Прозорова. - М.: Отдел НТИ ЦНИИАтоминформа, 1981. - 41 с.
11. Приходько Н., Клишин В. Куда сливать отходы: в реку или подземный резервуар? "Стерлитамакский рабочий" 12 октября 1989 г.
12. Мясников К.В., Приходько Н.К., Мусинов В.И. и др. Исследование эффективности проведенных подземных ядерных взрывов в мирных целях и оценки перспективы их использования в современных условиях. Отчет о НИР по этапам 1 и 2. Фонды ВНИПИпромтехнологии, 1997. - 119 с.
13. Ядерные взрывы для промышленных и научных целей на территории бывшего СССР. Аналитический обзор. - М.: ЦНИИАтоминформ, 1997. - 61 с.
14. Приходько Н.К., Мясников К.В., Васильев А.П., Камнев Е.Н. Опыт использования подземных ядерных взрывов в мирных целях и результаты исследования миграции радионуклидов в горных породах. Доклад на Междунар. семинаре "РАДЛЕГ-99". Москва, 20-25.11.1999 г.
15. Васильев А.П., Приходько Н.К., Симоненко В. А. Подземные ядерные взрывы - для улучшения экологической обстановки. // Природа. 1991, № 2. - С. 36-42.
16. Приходько Н.К., Касаткин В.В., Ильичев В.А., Кутырев А.С. Исследование миграции радионуклидов из зоны взрыва на объекте "Кама-2". Доклад на Междунар. конф. "Радиоактивность при ядерных взрывах и авариях", 24-26.04.2000 г., Москва.
17. Приходько Н.К., Мясников К.В., Титов В.Д. Использование ядерных взрывов при подземном захоронении промстоков. // Горный вестник, 1997, № 2. - С. 44-48.
18. Мясников К.В., Касаткин В.В., Ахунов В.Д. Научно-технические и экологические аспекты подземных ядерных взрывов в мирных целях, проведенных на территории России. - М.: ВНИПИпромтехнологии, 1999. - 12 с.
19. Приходько Н.К., Мясников К.В., Касаткин В.В., Клишин В.И. и др. Исследование закономерностей миграции радионуклидов из центральной зоны мирных ядерных взрывов в рабочем горизонте на объектах "Кама-2" и "Кама-1". Отчет о НИР. Фонды МЦЭБ МР, 2000. - 100 с.
20. Федеральный закон "О ратификации Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний". "Российская газета" 31 мая 2000 г.
21. Тезисы докладов на второй международной конференции специалистов по вопросам истории ядерного оружия. 16-19 июня 1998 г., Вашингтон, США.

Глава 11

НЕРЕАЛИЗОВАННЫЕ ПРОЕКТЫ

Выполнение программы "Ядерные взрывы для народного хозяйства" в 1988 г. было приостановлено в связи с тем, что Правительство СССР объявило мораторий на ядерные взрывы. Остался нереализованным целый ряд уже подготовленных проектов. Были прекращены работы по разработке девяти новых научно-технических проектов, среди которых, например, такие, как подземное выщелачивание металлов, захоронение радиоактивных и высокотоксичных химических отходов и др. [1]. Кроме того, не был осуществлен демонстрационный взрыв на Новой Земле, с помощью которого предполагалось уничтожить большое количество химического оружия и высокоактивных отходов атомной промышленности и энергетики [2].

Имеются сведения о том, что на 1989-1990 гг. было запланировано проведение 9 мирных ядерных взрывов: 5 взрывов - для глубинного зондирования земной коры и мантии по заказу Мингео СССР, 2 взрыва - для создания дополнительных емкостей под землей для захоронения токсичных отходов Стерлитамакского содового завода и еще 2 взрыва - в Западной Сибири по заказу Мингазпрома СССР [3]. Известно, что были даже заказы от ряда министерств страны на включение в план работ на следующую 13-ю пятилетку проведение для их нужд 26 различных промышленных взрывов.

Однако Верховный Совет СССР ратифицировал 09.10.1990 г. "Договор между СССР и США о подземных ядерных взрывах в мирных целях", подписанный еще 28.05.1976 г. в Москве и Вашингтоне, и Протокол к нему, подписанный в Вашингтоне 01.07.1990 г. Это означало полный запрет на проведение испытаний ядерного оружия и ядерных взрывов в иных целях.

В 1991 г. совместным решением Комитета Верховного Совета СССР по экологии и соответствующего Комитета российского Парламента была образована экспертная группа для паспортизации

всех мирных ядерных взрывов, но распад Советского Союза не позволил выполнить эту работу в полном объеме. Будет ли она продолжена, пока неизвестно...

В данной главе представлены краткие сведения о двух наиболее интересных нереализованных проектах применения подземных ядерных взрывов в промышленных целях, а именно:

- "Проведение опытного специального взрыва на Удоканском месторождении меди";
 - "Применение подземной ядерно-взрывной технологии для ликвидации высокоактивных отходов и химических вооружений".
- Ниже представлена краткая характеристика этих проектов.

11.1. ПРОЕКТ ПРОВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ ДЛЯ ВСКРЫШНЫХ РАБОТ НА УДОКАНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ МЕДИ

Крупнейшее в Российской Федерации месторождение меди с запасами до 21-22 млн. тонн расположено в Каларском районе Читинской области на территории центральной части Удоканского хребта в зоне вечной мерзлоты глубоко под землей. Это месторождение было самым крупным и в бывшем Советском Союзе. По природно-климатическим условиям район месторождения приравнивался к районам Крайнего Севера. Климат суровый, с коротким дождливым летом и затяжной холодной зимой, со средней годовой температурой минус 7-12°C. Количество осадков колеблется от 300 до 730 мм в год, причем около 90% осадков выпадает в виде снега и дождя в период с апреля по октябрь.

Речная сеть района представлена реками Олекма и Витима, а также большим количеством озер. Район месторождения характеризуется малой плотностью населения и практически полным бездорожьем. В Каларском районе было всего 17 небольших поселков с общим числом жителей 3450 человек. Население занималось оленеводством и охотой и в основном вело кочевой образ жизни.

В декабре 1964 г. район месторождения посетила рекогносцировочная группа, в состав которой входили представители ряда организаций Минсредмаша СССР, среди них были директор одного из Институтов этого министерства Г.П. Ломинский, главный конструктор ядерных зарядов Б.В. Литвинов, представитель Минсредмаша СССР В.П. Ахапкин, представитель ВНИИПромтехнологии В.С. Потапов. Эта группа прибыла легким самолетом из Читы в поселок Чара, откуда автомашиной была доставлена в поселок геологов, выполнявших работы по изучению запасов руды. После осмотра месторождения было принято решение доставку

ядерного взрывного устройства и всего необходимого оборудования проводить по схеме "железная дорога - автомашины".

Применение подземных ядерных взрывов для вскрышных работ на месторождении было обосновано следующими факторами:

- резко выраженным горным рельефом;
- удаленностью объекта от крупных городов и малой заселенностью района;
- громадным объемом вскрышных работ - более 2 млрд. м³;
- недостатком рабочей силы и дефицитного горнотранспортного оборудования;
- высокой стоимостью проведения вскрышных работ обычными методами;
- тяжелыми условиями труда и суровым климатом.

Вскрышные работы предусматривалось осуществить с помощью двух серий ядерных взрывов. Первой серией из 4-5 взрывов предполагалось удалить наиболее высокие части гор, а затем в ходе второй серии подрывом примерно 20 зарядов осуществить выброс основной массы породы из контуров будущих карьеров. В одном из первых проектов осуществления вскрышных работ на месторождении предполагалось использовать ядерные заряды мощностью до 10 Мт [4]. Выбор таких мощностей можно объяснить, вероятно, недостаточностью опыта проведения экскавационных ядерных взрывов. В начале 70-х годов после осуществления на Новоземельском полигоне подземных испытаний образцов ядерного оружия с энерговыделением до 4 Мт [5] и анализа последствий взрыва "Чаган" (См. главу 5) стало ясно, что очень сложно обеспечить радиационную безопасность при проведении подземных ядерных взрывов большой мощности. В последующем оптимальная мощность подземных ядерных взрывов с выбросом грунта составила 120-150 кт ТЭ.

В проектном задании на вскрышные работы на Удоканском месторождении, разработанном ГОСНИПИ-14 (ВНИИПромтехнологии), Институтом физики земли АН СССР и Институтом прикладной геофизики ГУГМС во исполнение постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 20.02.1964 г. № 16-64 и от 23.03.1964 г. № 240-94, а также приказа Министра среднего машиностроения от 09.04.1964 г. № 089, предполагалось использовать ядерные заряды мощностью 1000 кт, взрывы которых должны были иметь следующие расчетные параметры:

- линия наименьшего сопротивления - 290 м;
- радиус механического действия взрыва - 455 м;
- глубина видимой воронки - 170 м;
- объем видимой воронки - 51,6 млн. м³;

- объем породы, выброшенной за пределы воронки - 61,4 млн. м³.

По условиям взрыва нужно было обеспечить максимальную радиационную безопасность населения и персонала при его проведении, а также не допустить значительного радиоактивного загрязнения районного центра Чара.

По прогнозу облако взрыва могло подняться на высоту до 6-7 км, а пылевая базисная волна - на высоту до 2 км. Не ожидалось прорыва в атмосферу значительного количества радиоактивных продуктов взрыва, поскольку горные породы характеризовались небольшой влажностью и низкой газовостью.

Прогнозировалось, что уровни радиации на гребне навала грунта через 20 дней после взрыва могут составить 1,5 Р/час, через 6 месяцев - 0,1 Р/час, а через год - менее 0,005 Р/час.

Проектом предусматривалось в районе первого экспериментального взрыва пробурить и оборудовать 10 наблюдательных скважин для изучения закономерностей миграции радионуклидов в горизонте подмерзлотных вод. Прогнозирование радиационной обстановки на Удоканском месторождении меди проводилось с использованием данных, полученных при взрыве "Чаган", а также материалов, опубликованных в зарубежной печати.

Таким, в кратком изложении, было содержание одного из самых грандиозных проектов применения ядерно-взрывной технологии в промышленных целях. Однако этот проект не было реализован, поскольку вызывал много вопросов и опасений. В последующем вскрывать Удоканское месторождение ядерными взрывам отказались. Таким образом, решение о начале эксплуатации самого крупного месторождения меди на территории России пока не принято, оно ждет своего часа...

11.2. ПРОЕКТ ПРОВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ ДЛЯ УНИЧТОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ И РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

В 1998 г. на заседание Межведомственной комиссии Совета Безопасности Российской Федерации был представлен доклад о захоронении (уничтожении) высокоактивных отходов атомной энергетики, уничтожении химического оружия и высокотоксичных химических веществ. Основой этого доклада, подготовленного группой специалистов под руководством Министра по атомной энергии, академика РАН В.Н. Михайлова, стало содержание очень важного проекта уничтожения радиоактивных и химических отходов с помощью ядерных взрывов [6]. Кроме того, в докладе содержалось обоснование возможности применения ядерно-взрывных

технологий при решении глобальных экологических проблем современной цивилизации. Следует отметить, что в настоящее время этим вопросам уделяется большое внимание как в нашей стране [2, 6-10], так и за рубежом [11].

Суть представленной в докладе технологии заключалась в следующем: предназначенные для уничтожения химическое оружие, высокотоксичные отходы и даже оставшиеся ядерные заряды следует укладывать в подземные камеры (отсеки захоронения), расположенные на большой глубине, но в зоне воздействия взрыва специального ядерного заряда, мощность которого способна обеспечить необходимый эффект. На рис. 11.1 представлена схема одного из возможных вариантов оборудования подземной камеры для захоронения опасных веществ [8]. Как видно на рисунке, подземная камера имеет форму центрального пустотного объема с радиально расположенными боксами. В боксах и в прилегающих к ним нишах должны были размещаться упаковочные контейнеры с высокотоксичными отходами, фрагменты реакторных отсеков, образцы химического оружия, высокотоксичные вещества и др.

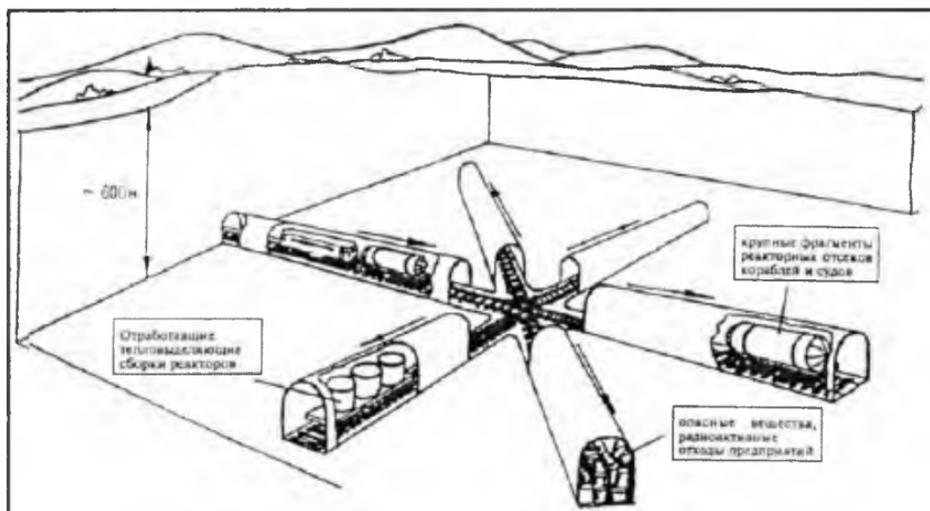


Рис. 11.1. Схема размещения опасных веществ и конструкций в подземных коммуникациях комплекса для их захоронения (ликвидации) на основе ядерно-взрывной технологии (этап подготовки боксов загрузки)

Интересно отметить, что в американских проектах рассматривались различные варианты размещения образцов химического оружия в скважинах диаметром около 2 м и глубиной 600 м [11]. Эти скважины должны были заканчиваться камерой уничтожения диаметром 12 м и высотой 60 м, в которой предполагалось производить подрыв специального ядерного заряда мощностью 100 кт.

Перед взрывом уничтожаемые объекты общей массой 4000 тонн можно укладывать "в навал" без определенного порядка, то есть беспорядочно. Для уничтожения химического оружия в США была выбрана территория площадью 20 квадратных миль на одной из военных баз, расположенных вблизи ядерного полигона в штате Невада. Весь химический арсенал США предлагалось уничтожить с помощью 36 ядерных взрывов.

Следует отметить, что применение ядерно-взрывных технологий для уничтожения различных объектов предполагает термомеханическое разрушение (испарение, плавление) и разложение веществ при нагружении ударной волной, а также превращение этих веществ в нетоксичные продукты при интенсивном их перемешивании и "связывании" в стекловидном расплаве. При мощности взрыва 100-150 кт может образовываться не менее 27 тыс. тонн стекла [8]. В конечном итоге в глубинных геологических структурах должно образоваться искусственное стекловидное тело. На рис. 11.2 схематично представлена система техногенных барьеров, которые могут образоваться после ядерного взрыва. Необходимо отметить, что уровень удельной активности стекловидного тела через короткий промежуток времени после взрыва будет в 100 раз меньше, чем при обычном способе захоронения остеклованных высокоактивных отходов.

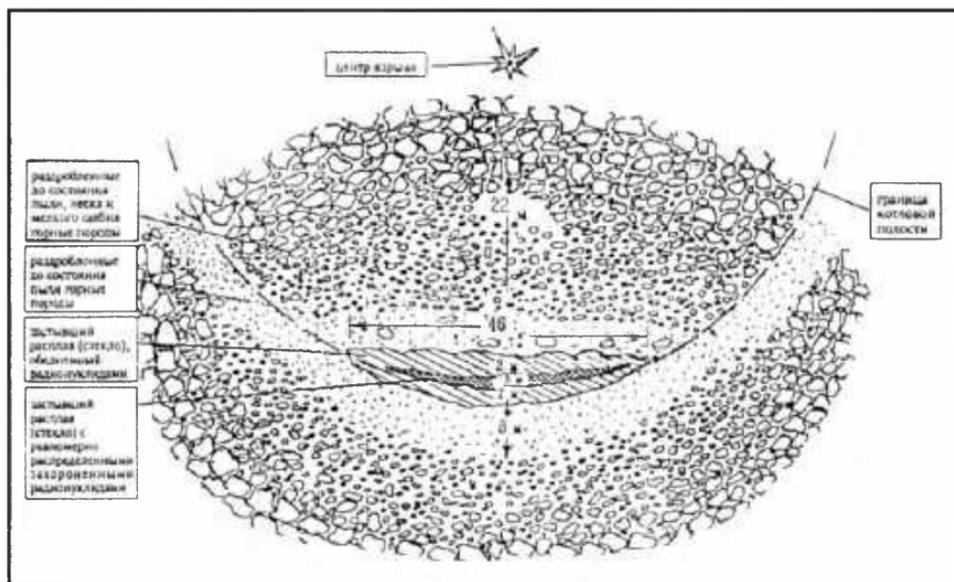


Рис. 11.2. Система техногенных барьеров при использовании ядерно-взрывной технологии и их главные параметры

Применение ядерно-взрывных технологий для захоронения различных вредных отходов способно обеспечить выполнение требований экологической безопасности, которые разрабатывались в период проведения подземных ядерных испытаний.

Долгосрочная химическая безопасность при уничтожении химического оружия должна обеспечиваться, в частности:

- нетоксичным или низкотоксичным составом твердой фазы продуктов разложения отравляющих веществ за счет выбора уровня нагружения (воздействия) и использования специальных химических добавок;
- химической инертностью стекловидного расплава породы, фиксирующего твердую фазу, и низким уровнем гидротоков;
- сорбционными свойствами породы.

Для обеспечения полной гарантии эффективности уничтожения химического оружия и безопасности продуктов разложения необходимо, чтобы каждый вид уничтожаемых отравляющих веществ был экспериментально исследован на лабораторных установках, моделирующих это вещество и степень воздействия на него ядерного взрыва. По результатам таких экспериментов для каждого вида уничтожаемых материалов должен быть определен показатель эффективности в зависимости от уровня нагружения, а также выработаны критерии уничтожения.

Через некоторое время после технологического взрыва может произойти фильтрация неконденсирующихся газов (углекислого газа, водорода, сернистого газа и др.) за счет конвективных процессов в горном массиве. По сути эта стадия уничтожения оружия массового поражения, то есть фильтрации неконденсирующихся газов, не будет отличаться от наблюдаемой в период ядерных испытаний стадии выхода таких же газов .

Следует отметить, что для уничтожения всего объема химического оружия, имеющегося в Российской Федерации, а это примерно 40 тыс. тонн отравляющих веществ в составе 300 тыс. тонн боеприпасов различного назначения, потребуется проведение 40 технологических взрывов мощностью по 100 кт. При этом общая стоимость работ, но без учета стоимости перевозки боеприпасов, может составить 400-800 млн. долларов, что в 10-15 раз меньше оценочной стоимости процесса уничтожения химического оружия на заводских установках [6]. Технологическим способом за 4-5 лет можно уничтожить все типы химических боеприпасов (снаряды, бомбы, выливные приборы, головные части ракет) без их разборки, то есть вместе с металлическими корпусами (оболочками).

Для захоронения ежегодного объема отработанного топлива со всех атомных станций Российской Федерации, а это примерно 700 тонн, нужен всего один технологический взрыв, стоимость которого не превысит 20 млн. долларов.

Безопасность проведения подземных ядерных взрывов, надежность получения при этом ожидаемых результатов и высокая экономическая эффективность позволяют надеяться на то, что стоящие перед Российской Федерацией и многими государствами современного мира сложные экологические проблемы будут успешно решены. Словом, есть над чем задуматься...

Несомненный интерес может представлять небольшая историческая справка о начале работ над проектом захоронения высокоактивных химических веществ с помощью ядерного взрыва.

Исследования по изучению возможности использования энергии ядерного взрыва для захоронения высокоактивных отходов атомной энергетики и уничтожения химического оружия были начаты в РФЯЦ-ВНИИЭФ в 1989 г. Через год результаты исследований в виде предложений были направлены в Правительство СССР. Эти предложения были поддержаны Комиссией по военно-промышленным вопросам Правительства страны и стали основой для проведения научно-исследовательских и проектных работ по подготовке демонстрационного эксперимента, направленного на проверку возможности использования предлагаемой технологии для захоронения опасных химических и радиоактивных веществ. Такой эксперимент решено было провести на Новоземельском полигоне в штольне А-37 на берегу пролива Маточкин Шар. Работы по его подготовке были начаты в 1991 г. под руководством Министра по атомной энергии В. Н. Михайлова. Однако этому натурному эксперименту не суждено было осуществиться. В 1991 г. СССР объявил односторонний мораторий на проведение ядерных испытаний, а затем ... "распался", прекратив свое существование.

В последующем вопросы уничтожения химического оружия неоднократно рассматривались на заседаниях Правительства РФ при участии руководителей Химических войск, среди которых были А.Д. Кунцевич, И.Б. Евстафьев, В.И. Холстов, В.И. Соловьев, И.Н. Торгунов и другие.

Экспериментальные работы с боевыми отравляющими веществами на разработанных во ВНИИЭФ лабораторных моделирующих установках были проведены на химическом полигоне Минобороны России в поселке Шиханы. Результаты экспериментов подтвердили высокую степень разложения отравляющих веществ и безвредность продуктов деструкции этих веществ под действием

тех нагрузок, которые могут возникать в процессе использования ядерно-взрывных технологий.

В других работах по изучению возможности использования ядерных взрывов для уничтожения высокоактивных отходов атомной энергетики и фрагментов ядерных реакторов принимали участие специалисты Центрального физико-технического института Минобороны России [8]. Решением ряда вопросов, связанных с оптимизацией режимов ликвидации опасных объектов, а также с обоснованием мест размещения полигонов для захоронения отходов, включая и международные полигоны, занимались специалисты Геотехнологического центра при Дальневосточном отделении Академии наук РФ.

Специалисты научных учреждений Химических войск РФ и Военной академии химической защиты (в настоящее время Военный университет химической, биологической и радиационной защиты) занимались вопросами транспортировки химических боеприпасов, а также проводили сравнение результатов применения различных технологий для уничтожения боевых отравляющих веществ. По результатам сравнения было установлено, что метод, основанный на использовании ядерно-взрывных технологий, имеет значительные преимущества перед обычными методами уничтожения отравляющих веществ.

Исследования, направленные на изучение формирования остеклованного расплава и фиксации в нем радионуклидов, проводились в Радиевом институте им. Хлопина такими специалистами, как Ю.В. Дубасов, А.С. Кривохатский, Н.В. Сковородкин и другие. В разработке требований к горногеологическому строению массива и оценке степени влияния геофизических факторов на эффективность результатов проводимых работ принимали участие специалисты Института динамики геосфер Академии наук России В.В. Адушкин и А.А. Спивак.

Проектные работы по реализации замыслов демонстрационного эксперимента на Новоземельском полигоне проводились во ВНИПИПромтехнологии.

В работах, связанных с разработкой проекта уничтожения химических и радиоактивных отходов с помощью подземных ядерных взрывов, было занято около 1000 человек из четырех министерств. Эти люди проявляли не только чудеса энтузиазма, но и высокую научно-техническую эрудицию.

Следует отметить, что важной частью подготовки и проведения различного рода работ, требующих применения ядерных взрывов, является разъяснение широкой общественности таких вопросов, как обеспечение экологической безопасности при

использовании ядерно-взрывных технологий в промышленных целях, необходимость понимания невоенного характера этих работ, а также возможность международного контроля их выполнения.

Таким образом, применение ядерно-взрывных технологий для уничтожения различных классов оружия массового поражения может стать реальностью при решении глобальных экологических проблем в современном цивилизованном мире [12].

О большом интересе к проблеме использования ядерных взрывов в мирных целях, имеющей не только теоретическое, но и практическое значение, свидетельствует целый ряд появившихся в последние годы как отечественных [13], так и зарубежных публикаций. Так, в "Российской газете" было сообщение о том, что в Китае с помощью ядерных взрывов планируют пробить в Гималаях туннель для воды, чтобы построить самую крупную в мире гидроэлектростанцию в Тибетском районе. Возможно, это вызовет негативную реакцию со стороны соседних с Китаем государств [14]. Однако существует официальный механизм "законного" решения такого сложного вопроса с помощью международных организаций...

1. Горяинов С. 600 подземных ядерных взрывов. // "Неделя", № 35, 1997 г.
2. Ядерные испытания СССР. Т. 4. Использование ядерных взрывов для решения народнохозяйственных задач и научных исследований. / Кол. авторов под рук. В. Н. Михайлова. - Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2000. - 200 с.; ил.
3. Емельяненко А.Ф. Архипелаг Средмаш. - М.: Рос. комитет ВМПЯВ, 2000. - 300 с.
4. Мясников К.В., Приходько Н.К., Мусинов В.И. и др. Исследование эффективности проведенных подземных ядерных взрывов в мирных целях и оценки перспективы их использования в современных условиях. Отчет о НИР по этапам 1 и 2. Фонды ВНИПИпромтехнологии, 1997. - 119 с.
5. Ядерные испытания СССР. Новоземельский полигон: обеспечение общей и радиационной безопасности ядерных испытаний. / Кол. авторов под рук. В.А. Логачева. - М.: ИздАт, 2000. - 487 с. + прилож.
6. Ликвидация высокоактивных отходов и химических вооружений с использованием подземной ядерно-взрывной технологии. / Кол. авторов под рук. В. Н. Михайлова. Доклад Совету Безопасности РФ, 1998. - 34 с.
7. Ядерные взрывы в СССР. Вып. 4. Мирное использование подземных ядерных взрывов. / Кол. авторов под рук. В.Н. Михайлова. - М.: ВНИПИпромтехнологии, 1994. - 162 с.
8. Евтерев Л.С., Клименко В.Н., Коробушкин В.В., Лоборев В.М., Паншин А.А., Клин клином вышибают. "Независимое военное обозрение", № 23, 1999.
9. Способ уничтожения химических токсических материалов в подземных ядерных взрывах. Авторское свид. на изобретение № 4954453 с приоритетом от 07.05.1991. Андрюшин И., Евстафьев И., Трутнев Ю., Чернышев А. и др.
10. Программа работ по разработке элементов ЯВТ для уничтожения химически токсичных и радиационных материалов и проведению в этих целях натурных опытов в 1991-1992 гг. Утверждена В. Н. Михайловым 12.07.1991г., № 01/731.
11. Nuclear Power Generation and Waste Conversion System and Method for Producing the Same UK Patent Application GB 2089558A, priority 12.12.1980, G. D. Shelton.
12. Литвинов Б.В., Лоборев В.М. Об определении назначения ядерного взрыва. // Ядерный контроль, № 36, декабрь 1997. - С. 11-16.
13. Харитонов Н. Самая мирная цель. "Полярный круг", № 12, 2000 г.
14. Используют ядерный взрыв. "Российская газета", 26 октября 2000 г.

Глава 12

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ НА ЗДОРОВЬЕ ПЕРСОНАЛА И НАСЕЛЕНИЯ

Существует высказывание, которое, как считается, принадлежит Альберту Эйнштейну: *"Проще расщепить атом, чем человеческое заблуждение"* [1]. Эти слова свидетельствуют о живучести однажды "высказанного" обществом мнения о каком-либо явлении или понятии. Касается это и живучести так называемого "общественного мнения" о неблагоприятных последствиях для экологии использования ядерно-взрывных технологий в мирных целях, распространяемого довольно часто некоторыми средствами массовой информации как в силу некомпетентности их представителей в вопросах оценки последствий действия радиационных и других факторов ядерных взрывов на окружающую среду, так и, причем достаточно часто, в угоду политической конъюнктуры или популистским тенденциям. Антиядерные настроения в обществе появились еще в период проведения ядерных испытаний на полигонах мира, но с особой силой они стали проявляться после аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г.

Длительное время после аварии на ЧАЭС, по мнению многих специалистов, занимающихся проблемой использования ядерной энергии в мирных целях, а также оценкой последствий ее использования, происходило игнорирование достижений в таких областях науки, как радиационная медицина, радиационная гигиена, радиобиология, биофизика и других, связанных с изучением последствий воздействия радиационных факторов на живой организм и на окружающую его среду. После 1986 г. ухудшение здоровья населения стали связывать только с чернобыльской аварией, не учитывая при этом воздействия большого количества факторов нерадиационной природы.

Субъективное отношение к ядерной энергетике присуще не только представителям средств массовой информации, но и части, причем немалой, работников здравоохранения, а также представителям административных органов различного уровня [2].

Как известно, главным ресурсом любой страны и двигателем прогресса является человек, поэтому охрана здоровья человека была и остается в настоящее время актуальной проблемой. Ее решение требует очень внимательного и объективного отношения к оценке относительной значимости вредного воздействия на здоровье людей различных факторов радиационной и нерадиационной природы.

12.1. СОЦИАЛЬНАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ЗДОРОВЬЯ. ПОКАЗАТЕЛИ ЗДОРОВЬЯ

Жизнь - это благо, а благо в жизни - это здоровье. Поэтому в настоящее время, как никогда ранее, повышается социально-экономическая значимость здоровья и мер по его охране.

Несмотря на различные сложности современного периода развития нашего общества, человек для медицины становится основным объектом внимания, но при этом и само здравоохранение, и медицинскую практику нельзя рассматривать только как сферу "обслуживания" человека. На медицину возлагаются важнейшие задачи поддержания текущей работоспособности миллионов людей, увеличения продолжительности их трудовой жизни, снижения уровня заболеваемости и смертности. Однако современная медицина должна быть не столько лечебной, сколько социально-гигиенической в самом широком и гуманном смысле этого словосочетания, а важнейшей ее задачей следует считать воспитание у людей здорового образа жизни. Причем это в большей степени относится к воспитанию личностных способностей человека, для которого здоровье является первой и важнейшей потребностью, определяющей его способность к труду, гармоническому развитию личности, а также является главной предпосылкой к познанию окружающего мира, к самоутверждению и счастью. Между тем оценить состояние здоровья населения очень сложно, поскольку понятие "здоровье" не однозначно. Состояние здоровья населения можно познать в сравнении, как и все остальные естественные и общественные явления, в развитии, в динамике, поэтому в качестве критериев общественного здоровья надо выбирать те статистические показатели, которые могут достоверно отразить изменение процесса [3].

Однако, и это особо следует отметить, что само здоровье до сих пор не имеет собственного качественного показателя. Критериями здоровья являются такие косвенные показатели, как заболеваемость, смертность, ожидаемая продолжительность предстоящей жизни. Более того, до настоящего времени еще не разработано всеобъемлющего и общепризнанного определения понятия "здоровье

человека" (здоровье индивидуума, здоровье населения). Наиболее распространенным можно считать определение "здоровья", содержащееся в Уставе Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ), которое было сформулировано еще в 1948 г.: *"Здоровье является состоянием полного физического, психического и социального благополучия, а не только отсутствием болезней или физических дефектов."* [4]. При этом предполагается наличие динамического равновесия организма с окружающей природной и социальной средами, при котором все заложенные в биологической и социальной сущности человека способности проявляются наиболее полно, а все жизненно важные подсистемы организма функционируют с максимально возможной интенсивностью [5].

Существовали и существуют большие трудности и в разработке надежных показателей (индексов) здоровья. В отличие от явлений физической и химической природы, показатели здоровья характеризуются многочисленными биологическими и социальными факторами, которые подвержены постоянным изменениям и которые трудно учитывать. В этом и заключается одна из основных трудностей разработки стабильных и универсальных показателей здоровья.

В настоящее время для оценки состояния здоровья принято использовать те показатели, разработка и учет которых достаточно хорошо налажен.

Одним из наиболее наглядных показателей, характеризующих здоровье населения, является показатель средней продолжительности жизни, который объединяет повозрастные показатели смертности и является одним из самых надежных показателей здоровья населения. Необходимо также подчеркнуть, что средняя продолжительность жизни является одним из важных и обобщающих критериев, который количественно, одним числом, характеризует биологические закономерности организма человека, уровень жизни, состояние здоровья населения, степень влияния негативных факторов, уровень развития здравоохранения, эффективность достижений медицинской науки. В табл. 12.1 представлены данные, характеризующие показатели средней продолжительности жизни населения Российской Федерации в разные годы.

Как свидетельствуют данные табл. 12.1, самая высокая продолжительность жизни населения Российской Федерации была в середине 60-х годов, еще пять лет назад средняя продолжительность жизни российских мужчин составляла 58,3 года, то есть была ниже пенсионного возраста мужчин, а в настоящее время лишь незначительно превысила их пенсионный возраст. Следует отметить, что в начале 60-х годов продолжительность жизни

**Средняя продолжительность жизни населения Российской Федерации
в разные годы [6,7]**

| Годы | Средняя продолжительность жизни, лет | | |
|------|--------------------------------------|---------|---------|
| | все население | мужчины | женщины |
| 1940 | 46,9 | 44,0 | 49,7 |
| 1955 | 67,0 | 63,0 | 69,0 |
| 1960 | 67,9 | 63,0 | 71,5 |
| 1965 | 69,8 | 67,6 | 73,3 |
| 1970 | 68,8 | 63,2 | 73,4 |
| 1975 | 68,6 | 62,8 | 73,4 |
| 1980 | 67,5 | 61,5 | 73,0 |
| 1985 | 68,1 | 62,3 | 73,3 |
| 1990 | 69,2 | 63,8 | 74,3 |
| 1995 | 64,6 | 58,3 | 71,7 |
| 1998 | 67,0 | 61,3 | 72,9 |
| 1999 | 68,0 | 62,0 | 73,8 |

российских мужчин всего на 1,5 года, а женщин - на полгода была ниже, чем в странах Запада, спустя 20 лет эта разница достигла почти 10 лет у мужчин и 6 лет у женщин, а в настоящее время она составляет 12 и 8 лет, соответственно.

В настоящее время самая высокая продолжительность жизни населения (женщин - 86 лет, мужчин - несколько меньше) отмечается в Японии, то есть в стране, которая подверглись варварской атомной бомбардировке и имеет одну из самых развитых сетей атомных электростанций. Это свидетельствует о том, что в этой стране демографической политике, конечной и в то же время бесконечной целью которой является укрепление здоровья и продление жизни населения, уделяется большое внимание.

В России самой болевой точкой современного демографического развития является высокий уровень смертности населения, особенно мужчин в работоспособном возрасте. Показатель смертности мужчин в этом возрасте в четыре раза выше, чем женщин. Причины такого явления требуют особого обсуждения, но то, что они никак не связаны с проведением ядерных испытаний в атмосфере или промышленных подземных ядерных взрывов, последний из которых "Рубин-1" был осуществлен 06.09.1988 г., а также с работой атомных электростанций, следует признать, причем в неуюду тем, кто считает, что все беды от радиации.

В настоящее время в России в структуре причин смертей одно из первых мест занимают так называемые неестественные причины - это несчастные случаи в основном в нетрезвом состоянии, отравления, травмы. Так, в 1998 г. в Российской Федерации в общей структуре причин смерти эти причины составили около 40 %.

Специалисты, занимающиеся вопросами оценки состояния здоровья населения, отмечают, что здоровье населения только на 10% зависит от уровня развития медицинской науки и степени доступности получения квалифицированной медицинской помощи, 80% здоровья определяется наследственностью, экологической обстановкой и образом жизни (рациональное питание, физические занятия, курение, потребление алкоголя и др.) и 10 % - всеми остальными сопутствующими жизни процессами. Это подтверждает тот факт, что на здоровье людей оказывает влияние большое количество факторов физической, химической, биологической и социальной природы, которые находятся в сложной взаимосвязи и взаимозависимости.

В медицинской статистике для комплексной оценки состояния здоровья населения кроме показателя средней ожидаемой продолжительности жизни используется показатель заболеваемости - распространенность болезней среди населения. Вычисляется этот показатель из расчета на 100, 1000, 10 тыс. и 100 тыс. населения в зависимости от численности населения изучаемого региона. Однако статистика заболеваемости населения даже в масштабе небольшого района не всегда адекватно отражает истинное состояние здоровья его жителей, поскольку условия жизни городского и сельского населения одного района разные, обеспечение медицинской помощью неодинаково, различно и отношение к этой помощи.

Для наиболее полного представления о состоянии здоровья населения любого региона используются так называемые стандартизованные показатели смертности, которые учитывают различия в половом и возрастном составе наблюдаемой группы населения. Следует отметить, что с показателем смертности связана общая численность населения. В табл. 12.2 представлены данные, характеризующие общую численность населения Российской Федерации в разные годы и численность населения моложе трудоспособного, трудоспособного и старше трудоспособного возрастов.

Данные табл. 12.2 свидетельствуют о том, что в Российской Федерации в течение последних 10 лет численность группы населения моложе трудоспособного возраста постоянно снижалась. Естественно, это связано со снижением рождаемости в стране, перенесшей за эти годы большие социально-политические потрясения, которые в основном и стали причиной того, что уровень рождаемости не обеспечивал простого воспроизводства населения [8,9].

В последние годы в среднем по Российской Федерации коэффициент смертности составлял 1100 умерших на 100 тыс. человек, причем наиболее высокие показатели смертности были отмечены на европейской части территории страны. Так, например, в Псковской

**Численность населения Российской Федерации в разные годы
в основных возрастных группах [7]**

| Год | Численность населения, тыс. человек | | | |
|------|-------------------------------------|---------------------------|----------------|---------------------------|
| | всего | в том числе | | |
| | | моложе трудоспособного | трудоспособное | старше трудоспособного |
| 1959 | 117534,3 | 35094,2 | 68609,4 | 13826,8 |
| 1970 | 129941,2 | 37145,1 | 72751,5 | 19987,1 |
| 1989 | 147021,9 | 35995,1 | 83746,3 | 27195,5 |
| 1992 | 148325,6 | 35719,4 | 83892,6 | 28713,6 |
| 1996 | 147608,8 | 33202,7 | 84209,0 | 30197,1 |
| 1998 | 146739,4 | 31367,0 | 84785,7 | 30586,7 |
| 1999 | 146327,6 | 30335,3 | 85547,3 | 30445,0 |

области коэффициент смертности в 1994 г. составлял 2260, а в 1995 г. - 2070, в Тверской и Новгородской - 1990 умерших на 100 тыс. населения, то есть почти на 50 % выше среднероссийского показателя [10]. Уровень смертности выше среднероссийского отмечен и к востоку от Урала - в Кемеровской и Сахалинской областях.

Положительный прирост населения в последние 5-10 лет сохранялся только в 8 республиках РФ, в основном это республики Кавказа и Закавказья: Северная Осетия, Ингушетия, Дагестан, Карачаево-Черкессия, Кабардино-Балкария, Тыва, Калмыкия, Саха(Якутия). Численность населения территорий, имеющих положительный естественный прирост жителей, составляет примерно 8 млн. человек - это 5,5 % от всего населения Российской Федерации.

Опытные российские эксперты-демографы прогнозируют продолжение снижения рождаемости в России и в начале 21 века. Связано это будет с массовым распространением однодетных (до 40-50%) и бездетных (до 30-35%) семей. Основной причиной такого положения остается нестабильность социально-политической жизни в стране, которая влечет за собой снижение роли семьи, психологическую боязнь иметь детей, а также увеличение числа разводов, а значит и увеличение численности матерей-одиночек [11].

Специалисты-демографы отмечают, что в ряде регионов Российской Федерации наблюдается высокая смертность и заболеваемость детей первого года жизни. По единодушному мнению этих специалистов основное место среди факторов, влияющих на уровень заболеваемости детей в возрасте до одного года, занимает степень культуры и образования родителей, куда следует отнести и злоупотребление алкоголем и наркотиками, а также табакокурение. Кроме того, большое значение имеют качество медицинского обслуживания, психологический климат в семье, экономические неурядицы.

Разрыв в ожидаемой продолжительности жизни мужчин и женщин, равный более 10 лет, сохранится еще в течение многих лет. Незначительное уменьшение такого разрыва возможно лишь к 2010 г. Произойти это может в основном за счет изменения отношения мужчин к своему поведению, а именно, за счет снижения алкоголизма, курения, случаев травматизма и несчастных случаев, то есть за счет самосохранения.

Значимый вклад в увеличение продолжительности жизни населения страны могут внести мероприятия, направленные на борьбу с наркоманией, особенно среди детей и подростков, на снижение уровня инфекционных заболеваний, на повышение жизненного уровня людей и улучшение их социально-бытовых условий, а также мероприятия по защите окружающей среды от различного рода загрязнителей, особенно химических.

Следует отметить, что в настоящее время большинство специалистов-экологов и медицинских работников, занимающихся оценкой степени влияния различных факторов на здоровье населения, приходят к выводу, что высокий уровень смертности и низкий показатель средней продолжительности жизни населения разных регионов Российской Федерации не следует связывать лишь с проведением ядерных испытаний или осуществлением промышленных ядерных взрывов, а также с работой атомных электростанций. Более значимый вклад в ухудшение здоровья населения внесли такие факторы, как ухудшение социально-экономических условий жизни людей, недостатки природоохранной деятельности, потребительский и даже варварский подход к разработке и добыче природных ресурсов, безответственное отношение к строительству гигантских промышленных предприятий, развитие производительных сил без должного учета экологического риска. Под экологическим риском принято понимать вероятность возникновения неблагоприятных для человека последствий от загрязнения природной среды радиоактивными и вредными химическими веществами. В общем смысле экологический риск характеризуется такими показателями, как токсикологические, медико-биологические, экономические, социальные, экологические. Условно риски можно разделить на две группы: радиационные риски и риски, связанные с воздействием на человека вредных факторов нерадиационной природы.

12.2. ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ РИСКА

Здоровье населения страны, как уже отмечалось выше, является отражением сложного комплекса явлений, происходящих как в жизни общества, так и в окружающей среде. С этой точки зрения

большое значение имеет оценка в динамике степени изолированного или сочетанного влияния различных факторов на здоровье населения в районах осуществления промышленных подземных ядерных взрывов. Результаты такой оценки позволят определить наиболее вредные для здоровья людей факторы как радиационной, так и нерадиационной природы, а также разработать мероприятия по снижению или ликвидации их воздействия на людей.

12.2.1. РАДИАЦИОННЫЙ РИСК

"Человечество родилось в радиоактивной колыбели и продолжает жить в радиоактивном мире." Пример тому - вся история человечества. Основной составляющей облучения населения земного шара являются естественные источники радиации, избежать воздействия которых совершенно невозможно. Разные виды излучения поступают на поверхность земли из космоса, а также от радиоактивных веществ, содержащихся в земной коре и в различных объектах окружающей среды. Воздействие их на человека может стать причиной его внешнего и внутреннего облучения. Облучение человека снаружи - это внешнее облучение, а поступление радиоактивных веществ внутрь организма с воздухом, которым дышит человек, или с загрязненными пищей и водой - внутреннее облучение.

Естественные источники радиации воздействуют на каждого жителя Земли, однако степень такого воздействия или уровни радиации на разных континентах Планеты различны и зависят от концентрации радионуклидов в почве каждого конкретного участка биосферы. Так, например, в мире существуют регионы, на территориях которых естественный радиационный фон значительно выше среднего естественного фона, характерного для территорий различных стран Европы. Связано это с повышенным содержанием урана и тория в почве или радия в воде этих регионов. В среднем доза облучения человека от воздействия естественных источников радиации составляет около 2,4 мЗв/год (0,24 бэр/год), о чем свидетельствуют данные, представленные в табл. 12.3.

Необходимо отметить, что с увеличением высоты над уровнем моря доза облучения от воздействия космических лучей возрастает, достигая на высоте 4 км (а это максимальная высота, на которой расположены деревни шерпов по склонам горы Эверест) примерно 2 мЗв/год.

Величины доз облучения от земной поверхности могут значительно изменяться в зависимости от концентрации урана и тория в почве. Дозы внешнего облучения большей частью населения планеты (около 95% населения) от земной поверхности, как видно

Средние дозы облучения населения от различных источников радиации [12,13]

| Источники облучения | Средние дозы облучения населения, мЗв/год | |
|--|---|----------------------|
| | мира | Российской Федерации |
| 1. Природные | | |
| Космическое излучение | 0,4 | 0,3 |
| Земное внешнее облучение | 0,5 | 0,4 |
| Внутреннее облучение | 1,5 | 1,6 |
| Всего от природных источников | 2,4 | 2,3 |
| 2. Антропогенные (искусственные) | 1,0 | 1,7 |
| Медицинские процедуры | 0,010 | 0,015 |
| Испытания ядерного оружия | 0,001 | 0,001 |
| Ядерная энергетика | 1,01 | 1,71 |
| Всего от антропогенных источников | | |
| ИТОГО (округленно) | 3,4 | 4,0 |

из приведенных в табл. 12.3 данных, не превышают 0,5 мЗв/год, однако у 3% населения величины доз при облучении от поверхности земли могут достигать 1 мЗв/год, а у 1,5% населения - даже 1,4 мЗв/год и более. На планете Земля имеются и такие регионы, на территориях которых величины доз земного внешнего облучения населения значительно превышают средние значения. Так, на юго-западе Индии дозы облучения почти 100 тыс. человек, живущих на прибрежной песчаной полосе с повышенным содержанием тория, превышают в 8-10 раз средние дозы облучения населения мира. В Бразилии на улицах города Гуарапари земные дозы внешнего облучения его жителей превышают средние значения в 30 раз, а на отдельных участках пляжа - в 400 раз. В Иране в районе города Рамсер зарегистрированы уровни радиации, равные 400 мЗв/год, что в 1000 раз выше "нормального" естественного фона [12].

Величины доз внутреннего облучения от природных источников радиации примерно в два раза выше доз внешнего облучения. Наибольший вклад в дозу внутреннего облучения, примерно 80%, вносят короткоживущие продукты распада радона-222 и радона-220, около 11% - калий-40 и 7% - такие радионуклиды, как свинец-210 и полоний-210.

У людей, находящихся в жилых помещениях, дозы облучения легких от природных источников радиации, но без учета вдыхания радона, в среднем составляют около 1 мЗв/год. Основная часть дозы облучения населения от воздействия радона накапливается при нахождении людей в закрытых непроветриваемых помещениях.

Источником радона могут являться грунты, на которых построены дома, строительные материалы, а также артезианская вода и природный газ. Так, высокое содержание радона было обнаружено в водах артезианских колодцев в Финляндии и США, причем самая высокая зарегистрированная радиоактивность воды составила 100 кБк/л. По оценкам Научного Комитета по действию атомной радиации (НКДАР), созданного в рамках ООН, около 1% населения Земли потребляют воду, удельная активность радона в которой превышает 1 кБк/л, и примерно 10 % населения - воду, в которой концентрация радона выше 0,1 кБк/л.

В целом годовая коллективная доза внешнего облучения населения Земли от природных источников радиации оценивается величиной порядка 4 млн. человекозиверт, а доза внутреннего облучения - величиной, равной 6 млн. человекозиверт, основная доля в которой принадлежит продуктам распада радона.

Кроме природных источников внешнего и внутреннего облучения населения существуют так называемые антропогенные (искусственные) источники радиации. По приведенным в табл. 12.3 данным можно сделать вывод, что в среднем величины доз облучения населения от искусственных источников радиации очень малы. Их вклад в общую дозу облучения, в отличие от вклада природного гамма-фона (космическое излучение и излучение от земной поверхности), невелик и составляет доли процентов.

Следует отметить, что при проведении промышленных подземных ядерных взрывов дозы облучения населения, причем даже в масштабах одного административного района, были очень низкие. Во всех случаях их можно было отнести к категории "малых доз", которые встречаются в природных условиях, поэтому оказать какого-либо негативного влияния на здоровья населения в районах проведения мирных ядерных взрывов такие дозы не могли. Лишь в очень редких случаях техногенные уровни облучения несколько превышали величину естественного фона, характерного для районов с повышенным содержанием в почве урана и тория. Только нештатные радиационные ситуации могли стать причиной облучения людей, и то в основном персонала, а не местного населения, в дозах, превышающих фоновые и допустимые уровни.

Не останавливаясь подробно на вопросах биологического действия ионизирующих излучений, поскольку такие сведения содержатся в целом ряде авторитетных руководств [12-15 и др.], следует кратко остановиться лишь на двух таких вопросах, как, во-первых, биологические эффекты действия радиации в интервале доз естественного фона и, во-вторых, "малые дозы", которые не представляют опасности для здоровья человека.

Как известно, при решении задач, связанных с радиационной защитой живого организма от воздействия ионизирующих излучений, биологические эффекты рассматриваются с точки зрения простой линейной зависимости "доза-эффект" [16-19]. Биологические эффекты действия радиации в интервале доз существующего на Земле естественного фона, очевидно, имеют качественные отличия, но они не связаны с линейной зависимостью. В табл. 12.4 представлены данные, характеризующие последствия воздействия на человека ионизирующих излучений в диапазоне доз от самых низких уровней естественного фона до летальных доз, разделенных на несколько интервалов, каждый из которых отличается особенностями проявления биологических эффектов.

Таблица 12.4.

Биологические эффекты действия ионизирующих излучений в различном диапазоне доз [12,20]

| Интервал доз (в единицах естественного фона, в среднем характерного для Российской Федерации, $\Phi = 1$ мГр/год) | Наиболее значимые биологические эффекты |
|---|--|
| Меньше Φ | Депрессия роста, угнетение развития. |
| $\Phi - 10\Phi$ | Стимуляция роста и развития, повышение сопротивляемости к неблагоприятным факторам. |
| 10 $\Phi - 100\Phi$ | Проявление как депрессивных, так и стимулирующих эффектов. Активизация репарационных и компенсационных механизмов. |
| 100 $\Phi - 1000\Phi$ | Повреждение отдельных органов и тканей. Репарация вредных повреждений. |
| больше 1000 Φ | Угнетение репарационных процессов. Возможно возникновение летальных исходов. |

Результаты анализа данных табл. 12.4 позволяют утверждать, что ионизирующее излучение было необходимо как для инициирования жизни на Земле, так и для существования нынешних форм жизни [21]. На ранних стадиях эволюции, когда естественный уровень ионизирующего излучения был примерно в 5 раз выше, чем в настоящее время, у организмов стали развиваться мощные защитные механизмы от появления таких неблагоприятных эффектов, как мутации и злокачественные изменения. Эти эффекты "зарождаются" внутри клеточного ядра, где ДНК являются главной мишенью. Тот факт, что эволюционное развитие продолжалось достаточно долго, служит подтверждением эффективности защиты живых организмов от радиации.

Другие неблагоприятные эффекты, приводящие к возникновению у людей острой или хронической болезни и летальному исходу, также "зарождаются" в клетке, но вне ядра. Эти эффекты индуцируются очень большими дозами, в тысячу раз превышающими естественный фон (См. табл. 12.4.).

Несомненно, и это можно объяснить и оправдать, последствия воздействия больших доз радиации на организм вызывают у людей беспокойство и страх. Однако аналогичные эмоции не могут быть оправданы при действии "малых доз". Страх перед "малыми дозами" радиации у жителей тех районов, на территориях которых проводились промышленные камуфлетные ядерные взрывы, или страх людей при контакте со слабо загрязненными при таких взрывах объектами внешней среды следует сравнить со страхом, который возникает у человека при мысли о том, что температура воды +20°C может быть опасна, поскольку при 100°C легко получить ожог третьей степени. Что же такое "малые дозы", которые не представляют опасности для здоровья человека? В табл. 12.5 приведены уровни радиации и величины годовых доз облучения населения, характерные для районов с повышенным естественным фоном радиации.

Таблица 12.5.

Показатели среднего природного (естественного) радиационного фона в различных регионах Земли [12,13]

| Регион | Экспозиционная мощность дозы излучения в воздухе | | Годовая доза облучения | |
|---|--|-------|------------------------|---------|
| | мкГр/ч | мкР/ч | мЗв/год | бэр/год |
| Российская Федерация | 0,1 | 10 | 1 | 0,1 |
| Прибрежная полоса земли на юго-западе Индии | 1 | 100 | 10 | 1 |
| Район города Гуарапары в Бразилии | 10 | 1000 | 100 | 10 |
| Район города Рамсер в Иране | 40 | 4000 | 400 | 40 |

Для каждого региона, приведенного в табл. 12.5, указанные величины доз будут являться "малыми дозами", поскольку они относятся к естественному радиационному фону в данном регионе.

К оценке величин "малых доз" можно подойти по-другому. Так, с учетом широкого диапазона радиочувствительности организма при действии радиации от допустимых доз (1 мЗв/год) до абсолютно смертельных (10000 мЗв/год) "малыми дозами" обычно считают дозы, величины которых на два порядка меньше абсолютно смертельных

доз [12]. Если 10000 мЗв/год разделить на 100, то получается 100 мЗв/год или 10 бэр/год. Таким образом, дозы облучения до и даже несколько больше 100 мЗв/год не могут представлять опасности для здоровья человека. Это подтверждают и имеющиеся данные о том, что в зонах с повышенным радиационным фоном (См. табл. 12.5.) у представителей различных возрастных групп населения, проживающего постоянно (с незапамятных времен) в таких зонах, показатели здоровья не отличаются от среднемировых, кроме того, не отмечено и увеличения неблагоприятных генетических, канцерогенных или каких-либо других эффектов [22]. Это относится и к обитателям флоры и фауны в таких регионах.

В 1995 г. Российская научная комиссия по радиационной защите (РНКРЗ) под председательством академика А.Ф. Цыба приняла "Концепцию радиационной, медицинской, социальной защиты и реабилитации населения Российской Федерации, подвергшегося аварийному облучению", в которой определен правовой статус таких понятий, как облученный и пострадавший [23]. В рамках данной концепции облученным признается тот, у кого в результате воздействия ионизирующего излучения эффективная доза острого облучения превышает 50 мЗв (5 бэр) или накопленная эффективная доза хронического облучения превышает 70 мЗв. Пострадавшим является тот, у кого в подобных обстоятельствах возникли лучевые поражения или другие заболевания, в отношении которых официально установлена причинно-следственная связь с воздействием ионизирующего излучения. Таким образом, дозы облучения до 50 мЗв/год (5 бэр) следует отнести к категории "малых доз" и считать допустимыми. Следует отметить, приняв это как факт, что при точности оценки эффективной дозы, равной примерно 50%, различия в эффектах от воздействия доз 50 мЗв и 100 мЗв практически отсутствуют, то есть их воздействие на человека будут практически одинаковое.

Для населения, проживавшего в районах проведения промышленных подземных ядерных взрывов, при облучении, причем происходило это в очень редких случаях, в дозах, величины которых соответствовали "малым дозам", наибольшую опасность здоровью представляли психосоматические расстройства. Такие расстройства не являются последствием действия ионизирующих излучений, это последствия факта использования ядерно-взрывных технологий, последствия, которые связаны только с мнительностью человека, с его психологическим восприятием такого неординарного события, каким является ядерный взрыв. Радиофобия - так одним словом можно характеризовать возникновение психосоматических расстройств. Чаще всего негативное влияние на здоровье

населения оказывает, и это надо признать, целый ряд факторов нерадиационной природы.

12.2.2. РИСКИ, СВЯЗАННЫЕ С НЕРАДИАЦИОННЫМИ ФАКТОРАМИ

В середине мая 2000 г. исполняющий обязанности председателя Госкомитета Российской Федерации по охране окружающей среды В. И. Данилов-Данильян в интервью "Российской газете" дал характеристику современного экологического состояния территории России [24]. Он отметил, что 15 % территории Российской Федерации, на которой сосредоточены большая часть населения и основная часть производства страны, находится в неудовлетворительном экологическом состоянии - это высокая степень загрязнения атмосферного воздуха, воды и суши. Было указано на резкое ухудшение состояния окружающей среды в последние годы в ряде городов и регионов страны, а именно, в городах Самара, Волгоград, Нижний Новгород, Москва и Московская область, Санкт-Петербург, Архангельск, Астрахань, Норильск, Новокузнецк, Кемерово, Красноярск. В атмосфере примерно 200 городов Российской Федерации предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ превышены в десятки раз. Кроме того, в этом интервью В. И. Данилов-Данильян привел результаты ранжирования различных вредных факторов, оказывающих негативное влияние на здоровье населения страны: *"Я считаю, - отметил он, - что по воздействию на здоровье людей сейчас именно вода стоит на первом месте. На втором, конечно, - воздух, на третьем, наверное, - всякие физические воздействия и только на четвертом - радиоактивные воздействия."*

Из высказываний бывшего министра можно сделать вывод, что воздействие вредных факторов нерадиационной природы более опасно для здоровья населения, чем воздействие радиации, тем более в "малых дозах". К факторам нерадиационной природы следует относить все явления (за исключением эффектов ионизации живой ткани), которые происходят в окружающей среде и в обществе и оказывают влияние на здоровье населения.

Следует отметить, что загрязнение окружающей среды связано с целым рядом таких негативных факторов, как нерациональное размещение по территории страны промышленных предприятий, использование экологически вредных технологий без очистных сооружений, перегруженность отдельных территорий населением и автотранспортом, оскуднение природных ресурсов, в частности, лесов, в результате варварского отношения к ним и др. Ниже

показано, какие процессы антропогенной деятельности человека приводят к негативным изменениям окружающей среды:

- Изменение структуры земной поверхности связано главным образом с распашкой степей, вырубкой лесов, нарушением режимов поверхностных вод. Все это приводит к эрозии почвы, засухам, утрате плодородия пахотных земель. Из-за роста пустынь на Земле происходит запыление воздушного бассейна.
- Загрязнение биосферы (воздуха, воды, суши) отходами быта и промышленных предприятий, а также выхлопными газами автотранспорта стало причиной изменения ее количественного и качественного состава. В течение уже ушедшего 20-го столетия значительно изменился по сравнению с 19 веком состав атмосферы: в воздушном океане стало больше на 30 % углекислого газа, вдвое возросло количество метана, на 15 % увеличилось содержание закиси азота; в тропосфере увеличилось, а в стратосфере уменьшилось содержание озона [25].
- Нарушение энергетического баланса в окружающей среде, в частности, теплового стало причиной повышения глобальной температуры и изменения климата. По результатам оценок, проведенных экспертами ООН, за время цивилизации человечеством было использовано около 100 млрд. тонн топлива различных видов, причем половина этого количества приходится на последние 50 лет [26].
- Изменения в животном и растительном мире произошли в результате варварского истребления немалых их видов. Нарушению состояния биоты способствовало чрезмерное внесение удобрений и гербицидов в почву для повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Все сказанное выше дает основание сделать вывод, что изменения в окружающей человека среде связаны не только с процессами, происходящими в природе, но и порождены социально-экономическим развитием общества. Это значит, что здоровье населения и каждого в отдельности человека зависит от уровня социально-экономической сферы, качества окружающей среды, а также гено- и фенотипических особенностей.

В 80-е годы специалисты Минздрава СССР, используя результаты анализа степени влияния различных факторов на здоровье населения и системный подход к полученным результатам, разработали концептуальную модель влияния окружающей среды на здоровье населения, которая была принята Европейским Бюро ВОЗ [27]. Эта модель, которая приведена на рис. 12.1, является актуальной и в настоящее время. Анализируя составляющие этой модели, можно видеть, что природная среда существует как в

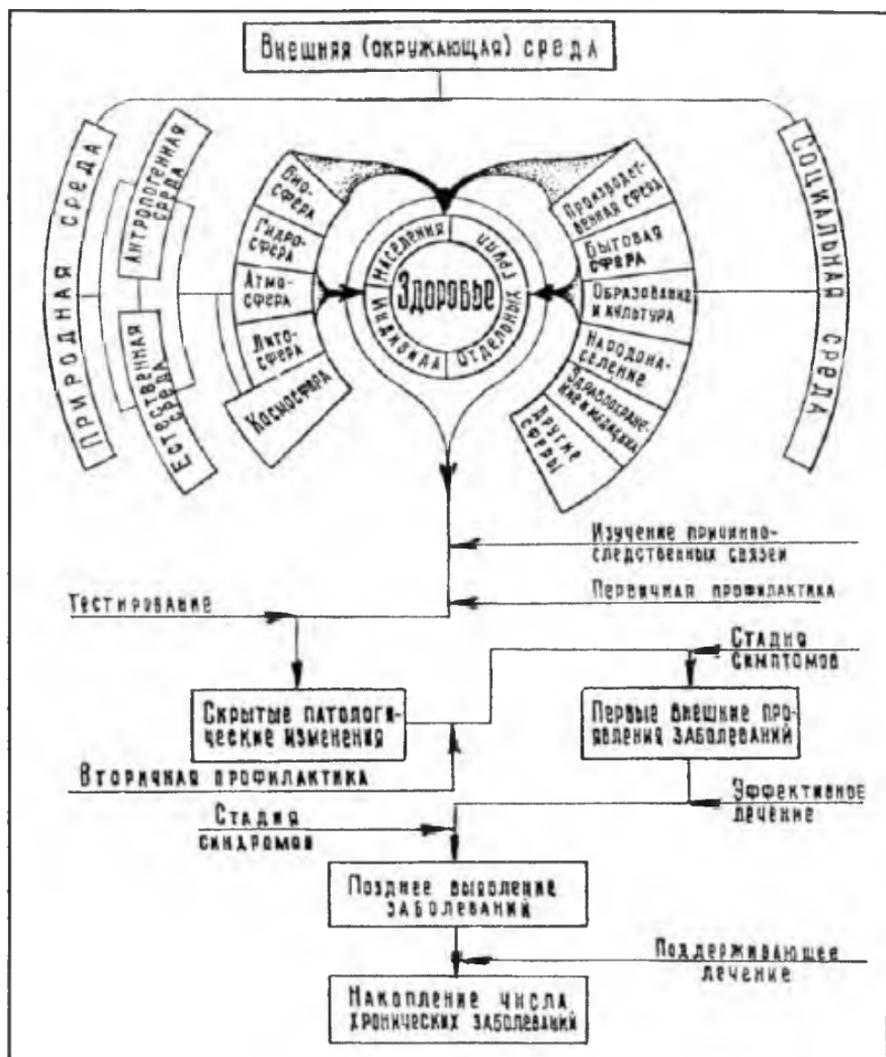


Рис. 12.1. Концептуальная модель влияния окружающей среды на здоровье населения

естественном состоянии, так и в измененном (антропогенном, техногенном) виде; социальная среда состоит из различных подсистем социальной инфраструктуры общества. Факторы каждой подсистемы как непосредственно, так и взаимодействуя между собой, оказывают существенное влияние на здоровье человека.

Установив причинно-следственные связи между окружающей средой и здоровьем населения, можно осуществлять так называемую первичную профилактику, которая может быть эффективной и отражать стратегию системы охраны здоровья. Например, строительство очистных сооружений или изменение технологичес-

ких процессов на предприятиях, загрязняющих атмосферный воздух, может привести к снижению уровня злокачественных новообразований, болезней органов дыхания, сердечно-сосудистой системы и других заболеваний. Вторичная профилактика является более сложной, поскольку должна проводиться на индивидуальном уровне путем тестирования каждого пациента с использованием различных технических средств, включая и автоматизированный скрининг. Если первичная и вторичная профилактики проводятся не на должном уровне, то возникают и развиваются болезни, накапливается число хронических заболеваний со всеми вытекающими отсюда последствиями.

В настоящее время основными факторами нерадиационной природы, оказывающими негативное влияние на здоровье населения, являются химические факторы (загрязнители), способные существенно изменить состояние окружающей среды, а также социально-бытовые факторы, которые включают в себя кроме показателей, характеризующих условия жизни и быта, питание и др., также и такие вредные привычки, как курение и употребление алкоголя.

Химические загрязнители биосферы. Загрязнение биосферы, то есть атмосферного воздуха, воды и земли, в настоящее время представляет наибольшую опасность для здоровья людей. Основными источниками загрязнения биосферы являются предприятия теплоэлектроэнергетики, промышленные предприятия и автотранспорт, отходы которых содержат большое количество вредных химических веществ. В атмосфере Земли постоянно присутствует 9-10 млн. тонн загрязняющих веществ. Как известно, загрязнение атмосферного воздуха является одной из причин увеличения заболеваний как органов дыхания, так и сердечно-сосудистой системы. Так, было установлено, что почти 20% всех болезней органов дыхания и 10% системы кровообращения связаны с загрязнением атмосферы [3].

В настоящее время проблемы загрязнения воздушного пространства наиболее остро стоят в промышленных городах, в которых проживает более 50 % населения Российской Федерации и которые можно отнести к экологически опасным зонам. Основные загрязнители воздуха и источники их выбросов представлены в табл. 12.6.

Следует отметить, что в настоящее время остановка многих промышленных предприятий из-за экономических трудностей в стране привела к сокращению выбросов вредных веществ в атмосферу на 2,4 млн. тонн в год. Однако количество таких выбросов остается все еще достаточно внушительным - 64 млн. тонн в год. За последние годы значительно увеличилось количество вредных выбросов от транспортных средств, особенно в крупных городах,

**Основные загрязнители атмосферы, содержащиеся в выбросах
предприятий различных отраслей промышленности [26]**

| Черная и цветная металлургия | Химическая и нефтеперерабатывающая промышленность | Транспорт | Производство тепловой и электрической энергии |
|---|--|---|--|
| Оксиды серы, оксид углерода, оксид азота, сернистый ангидрид, фтористый водород, пыль и сажа, которые содержат возгонные токсичных тяжелых и цветных металлов, цианистые соединения и др. | Сернистый ангидрид, оксиды азота, аммиак, сероводород, сероуглерод, хлористые и фтористые соединения, толуол, дивинил, ацетон, изопрен, кислоты, альдегиды, кетоны, эфиры, метан, пыль и др. | Выхлопные газы: оксиды углерода и азота, углеводороды, бензпирен, сернистые газы, свинец, хлор, бром, фосфор, сажа и др. Поглощает огромное количество кислорода. | Дымовые газы, содержащие сернистый ангидрид, оксиды азота, соединения натрия, ванадия, оксид углерода, продукты неполного сгорания, пыль, зола, сажа и т. д., включая выбросы радиоактивных веществ. |

достигнув 37 млн. тонн в год. Более чем в 100 городах Российской Федерации содержание в атмосфере загрязняющих веществ значительно превышает предельно допустимые санитарными нормами уровни. Основными загрязнителями окружающей среды в городах являются бензпирин, свинец, ртуть, хром и никель. Эти вещества, накапливаясь в организме человека, могут стать причиной появления неблагоприятных отдаленных последствий, так как обладают мутагенными, канцерогенными, тератогенными и эмбриогенотоксическими свойствами.

В Российской Федерации практически каждый шестой стационарный промышленный объект выбрасывает в атмосферу токсические вещества без какой-либо очистки. Четвертая часть имеющихся очистных сооружений неисправна или работает неэффективно. Все это способствует значительному снижению качества здоровья населения страны, особенно детского, а также повышению заболеваемости и дополнительной смертности.

Состояние здоровья детей - это индикатор, характеризующий состояние окружающей среды. Здоровые дети - здоровая среда, здоровая среда - здоровые дети. Например, в результате специальных исследований, проведенных на Урале в городах с развитой цветной металлургией, был установлен рост частоты появления в них детей с некоторыми наследственными заболеваниями [28]. К сожалению, следует признать, что в нашей стране очень малые средства выделялись и выделяются на охрану природы. Так, в

бывшем СССР на эти цели расходы составляли лишь 1,55% национального дохода, в США - 3%, а в Японии - 5%.

Одной из проблем при оценке состояния окружающей среды является разработка новых или возможность использования уже имеющихся методических подходов к оценке риска, связанного с химическим загрязнением природной среды. В определенных пределах для этого может быть использована методология оценки риска возникновения опухолей при воздействии ионизирующих излучений, поскольку канцерогенные эффекты от использования некоторых химических соединений аналогичны эффектам от воздействия радиации. Большой вклад в решение данной проблемы внесли сотрудники Института биофизики Минздрава СССР (ныне ГНЦ - Институт биофизики), в частности, Л. А. Ильин, А.Н. Марей, В.А. Книжников, А.С. Зыкова, Л.Ф. Глебова, Е.Ф. Романцев и др.

Известно, что химические соединения значительно отличаются по своей канцерогенной активности. В организме человека химические соединения в процессе метаболизма преобразуются в различные канцерогенные или токсические производные, концентрации которых являются значимыми параметрами дозы. Необходимо признать, что "химическая дозиметрия" является более сложной и значительно менее изученной частью общей дозиметрии, чем дозиметрия ионизирующих излучений. Это является основной причиной тех значительных неопределенностей, которые возникают при оценке величины химического риска, и не позволяет, к сожалению, использовать единую с ионизирующим излучением методологию. В работе [29] есть предложение для характеристики степени влияния химического фактора использовать "радиобиологический эквивалент канцерогенности" (РЭК), величина которого якобы позволяет сравнивать эффекты канцерогенного действия ионизирующего излучения и химического загрязнения. Однако в практике этот подход и сам критерий не нашли применения.

Следует отметить, что к нерадиационным факторам, оказывающим негативное влияние на здоровье населения, относятся и социально-бытовые факторы.

Социально-бытовые факторы. Наиболее значимыми составляющими этих факторов являются такие показатели, как условия жизни, труда и отдыха, доходы семьи, качество питания, образ жизни, уровень образования, наличие вредных привычек (табакокурение и злоупотребление алкоголем), качество медицинской помощи и т. д. Многие специалисты занимались изучением и анализом данных о влиянии этих факторов на здоровье человека (В.Ф. Демин, В.А. Книжников, В.А. Логачев, Л.А. Михалихина, Н.Г. Даренская и др.). Результаты таких анализов дают основание

утверждать, что основное влияние на уровень заболеваемости и смертности, а также на среднюю продолжительность жизни оказывают такие факторы, как питание, образ жизни, а также наличие вредных привычек, в частности, употребление алкоголя и курение.

Роль питания, калорийности, состава и качества пищи для сохранения здоровья человека бесспорна. Несбалансированное питание может привести к развитию заболеваний органов пищеварения, возникновению многих эндокринных расстройств, болезней сердечно-сосудистой и мочеполовой систем, врожденных аномалий, болезней крови.

Непоправимый вред здоровью наносят курение и злоупотребление алкоголем, о чем свидетельствуют результаты многолетних исследований и наблюдений за курящими людьми. Так, было установлено, что курение является главной причиной возникновения таких болезней, как рак легких и гортани, хронический бронхит. Курение может стимулировать возникновение рака мочевого пузыря и пищевода, цирроза печени, а также способствовать заболеванию полости рта, зева, поджелудочной железы, почек, поражению сердечно-сосудистой системы. Кроме того, следствием курения могут быть рождения детей с уродствами и мертворождения [30].

Не менее чем курение опасно для здоровья злоупотребление спиртными напитками. Алкоголизм способствует смертности от алкогольного психоза, цирроза печени, тяжелых травм и злокачественных новообразований (в основном рака бронхов и пищевода).

По результатам анализа имеющихся в литературе данных о потреблении алкоголя населением СССР и Российской Федерации в разные годы построен представленный на рис. 12.2 график, характеризующий изменение потребления алкоголя на душу населения и смертности от отравлений алкоголем [31]. На этом графике видно, что до 1960 г. душевое потребление алкоголя (кривая 1) находилось на низком уровне - оно было почти в 2 раза ниже опасного уровня, равного 8 литрам абсолютного алкоголя на человека в год, то есть такого уровня, при превышении которого, по заключению Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), наступает процесс необратимого изменения генофонда нации, или просто процесс вырождения нации. После 1960 г. в стране ежегодно стала увеличиваться государственная продажа алкогольных напитков, в результате чего их потребление на душу населения с 4 литров в год в 1960 г. увеличилось в 1980 г. до 11 литров в год, превысив тем самым опасный уровень.

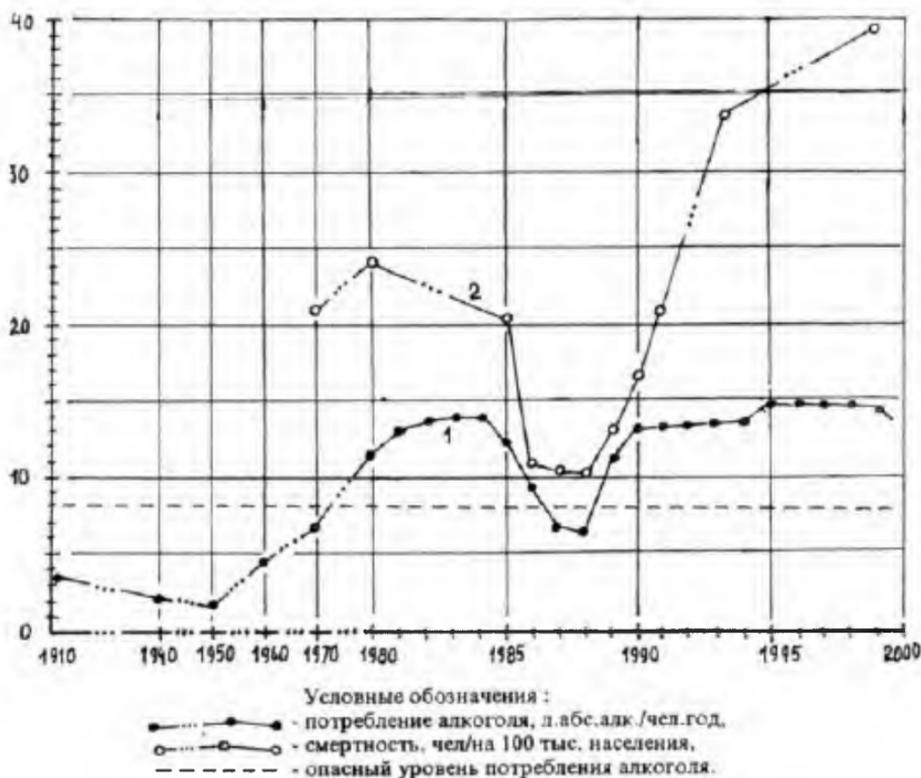


Рис. 12.2. Динамика изменения потребления алкоголя (товарного, «самопального» и самогона) на душу населения СССР и Российской Федерации, а также смертности от отравления алкоголем

Дальнейшее ежегодное увеличение потребления алкоголя в стране привело к тому, что 15.05.1985 г. вышел известный указ о мерах по усилению борьбы с пьянством и алкоголизмом. Нет смысла, да и необходимости, обсуждать методы, которые использовались в те годы в борьбе с пьянством, однако после этого указа реализация алкоголя в стране снизилась на 37 млрд. рублей в год, в результате чего значительно снизилась смертность от отравлений алкоголем и травматизма (на рис. 12.2. кривая 2), повысилась производительность труда, на 35% сократилось количество прогулов (одна минута прогула в масштабе страны в те годы стоила 4 млн. рублей). В общем итоге прибыль от снижения потребления алкоголя в 3-4 раза превысила недобор от продажи спиртных напитков и табака.

Имеющиеся в медицинской статистике данные свидетельствуют о том, что уровень заболеваемости и смертности населения коррелирует с душевым потреблением алкоголя: больше потребление алкоголя - выше заболеваемость и смертность населения, естественно,

ниже средняя продолжительность жизни [32]. Как уже отмечалось, злоупотребление алкоголем способствует и развитию онкологической патологии, то есть алкоголь может провоцировать онкологические заболевания и, кроме того, является одной из основных причин снижения качества здоровья не только взрослого населения, но и детей пьющих родителей [32].

К сожалению, следует отметить, что в конце 80-х годов и особенно после распада СССР потребление алкоголя в стране стало резко увеличиваться, причем алкоголя сомнительного качества. По данным Госкомстата Российской Федерации в 90-е годы потребление ликеро-водочных изделий почти в 2 раза превысило опасный уровень (См. рис. 12.2, кривая 1), что привело к значительному увеличению смертности от алкогольных отравлений и пьяного травматизма (См. рис. 12.2, кривая 2). К счастью, есть сведения, что в последние два года, то есть на пороге 21 века, Россия постепенно стала трезветь [33]. По данным одного из департаментов Минсельхоза РФ производство ликеро-водочной продукции за январь-май 2000 г. снизилась по сравнению с аналогичным периодом 1999 г. с 62,303 млн. декалитров до 44,502 млн. декалитров, то есть на 14% [33].

Медики утверждают, что существует определенная связь между потреблением алкоголя и курением: чем больше человек курит, тем больше пьет и наоборот. Статистика свидетельствует, что 90% алкоголиков одновременно являются и заядлыми курильщиками [34]. В Российской Федерации, по данным ВОЗ, в возрасте 30-35 лет курят 74% мужчин и 14% женщин, в 36 случаях из 100 причиной смерти людей среднего возраста является табакокурение [35]. Особую тревогу у медиков России вызывает рост числа курящих среди несовершеннолетних, а также пристрастие их к наркотикам. В среднем в Российской Федерации курят 36% мальчиков и 25% девочек в возрасте до 15 лет!

Интересно отметить, что среди пациентов медицинских учреждений более половины умирают от болезней, связанных с курением. Это и сердечно-сосудистые расстройства, и онкологические заболевания. Так, врачи утверждают: *"Если бы все дружно бросили курить, более трети больниц пришлось бы закрыть из-за отсутствия пациентов."*, поскольку 85% смертей от рака губы, полости рта, глотки, пищевода и легкого являются следствием пристрастия к табаку, более 25% всех сердечно-сосудистых заболеваний также вызваны курением.

Имеются интересные сведения английских медиков о вреде курения: *"Наградить" ребенка раком вполне могут курящие отцы. К такому выводу пришли английские медики из университета в*

Бирмингеме. Они исследовали данные о здоровье более чем 1500 родителей, чьи дети умерли от рака. Примерно в 15% случаев рак у детей, возможно, был вызван курением отцов. Эти выводы основываются на результатах лабораторных исследований, которые подтвердили: химические вещества, находящиеся в табачном дыме, нарушают структуру мужской спермы, что приводит к возникновению злокачественных опухолей у потомства. Установлено также, что риск создать у детей предпосылки заболевания раком, в частности крови и головного мозга, возрастает с количеством выкуриваемых сигарет." [36].

О важности проблемы, связанной с вредом для здоровья потребления алкоголя и курения, свидетельствуют следующий факт: в США злоупотребление алкоголем и курением учитывается при защите пострадавших от радиационных воздействий в соответствии с законом этой страны от 15.10.1990 г. "О компенсациях подвергшимся воздействию радиации". В США, в отличие от законодательства Российской Федерации, выплаты производятся только за конкретный ущерб от определенных заболеваний, перечень которых приведен в законе. Характерным является то, что компенсации в США выплачиваются однократно, а участники событий (участники ядерных испытаний, работники урановых рудников и т.д.), если они не имеют заболеваний, не могут претендовать на выплаты.

В законе США отмечены четыре категории лиц, подвергшихся воздействию радиации:

1. Заболевшие лейкемией вследствие ядерных испытаний могут претендовать на компенсацию в сумме 50 тыс. долларов.
2. Люди с онкологическими заболеваниями, возникновение которых связано с ядерными испытаниями, также могут получить компенсацию в размере 50 тыс. долларов.
3. Работники урановых рудников, заболевшие раком легких, могут претендовать на получение 100 тыс. долларов.
4. Участники ядерных испытаний в атмосфере, имеющие онкологические заболевания, могут претендовать на компенсацию в размере 75 тыс. долларов [37].

Доказательство прав на получение компенсационных выплат происходит через суд и возложено оно на самого пострадавшего (наследника), который должен представить оригиналы медицинских документов или их заверенные копии. При этом в законе США отмечается, что никакие денежные выплаты не производятся, если претендент (пострадавший) злоупотреблял алкоголем, курением и кофе.

Так, к злоупотребляющему алкоголем в американском законодательстве относится человек, который на протяжении пяти лет ежедневно выпивал примерно по 180 мл крепких алкогольных напитков (26 литров абсолютного алкоголя в год). В Российской Федерации при среднем душевом потреблении алкоголя на одного человека примерно 15 литров в год (См. рис. 12.2.) достичь уровня 26 литров год могут, вероятно, несколько миллионов любителей спиртного.

К злоупотребляющему курением американское законодательство относит человека, который на протяжении 20 лет выкуривал по 20 сигарет в день. Вполне возможно, что эту норму в России "выполняет" большинство курильщиков.

К злоупотребляющему кофе в законе США относится человек, который в течение 20 лет ежедневно выпивал в среднем 2,7 литра кофе (15 порций по 180 мл). В российской статистике отсутствуют сведения о "любителях" кофе, поэтому трудно высказать какое-либо мнение по этому поводу.

Правительство США при выплате компенсаций участникам ядерных испытаний в атмосфере учитывает еще три важных условия:

1. Претендент на компенсацию должен был находиться в конкретном месте проведения испытаний в определенное Программой испытаний время.
2. Претендент должен быть непосредственным участником испытаний ядерного оружия в атмосфере.
3. Потеря здоровья участника испытаний связана с наличием у него одного или нескольких онкологических заболеваний, указанных в перечне закона [38].

Из приведенных выше данных следует, что в США обязательным условием выплаты денежных компенсаций лицам, подвергшимся воздействию радиации в ходе проведения ядерных испытаний в атмосфере, является наличие у них онкологических заболеваний. При этом существует и дополнительное требование: не злоупотреблять алкоголем и курением. Это требование как бы уравнивает степень воздействия алкоголя и курения на здоровье человека, с одной стороны, и ионизирующего излучения - с другой.

При решении проблем, связанных с оценкой степени влияния мирных ядерных взрывов на здоровье населения Российской Федерации, обязательно нужно учитывать многофакторность данного явления, то есть степень влияния на человека большого количества вредных факторов как радиационной, так и нерадиационной природы.

12.3. О ВОЗМОЖНОМ ВЛИЯНИИ МИРНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

По данным Управления мониторинга загрязнения природной среды Госкомгидромета РФ в 1999 г., за последние 10 лет радиационная обстановка на территории Российской Федерации оставалась стабильной, содержание техногенных радионуклидов в атмосферном воздухе, почвах и поверхностных водах рек и морей постепенно снижалось [39]. В настоящее время радиоактивное загрязнение воздуха, речных вод, почвы и различных объектов природной среды не вызывает каких-либо опасений. Не отмечено негативных изменений радиационной обстановки и в местах проведения мирных ядерных взрывов на территории страны. Между тем в обществе по поводу использования ядерно-взрывных технологий в промышленных целях существуют разные точки зрения: от полного игнорирования до принятия таких идей.

Противники мирного использования ядерной энергии свои знания приобретают в основном из средств массовой информации, в которых достаточно часто появляются сведения об "огромной опасности" для человечества того, кстати очень незначительного, повышения уровня техногенного ионизирующего излучения, которое может наблюдаться при проведении промышленных подземных ядерных взрывов или работе атомных электростанций. К сожалению, сторонники этой точки зрения, возможно из-за недостаточной профессиональной подготовки специалистов, которые предоставляют сведения средствам массовой информации, а возможно из популистских соображений, под термином "техногенное излучение" объединяют принципиально разные понятия. С одной стороны, действительно возникали и могут возникать непредсказуемые события, например, радиационные аварии, сопровождающиеся значительным повышением уровней излучения. С другой стороны, - это происходящие в повседневной жизни изменения, иногда даже повышение, техногенного ионизирующего излучения, воздействие которого может привести к незначительному внешнему и внутреннему облучению людей в дозах, не представляющих опасности для их здоровья, что являлось характерным в период проведения большинства мирных ядерных взрывов.

Следует еще раз внимание читателей обратить на принципиальное различие между радиационными эффектами, возникающими в результате радиационных аварий, то есть при высоких дозах облучения (1 Зв и более), и гипотетическими рисками при низких уровнях облучения (менее 0,1 Зв/год). Данные о таких различиях были получены в ходе проведения многочисленных научных радиобиологических и радиационно-эпидемиологических исследований.

Важно, чтобы радиационные последствия, как результат осуществления мирных ядерных взрывов, находились в области приемлемого риска, который не настолько мал, чтобы с ним не считаться, но и не настолько велик, чтобы считать его чрезмерным. Приемлемый риск, связанный с использованием ядерно-взрывных технологий в целях народного хозяйства, общество должно принять как способ получения экономических и социальных выгод.

В работе [16] имеется схема, характеризующая последствия нарушения взаимных отношений в различных структурах, которые приводят к возникновению искаженной или псевдонаучной информации. Эта схема приведена на рис. 12.3.



Рис. 12.3. Неизбежные последствия нарушения взаимоотношений между различными структурами в информационном обеспечении общества и исполнительной власти

Необходимо признать тот факт, что очень часто искаженные или псевдонаучные сведения тиражируются средствами массовой информации, а затем, обрастая сенсационными слухами, при участии политиков обрушивается на общество и структуры исполнительной власти. Лишенная научно обоснованной ориентации исполнительная власть принимает порой нелепые, а зачастую и вредные решения, которые не без участия политиков реализуются в обществе, усиливая негативное влияние вредных факторов на здоровье населения. Все это сопровождается гигантским ущербом государству за счет ни в чем неповинных налогоплательщиков (Приложение 12.1.).

Выше, в тех главах, в которых представлены данные о радиационной обстановке при решении различных производственных задач с помощью подземных ядерных взрывов, было показано, что практически во всех случаях, даже при возникновении нештатных радиационных ситуаций, дозы облучения населения находились в пределах "малых доз" (См. табл. 12.5.).

Данные о здоровье населения, проживающего в условиях резко повышенного природного радиационного фона, свидетельствуют о том, что в Российской Федерации не следует ожидать ухудшения здоровья людей, повышения их онкологической заболеваемости, а тем более генетических последствий за счет кратковременного посещения этими людьми районов проведения подземных ядерных взрывов.

По поводу генетического риска известный радиобиолог России С.П. Ярмоненко в своей работе [16] отмечает: *"...в итоге многолетних наблюдений за многотысячными человеческими популяциями, подвергшимися облучению в диапазоне от малых до больших доз, во всем мире пока не зарегистрировано ни одного генетического последствия."* В этой же работе [16] приводятся результаты анализа смертности проживавших в Калужской области 105 ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, дозы облучения которых не превышали 25 сГр. Уровень смертности среди них за 8 лет был ниже показателя смертности мужчин всех возрастов этой области. Большинство ликвидаторов (41,9 %) погибли от травм и отравлений, треть из них (33,3 %) умерла от болезней системы кровообращения. Структура смертности ликвидаторов соответствует структуре смертности мужчин трудоспособного возраста. Не отмечена и связь между дозой облучения и причинами смерти ликвидаторов.

В научной литературе неоднократно сообщалось о том, что в Японии через много лет после атомных бомбардировок городов Хиросима и Нагасаки отмечен такой факт: средняя продолжительность жизни жителей этих городов, которые находились достаточно далеко от эпицентров взрывов и не погибли вскоре после этих взрывов от радиации и комбинированных поражений, значительно выше, чем тех, кто никогда не испытал на себе никакого радиационного воздействия [40].

Необычные выводы сделали и американские ученые, установившие, что на судостроительных верфях, на которых строились и демонтировались корабли с атомными энергетическими установками, среди десятков тысяч рабочих, в различной степени подвергавшихся радиационному воздействию, показатели заболеваемости ничем не отличаются от показателей заболеваемости других групп населения [41]. Более того, среди рабочих этих верфей отмечено значительно меньшее число случаев раковых заболеваний.

Аналогичные данные были получены и при обследовании многих тысяч американских военнослужащих - участников многочисленных ядерных испытаний на Невадском полигоне, атоллах Бикини, Эниветок и др. Среди "атомных ветеранов", дозы облучения ионизирующими излучениями которых были различны,

за исключением редких случаев облучения в больших дозах, показатели заболеваемости и смертности не отличаются от подобных показателей других групп населения.

Интересные сведения о влиянии "малых доз" радиации на здоровье населения были получены специалистами университета Питтсбурга при обследовании жителей тех районов США, где зафиксирован максимальный природный радиационный фон [41,42]. В этих районах наблюдается самый низкий в стране процент заболеваний раком легких.

Следует отметить, что многие специалисты не только отрицают вредное влияние ионизирующих излучений в "малых дозах" на здоровье людей, но считают радиацию необходимым компонентом жизни на Земле [43]. Однако в настоящее время проблему влияния радиационных факторов на здоровье человека тесно связывают с вопросами социальной защиты лиц, подвергшихся воздействию ионизирующих излучений.

12.4. ВОПРОСЫ СОЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ УЧАСТНИКОВ РАБОТ, СВЯЗАННЫХ С ПРОВЕДЕНИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ, И НАСЕЛЕНИЯ

Как известно, во второй половине 20 века радиоактивное загрязнение природной среды происходило в результате проведения ядерных испытаний в атмосфере и под землей, радиационных аварий на предприятиях ядерно-топливного цикла и на АЭС, сброса радиоактивных отходов в водные системы, а также после осуществления экскавационных и камуфлетных промышленных ядерных взрывов. Масштабы и степень радиоактивного загрязнения в различных ситуациях были различны. Это дало основание ряду регионов страны требовать разного рода компенсации за якобы нанесенный ущерб. В данном разделе основное внимание уделено такой сложной проблеме, как целесообразность постановки вопроса о социальной защите населения, проживающего в районах проведения подземных ядерных взрывов в промышленных целях.

В нашей стране в трудное время перестройки и экономической "неразберихи" отдельные "лидеры" районов и даже крупных регионов, опираясь на чувства радиофобии, поддерживаемые средствами массовой информации (См. рис. 12.3.), развернули "борьбу" за различные льготы и компенсации. Эта борьба усилилась после того, как были выделены из бюджета страны немалые средства Алтайскому краю за якобы нанесенный ущерб населению ядерными испытаниями, проводившимися на Семипалатинском полигоне.

В Челябинской области постчернобыльский синдром обернулся вспышкой справедливого "негодования" по поводу замалчивания

крупнейшей в мире радиационной аварии на комбинате "Маяк". Здесь целесообразно привести мнение главного специалиста Минприроды России О. Ю. Цитера, высказанное им еще в 1992 г. на научно-практической конференции "Социально-экономические проблемы радиационной экологии Челябинской области", но сохранившее актуальность и в настоящее время: *"...по мере решения, а вернее "накручивания", всего букета черновыльских проблем для многих, в особенности затратно-промышленных отраслей и людей в них работающих, стало ясно, что пробуждение в населении озабоченности и заинтересованности ядерно-радиационными проблемами своего региона - наиболее простой путь добиться притока бюджетных субсидий в регион как в целях "социальной защиты", так и в целях "реабилитации территорий". При этом отсутствие действенных механизмов реализации первого ("социальная защита") и полная свобода толкования второго ("реабилитация территорий") приводят к бессистемному планированию, составлению "резиновых" программ и в итоге к бесконтрольному расходованию средств."* Это серьезное и честное мнение специалиста "наводит" на такой вопрос: как с обоснованных позиций подойти к решению проблемы социальной защиты населения и участников работ, связанных с проведением промышленных ядерных взрывов?

В настоящее время для компенсации гражданам ущерба, связанного с воздействием радиационных факторов как во время проведения испытаний ядерного оружия, так и в результате возникновения различных радиационных аварий используются два основных принципа: "бездозовый", то есть по факту участия гражданина в каком-либо опасном для здоровья событии (ядерное испытание, ликвидация последствий радиационных аварий), и "дозовый", то есть с учетом величины эффективной дозы облучения при вынужденном пребывании и проживании на загрязненной радиоактивными веществами территории.

"Бездозовый" принцип используется для предоставления льгот и компенсаций "черновыльцам" - участникам ликвидации последствий радиационной аварии на ЧАЭС, а также бывшим военнослужащим и служащим Армии и Флота - непосредственным участникам ядерных испытаний в атмосфере, подземных испытаний с нештатными радиационными авариями, ликвидации последствий радиационных аварий на военных объектах, а также войскового учения с применением ядерного оружия на Токком артиллерийском полигоне. Группа "льготников", кроме "черновыльцев" - это группа "ветеранов подразделений особого риска", на которых распространяется постановление Верховного Совета Российской Федерации № 2123-1 от 27.12.1991 г. "О распространении Закона РСФСР

"О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС" на граждан из подразделений особого риска".

Для решения вопроса о социальных гарантиях участникам работ, связанных с осуществлением ядерных взрывов в промышленных целях, необходимо в соответствии с постановлением Верховного Совета Российской Федерации от 27.12.1991 г. № 2123-1 внести конкретный объект (промышленный ядерный взрыв) в "Перечень зарегистрированных в установленном порядке радиационных аварий...". Как правило, Правительство Российской Федерации отказывает в такой регистрации под предлогом того, что до сих пор не принят Федеральный закон "О социальной защите непосредственных участников деятельности в области ядерного оружия - граждан из подразделений особого риска." Этот закон должен был регулировать все вопросы, связанные с социальной защитой граждан-непосредственных участников ядерных взрывов с нештатными радиационными ситуациями. Постоянно получалось так, что все проекты этого закона, представляемые Минатомом России с 1992 г., отклонялись Верховным Советом или Государственной Думой РФ по различным причинам, среди которых основной было отсутствие финансовых средств.

Один из проектов этого закона наконец-то был принят Государственной Думой в трех чтениях 22.04., 22.06. и 22.09.1999 г., а также Советом Федерации 13.10.1999 г. Однако 25.10.1999 г. бывший Президент Российской Федерации Б. Н. Ельцин отклонил и этот вариант закона, сославшись в основном на невозможность его финансового обеспечения, поскольку для этого требовалось 45 млн. рублей в год, а также на то, что ряд льгот непосредственным участникам испытаний ядерного оружия уже гарантирован другими нормативными актами. Попытка Государственной Думы преодолеть вето Президента окончилась неудачей: вместо необходимого числа голосов 321 проголосовало только 214 депутатов ...

Письма от участников работ, осуществлявшихся с использованием ядерно-взрывных технологий в мирных целях, с просьбой о компенсации ущерба, причиненного вредными условиями труда, поступают постоянно в Минатом России, в Государственную Думу и в различные правительственные структуры страны. В Приложениях 12.2 и 12.3 представлены примеры рассмотрения таких писем.

"Дозовый" принцип установления льгот и компенсаций населению, подвергшемуся облучению ионизирующими излучениями, введен специальными документами - Концепциями, одобренными РНКРЗ. Так, в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации "О мерах по оздоровлению населения и

социально-экономическому развитию населенных пунктов Алтайского края, расположенных в зоне влияния ядерных испытаний" в 1994 г. группой специалистов в составе О.Т. Балуева, Н.Г. Даренской, В.А. Логачева, Н.А. Мешкова, М.Ю. Орлова, О.Н. Прокофьева, Г.С. Ронкина, В.В. Старинского, И.И. Сускова, А.А. Тер-Саакова, Н.Ф. Герасименко, В.И. Киселева, Я.Н. Шойхета, В.Ф. Демина, Е.В. Иванова, А.М. Матущенко и А.Ф. Цыба под руководством К.И. Гордеева была разработана "Концепция реабилитации населения и нормализации экологической, санитарно-гигиенической, медико-биологической и социально-экономической ситуации в населенных пунктах Алтайского края, расположенных в зоне влияния ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне". Было выделено две группы населения, отличающиеся величинами доз облучения:

- первая - лица, эффективная доза облучения которых превысила 25 сЗв (250 мЗв);
- вторая - лица, эффективная доза облучения которых была больше 5 сЗв (50 мЗв), но не более 25 сЗв.

Основным показателем для принятия решений о характере компенсационных и реабилитационных мер являлось отнесение конкретных лиц к одной из указанных выше групп. Следует отметить особо, что компенсационные и реабилитационные меры начинали действовать лишь в том случае, если величина эффективной дозы облучения жителей конкретного населенного пункта превышала 5 сЗв (50 мЗв).

Позднее, в 1995 г., РНКРЗ приняла Концепцию более общего характера, которая охватывала различные возможные виды воздействия радиации на население, названного "аварийным облучением". Эта Концепция была разработана под руководством председателя РНКРЗ, академика РАМН А.Ф. Цыба.

Для обеспечения необходимой социальной защиты, то есть для принятия решений о компенсационных и реабилитационных мерах, в Концепцию 1995 г. были введены такие понятия, как облученные и пострадавшие (См. п. 12.2.1.). В этой Концепции, так же как и в Концепции 1994 г., социальная защита предполагалась только в том случае, если эффективная доза облучения населения превышала определенный порог, величина которого также составляла 5 сЗв (50 мЗв).

Руководствуясь этими Концепциями, можно определить возможность и необходимость социальной защиты населения, проживавшего в тех регионах России, на территориях которых проводились подземные ядерные взрывы в промышленных целях. Как уже отмечалось, основным принципом осуществления каждого

промышленного взрыва было исключение вредного воздействия на участников работ, население и на окружающую среду [44]. Поэтому наиболее значительное облучение могло произойти лишь при возникновении нештатных радиационных ситуаций. Таких ситуаций было две: на объектах "Глобус-1" и "Кратон-3". На обоих этих объектах, как и на всех остальных, созданных с помощью ядерных взрывов, дозы облучения проживавшего вблизи объектов населения не превышали 50 мЗв. Таким образом, в соответствии с Концепцией 1995 г. [23], в районах проведения промышленных ядерных взрывов отсутствует необходимость осуществления каких-либо компенсационных и реабилитационных мер, однако это не исключает возможности выполнения таких работ, которые будут способствовать обеспечению радиационной безопасности населения на длительный срок (ограждение промплощадок, установка предупредительных знаков, реабилитация территорий промплощадок и др.).

...Не следует бояться воздействия радиации в "малых дозах". Как свидетельствуют специалисты, даже после атомных бомбардировок городов Хиросима и Нагасаки частота индуцированного радиацией рака среди выжившего в этих городах населения равна 2,5% - это 400 случаев заболевания лейкозом и раком на 16000 случаев аналогичных заболеваний от естественных причин [45,46].

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 12

1. Матвейчук В. Швейцарцев потянуло на горячее. "Российская газета", спецвыпуск, 2000 г., № 6 (08).
2. Гуськова А.К. Чернобыль сегодня: медицинские последствия вовлечения людей в радиационную аварию. // Медицина экстремальных ситуаций, № 3, 1999 г., - С. 62-66.
3. Воздействие на организм человека опасных и вредных экологических факторов. Метрологические аспекты в 2-х томах. / Под ред. Л. К. Исаева. - М.: ПАИМС, 1997. - 512 и 496 с.
4. НТР, здоровье, здравоохранение. / Кол. авторов под ред. А.Ф. Серенко, О.А. Александрова. - М.: Медицина, 1984. - 248 с.
5. Венедиктов Д.Д., Чернух А. М. и др. Глобальные проблемы здравоохранения и пути их решения. // Вопросы философии, 1979, № 7. - С. 106.
6. Здравоохранение в СССР (Справочные материалы для делегатов Всесоюзного съезда врачей). - М.: Минздрав СССР, 1988. - 75 с.
7. Невинная И. Жизнь и смерть - без мрачных прогнозов. "Российская газета", 11 сентября 1999 г.
8. Толоконцев Н.А., Толоконцев Д.Н. Обеспечение необходимого качества природной среды города - междисциплинарная проблема. В кн. Проблема качества городской среды. - М.: Наука, 1987. - С. 70-81.

9. Попов М., Михайлова М. // Философские и социально-гигиенические аспекты учения о здоровье и болезни. - М.: Медицина, 1975. - С. 48-58.
10. Ткаченко А. Россия делает шаг назад от демографической пропасти. "Финансовые известия", 17 мая 1996 г.
11. Белоконь О.В., Землянова Е. В., Мунтяну Л. В. Медико-социальные аспекты здоровья населения и продолжительности жизни по оценкам экспертов. // Здравоохранение, 1995, № 6. - С. 24-26.
12. Крышев И.И., Рязанцев Е.П. Экологическая безопасность ядерно-энергетического комплекса России. - М.: ИздАт, 2000.- 382 с.
13. Радиация. Дозы, эффекты, риск: Пер. с англ. - М.: Мир, 1988. - 79 с.
14. Бабаев Н.С., Демин В.Ф., Ильин Л.А. и др. Ядерная энергетика, человек и окружающая среда. / Под ред. А.П. Александрова.- М.: Энергоатомиздат, 1984.
15. Моисеев Н.Н. Человек и ноосфера. - М.: Молодая гвардия, 1990.
16. Ярмоненко С.П. Низкие уровни излучения и здоровье: радиобиологические аспекты. // Мед. радиол. и радиац. безопасность. 2000, № 2. - С. 5-32.
17. Коуэн Б.Л. Влияние моноинтенсивного излучения на здоровье. Пер. с англ. № 222. Фонды ГНЦ РФ-ИБФ. 1999. - 9с.
18. Яворовски З. Уровни радиационного риска в 20-м веке: реальность, иллюзия и этика. Пер. с англ. № 217. Фонды ГНЦ РФ-ИБФ. 1998. - 11 с.
19. Яворовски З. Радиационный риск и этика. Пер. с англ. № 223. Фонды ГНЦ РФ-ИБФ. 1999. - 14 с.
20. Кузин А.М. Стимулирующее действие ионизирующего излучения на биологические процессы. - М.: Атомиздат, 1977. - 41 с.
21. Planel H. et al., Health Physics, 52 (5), 1987. - 571 p.
22. Karam P.A., Leslie S.A. In Prac. 9th Congress of the International Radiation Protection Association, International Atomic Energy Authority, Vienna, Austria, 1996. - P. 12.
23. Концепция радиационной, медицинской, социальной защиты и реабилитации населения Российской Федерации, подвергшегося аварийному облучению. РНКРЗ, 1995. - 13 с.
24. Смольякова Т. Будет и в нашем колодце чистая вода. "Российская газета", 18 мая 2000 г.
25. Валентинов А. Сезон дождей меняет расписание. "Российская газета", 30 июня 2000 г.
26. Логачев В.А., Михалихина Л.А., Даренская Н.Г. и др. Составление и обоснование перечня необходимых количественных характеристик вредных факторов радиационной и нерадиационной природы, оказывающих влияние на изменение состояния здоровья населения и необходимых для математического моделирования вредного их воздействия. Отчет о НИР. Фонды ГНЦ РФ-ИБФ, 1992. - 34 с.
27. Комаров Ю.М. Окружающая среда и здоровье населения. Научный отчет. ВНИИ мед. и мед.-техн. инф. МЗ СССР. М.: 1980. - 46 с.
28. Гинойн М.И. Гигиеническое значение окиси меди как атмосферного загрязнителя. Автореф. дис. к.м.н., Москва, 1976. - 36 с.
29. Демин В.Ф., Книжников В.А. Об оценке риска на основе индивидуальной и коллективной дозы. - М.: ИБФ, 1982. - 21 с.

30. Обследования населения, связанные с проблемой курения и здоровья в Европейском регионе. Материалы ВОЗ, 1976. - 79 с.
31. Логачев В.А., Михалихина Л.А., Цвирбут А.И. и др. Влияние радиационных и нерадиационных факторов природы на здоровье населения Могилевской области после аварии на ЧАЭС. // Медицинская радиология, № 2, 1993.-С. 19-24.
32. Портнов А.А., Пятницкая И.Н. Клиника алкоголизма. 2-е изд. - Л.: Медицина, 1973 г.
33. Однако трезвеем? "Российская газета" 20 июня 2000 г.
34. Андреев Ф. Неразлучная парочка. Врачи выявили прямую связь между курением и алкоголизмом. "Известия", 25 мая 2000 г.
35. Тяжкая затыжка. "Российская газета", 1 июня 2000 г.
36. Подумай о потомстве. "Мир зазеркалья", № 7 (54), 2000 г.
37. Шенкарев О. Особенности законодательства США по защите пострадавших от радиационных воздействий. // Бюлл. Центра общ. инф. по атомной энергии, № 2, 2000. - С. 33-38.
38. Rabiliation Exposure Compensation Act. Pub. L. 101-426, Oct. 15, 1990, USA.
39. Челюканов В.О радиационной обстановке на территории Российской Федерации в 1999 году. Краткая справка. // Бюлл. Центра общ. инф. по атомной энергии, № 2, 2000. - С. 29-30.
40. Престон Д.Л., Като Хироо, Копеки К.Д., Фуйита Шаичиро. Исследование времени жизни: смертность от рака среди переживших взрывы А-бомбы в Хиросиме и Нагасаки. 1950-82 гг. Пер. с англ. № 4518. Отчет 10, часть 1, 1987. - 85 с.
41. Радиация, экология и здоровье человека. // Бюлл. Центра общ. инф. по атомной энергии, № 2. 2000. - С. 59-60.
42. Рябухин Ю.С . Низкие уровни ионизирующего излучения и здоровье: системный подход. (Аналитический обзор). Мед. радиол. и радиац. безопасность, 2000, Т. 45, № 4. - С. 5-45.
43. Василенко И.Я. Сочетанные поражения, радиация, полициклические ароматические углеводы, нитросоединения, диоксан, металлы, препараты ДДТ, алкоголь. // Медицина экстремальных ситуаций, № 3, 1999. - С. 36-48.
44. Ядерные испытания СССР. Т. 4. Использование ядерных взрывов для решения народнохозяйственных задач и научных исследований. / Кол. авторов под рук. В.Н. Михайлова. - Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2000. - 20 с.: ил.
45. Холл. Э.Д. Радиация и жизнь (пер. с англ.). / Под ред. Л.А. Ильина. - М.: Медицина, 1989. - 119 с.
46. Вальстрем Б. Излучения, здоровье и общество. - Вена, МАГАТЭ, 1998. - 56 с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Завершился 20 век! Мир входит не только в новый 21 век, но и в новое третье тысячелетие. Что этот век принесет народам Планеты? Мир и созидание или разрушительные войны и страдания, которыми так изобилдовал век ушедший? Будет ли атом служить миру, прогрессу и благу человечества или как в 1945 г. использоваться для атомной бомбардировки городов? А ведь ядерная энергия, как ни один вид энергии, может дать множество благ людям. Эта энергия - не только ядерное оружие, но и промышленные ядерные взрывы, с помощью которых можно увеличивать добычу полезных ископаемых, создавать подземные хранилища для вредных промышленных отходов, осуществлять глубинное зондирование земной коры, предупреждать внезапные выбросы угольной пыли и метана в шахтах и еще многое, многое другое. Вот такому мирному использованию ядерно-взрывных технологий и посвящена данная монография.

Весь приведенный в монографии материал свидетельствует о том, что в бывшем СССР с помощью ядерных взрывов, осуществившихся в рамках реализации большой по масштабам работ Программы № 7, решались важные народнохозяйственные задачи. Международное признание потенциальных возможностей использования ядерно-взрывных технологий в мирных целях было зафиксировано в тексте Договора 1968 г. о нераспространении ядерного оружия. В нем говорится, что добровольный отказ государств от создания и приобретения ядерного оружия не должен быть препятствием для возможности использования такими государствами ядерных взрывов в промышленных целях.

Однако следует признать, что применение ядерных взрывов в народном хозяйстве всегда вызывало негативное к ним отношение, но особенно после аварии на Чернобыльской АЭС 26.04.1986 г., когда наступил кризис в использовании "мирного атома". Эта катастрофа породила отрицание всего, что хоть как-то связано со словами "ядерный" или "атомный". Для неприятия общественностью промышленных ядерных взрывов были и другие конкретные причины, так, например:

- в практике международного сотрудничества не было случаев применения мирных ядерных взрывов в интересах неядерных государств в соответствии с теми возможностями, которые им были предоставлены Договором о нераспространении ядерного оружия;

- при опытной отработке технологии проведения промышленных ядерных взрывов иногда происходил частичный выход радиоактивных веществ в окружающую среду, что приводило к загрязнению ее объектов;
- в США программа использования ядерных взрывов в мирных целях была достаточно скромной и по количеству проведенных экспериментов, и по результатам, значимость которых практически не соответствовала рекламным заявлениям. Все это стало причиной быстрого свертывания и прекращения работ по программе промышленного использования ядерных взрывов.

В соответствии с заключенным в 1996 г. Договором о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ) стало невозможным проведение не только испытаний ядерного оружия, но и любых ядерных взрывов, включая промышленные. Возникает вопрос: возможно ли в будущем использование ядерно-взрывных технологий в мирных целях? Ответить на этот вопрос можно так: статья VIII Договора предусматривает проведение каждые 10 лет конференций по рассмотрению его действия. На таких конференциях по просьбе любого государства, подписавшего Договор, на основе консенсуса может быть принята рекомендация о внесении поправки, разрешающей проведение мирных ядерных взрывов, но при обязательном исключении возможности получать военные выгоды от таких взрывов.

Таким образом, нужно сначала на государственном уровне подготовить авторитетное обоснование необходимости проведения ядерного взрыва в промышленных целях и его экономической целесообразности, а затем предъявить этот проект международному сообществу на экспертизу. Можно поставить вопрос о проведении под эгидой МАГАТЭ и международным контролем определенного технологического эксперимента. Для исключения военных выгод и эксперименты, и промышленные ядерные взрывы следует проводить только под руководством международного органа, представляющего интересы всех ядерных держав. Осуществление такого контроля находится в полном соответствии с обеспечением гарантий нераспространения ядерного оружия.

Вопрос использования ядерных взрывных устройств в мирных целях предполагается решать следующим образом:

- ядерное государство, которое намерено использовать ядерный взрыв в промышленных целях, должно предоставить представителям ядерных государств, входящих в международный орган, всю информацию о ядерном устройстве и возможность доступа к нему, что будет являться полной гарантией отсутствия выполнения военных задач при проведении планируемого ядерного взрыва;

- ядерные взрывные устройства промышленного назначения должны проектироваться и создаваться с участием специалистов всех ядерных государств, что позволит исключить возможность использования этого устройства лишь одним каким-либо ядерным государством, а также обеспечить коллективный международный контроль за правильностью его применения.

Предлагаемый проект применения ядерного взрыва в промышленных целях должен быть представлен на международную экологическую экспертизу для обеспечения контроля за выполнением мер экологической безопасности во время и после проведения взрыва.

Предполагается привлечение представителей неядерных государств к обсуждению целей осуществления ядерного взрыва и редакции решаемых задач, а также к проведению инспекционных работ на стадии подготовки взрыва, экологических экспертиз и контроля за радиационной обстановкой. Работа по определению отсутствия выполнения военных задач при осуществлении конкретного промышленного ядерного взрыва должна проводиться только представителями ядерных государств. Лишь при таких условиях могут быть реализованы в полном объеме гарантии нераспространения ядерного оружия.

Необходимо констатировать, что с позиций сегодняшнего дня, когда возможно создание "чистых" ядерных взрывных устройств, когда накоплен богатый опыт проведения подземных ядерных взрывов без выхода радиоактивных веществ в окружающую среду, проблема радиозэкологической опасности осуществления промышленных ядерных взрывов практически отсутствует.

Следует обратить внимание вот на такой интересный факт: суммарная мощность мирных ядерных взрывов в СССР составила 0,75 Мт, что не превышает 2 % от мощности всех подземных ядерных испытаний, которые были проведены Советским Союзом. При этом количество долгоживущих и биологически опасных радионуклидов, "наработанных" за почти 30-летний период реализации в СССР Программы "Ядерные взрывы для народного хозяйства", составило всего 0,5 % от того их количества, которое образуется при эксплуатации АЭС России всего за один год (22 ГВт, эл.). Это дает основание для раздумий. Вполне возможно, что в 21 веке и Россия, и Мир в целом могут оказаться в ситуации, когда нужно будет ставить вопрос о необходимости возобновления работ по выполнению программ использования ядерных взрывов в промышленных целях. Для это существуют и экономические, и научные стимулы.

Как известно, ядерный взрыв обладает такими исключительными характеристиками, которые в обычных земных условиях не существуют и не могут быть достигнуты никакими способами.

Во-первых, при ядерном взрыве образуются "звездные" температуры, давления и плотности веществ с огромными потоками различных излучений - оптического, нейтронного, гамма-квантов, рентгеновского, нейтринного и др. Во-вторых, ядерный взрыв сопровождается грандиозными сейсмическими и гидродинамическими эффектами, что позволит проводить исследования в области физики сверхсильных ударных волн. В-третьих, интенсивные потоки излучений, возникающих при ядерных взрывах, дадут возможность проводить важные ядерно-физические эксперименты. Таким образом, подземный ядерный взрыв, осуществленный с соблюдением всех правил и требований сейсмической и радиационной безопасности, - это уникальная возможность использовать его для проведения исследований в различных областях физики и механики.

Долг специалистов состоит в необходимости информировать мировую общественность о тех возможностях, которыми обладают ядерно-взрывные технологии. А эти возможности практически неограничены. Однако, и это очевидно, условия для применения таких технологий в настоящее время нельзя назвать благоприятными. Поэтому целесообразно было бы специалистам, занимающимся этой проблемой, предоставить общественности через средства массовой информации сведения о вариантах возможного использования ядерно-взрывных технологий, о последствиях реализации этих вариантов, отмечая и позитивные, и негативные стороны.

Возможность применения в промышленных целях ядерно-взрывных технологий должна основываться на результатах максимально объективной оценки радиационно-гигиенических последствий при проведении подземных ядерных взрывов. Сторонники использования таких технологий в производственной и научной практике должны владеть всеми аргументами "за и против".

Конечно, главным вопросом в использовании ядерно-взрывных технологий в народном хозяйстве является экономическая и социальная приемлемость этих технологий. В бывшем СССР в период проведения промышленных ядерных взрывов отсутствовали, в силу известных причин, объективные экономические критерии, а также существовало ведомственное право, которое находилось под покровом режима секретности. Следует отметить, что причинами кризиса выполнения программы мирного использования ядерных взрывов являются не только наличие радиационных и сейсмических факторов, возникающих при взрыве, но и концептуальная несостоятельность отдельных проектов программы.

В настоящее время, и это следует признать, особый вред наносила и продолжает наносить беспороговая концепция биологического

действия радиации на человека в совокупности с существующей недоработкой гигиенических нормативов и отсутствием юридических основ сравнения степени опасности и вредности для окружающей среды и здоровья человека различных производств и применения различных промышленных технологий. Это ставит ядерно-взрывные технологии в невыгодное положение при оценке экологической опасности их применения.

Социальная неприемлемость проведения промышленных ядерных взрывов основывается на двух следующих утверждениях:

- зона подземного ядерного взрыва отчуждается практически навечно. На поверхности земли в районе эпицентра взрыва нельзя бурить, а зону взрыва нельзя использовать никогда. (Следует отметить, что этот вопрос требует законодательного оформления);
- подземные воды со временем будут выщелачивать радионуклиды из расплава и могут перенести их к человеку, что станет причиной его облучения, пусть даже в малых дозах.

Насколько же справедливы эти утверждения? Да, зона взрыва объемом менее 1 км^3 может находиться на глубине 1-2 километров. Да, на площади около 1 км^2 нельзя будет проводить какие-либо буровые работы. Однако часто общество спокойно относится к отчуждению территорий, имеющих значительно большие площади и объемы земной толщи. Стало быть, это возможно.

Немного о подземных водах. Нет, подземные воды не могут перенести значимых количеств радиоактивности к человеку, то есть количеств, превышающих гигиенические нормативы. Радиоактивные вещества при любых аварийных ситуациях будут распространяться только на локальные, очень малые по размерам территории. При квалифицированном выборе геологической среды и места проведения подземного ядерного взрыва аварийные ситуации практически исключаются. Вероятность возникновения нештатной радиационной ситуации должна находиться в приемлемых для общества пределах. При подземном ядерном взрыве сама геологическая среда является основным защитным экраном, свойства которого за все время существования полости взрыва, как показывают результаты исследований, исключают проникновение радионуклидов в среду обитания человека.

Бесспорно, до настоящего времени остались не до конца изученными некоторые явления и процессы, имеющие важное значение при решении вопросов, связанных с возможностью применения ядерно-взрывных технологий в народном хозяйстве. Это и прогноз поведения радиоактивных продуктов взрыва на большой глубине в течение длительного времени, и скорости миграции

продуктов взрыва во времени в различных пористых коллекторах, это и технологические трудности локализации радиоактивных рас-солов в подземных емкостях-хранилищах после окончания их экс-плуатации и др. Поэтому, прежде чем в категоричной форме от-казываться от использования таких технологий, нужно разумно и творчески посмотреть в недалекое будущее...

И все-таки возникает вопрос: а имеются ли у России перспек-тивы проведения подземных ядерных взрывов в народнохозяй-ственных целях? Наряду с отрицательным ответом на этот вопрос "зеленых" с различными оттенками, существует вполне обоснован-ное положительное мнение. Для положительного ответа на постав-ленный вопрос в России имеются вполне объективные причины: это мощный научно-технический потенциал, бесценный опыт про-ведения ядерно-взрывных экспериментов, получение большого экономического эффекта при использовании ядерно-взрывных технологий в разных отраслях народного хозяйства, особенно при добыче углеводородного сырья и полезных ископаемых, создании подземных емкостей, захоронении высокотоксичных и радиоак-тивных отходов и др. Об экономическом эффекте свидетельству-ют данные расчетов, выполненных специалистами ВНИИПром-технологии, а именно:

- глубинное сейсмозондирование земной коры - 160 млн. руб. (в ценах 1984 г.);
- ликвидация аварийных газовых фонтанов - свыше 32 млн. руб. (в ценах 1961 г.);
- эксплуатация созданных ядерными взрывам подземных храни-лищ - 37 млн. руб. (в ценах 1984 г.);
- защита окружающей среды от загрязнения промышленными стоками - 270 млн. руб. (в ценах 1990 г.).

По поводу перспектив использования ядерно-взрывных техно-логий в мирных целях академик В.Н. Михайлов заметил: *"В на-учном плане эта тема не закрыта. Может, когда-то и появится проект, который воспримет мировое сообщество."*

На вопрос: насколько в действительности безопасны подземные ядерные взрывы, можно ответить так: настолько, насколько может быть безопасна любая технология, созданная руками человека.

Конечно, умная симпатичная лошадь привлекательнее изры-гающего солярный дым автобуса, но прогресс, господа, прогресс... А вообще говоря, жизнь - процесс крайне вредный, и от него, как правило умирают...

К счастью, еще живы те, кто отдал большую часть своей жизни решению проблем, связанных с применением ядерно-взрывных тех-нологий в народнохозяйственных целях. Это удивительные люди.

Они никогда не теряли чувства юмора, не знали усталости, не жаловались на неустроенность быта, а порой и на полное отсутствие элементарных бытовых условий, и как могли создавали их сами, с честью и достоинством выходили из любых трудных ситуаций, в порядке взаимовыручки выполняли любую работу, даже если она не соответствовала их профессии... Можно много хороших слов говорить об этих прекрасных людях, поскольку все, что они делали, создавалось для всего народа, для своей страны - тогда еще Советского Союза. Низкий им поклон!

И сейчас можно с уверенностью сказать, что, как и осуществление ядерных испытаний на Семипалатинском и Новоземельском полигонах, проведение подземных ядерных взрывов в промышленных целях - это величайший подвиг советских ученых и всего народа.

Участники этих событий полны надежды на то, что их знания, опыт и результаты работы будут востребованы в будущем. Они уверены, что **Россия - наша многострадальная, но прекрасная Родина** - поднимет голову и не потеряет тех позиций, которые она имела и еще имеет в решении такой важной проблемы, как использование ядерно-взрывных технологий в мирных целях, то есть на благо людей, на благо МИРА.

ПРИЛОЖЕНИЯ

**КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИРНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ, ПРОИЗВЕДЕННЫХ
НА ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО СССР В 1965-1988 ГГ.
(по датам проведения)**

Сокращения, принятые в таблице:

- СИП - Семипалатинский испытательный полигон, Республика Казахстан;
 ЯВТ - ядерные взрывные технологии;
 РФ - Российская Федерация;
 РО - радиационная обстановка;
 РИГ - радиоактивные инертные газы;
 ЕРФ - естественный радиационный фон;
 скв. - скважина

| № пп | Объект (условное наименование), его назначение и местоположение | Дата и условия проведения взрыва | Глубина золожения заряда, м | Энерговыделение заряда, кт ТЭ | Сейсмическая величина (магнитула) | Радиационная обстановка и состояние объекта |
|------|--|---|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1. | Площадка "Чаган". Отработка ЯВТ на СИП - создание искусственного водохранилища. | 15.01.1965 г. скв. 1004 | 178 | 140 | 6,0 | Искусственное водохранилище находится в опытно-промышленной эксплуатации. За пределами санитарно-защитной зоны (100-150 м от навала грунта) РО на уровне ЕРФ. В настоящее время мощность дозы на гребне составляет 2-3 мР/ч. Уровень радиоактивного загрязнения воды в воронке равен примерно 12 Бк/л. Ведется постоянный радиационный контроль. |
| 2. | "Бутан-1,2" интенсификация добычи нефти и газа. РФ, Башкортостан, 40 км восточнее г. Мелеуз. | 30.03.1965 г. скв. 617 и скв. 618 | 1341 1375 | 2×2,3 | | Одновременный групповой взрыв в двух скважинах. Объект находится в опытно-промышленной эксплуатации. РО на уровне ЕРФ. Ведется постоянный радиационный контроль. |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----|--|----------------------------|------|-----|-----|---|
| 3. | “Буган” То же | 10.06.1965 г. скв. 622 | 1350 | 7,6 | — | Объект находится в опытно-промышленной эксплуатации. РО на уровне ЕРФ. Ведется постоянный радиационный контроль. |
| 4. | Площадка “Сары- Узень”. Отработка ЯВТ на СИП. Эксперименты по созданию водохранилищ в засушливых районах СССР не получили дальнейшего развития. | 14.10.1965 г. скв. 1003 | 48 | 1,1 | — | Образовалась воронка выброса грунта. В настоящее время мощность дозы на гребне составляет 50 мкР/ч. За пределами навала - ЕРФ. Ведется постоянный радиационный контроль. |
| 5. | “Азгир” Создание подземных емкостей в массиве каменной соли на площадке “Галит”. Казахстан, Гурьевская обл., 180 км севернее города Астрахань. | 22.04.1966 г. скв. А-1 | 161 | 1,1 | 4,7 | Первый подземный ядерный взрыв по созданию полостей в каменной соли. <u>Возникла нештатная радиационная ситуация (НРС).</u> Произошло раннее истечение РИГ в атмосферу через исследовательские скважины. Время начала истечения - 12 мин, суммарный выход активности - $1,9 \times 10^5$ Ки. Скважина законсервирована, мощность дозы вблизи скважины – 20-60 мкР/ч. За пределами промплощадки РО на уровне ЕРФ. Ведется постоянный радиационный контроль. |
| 6. | “Урта-Булак”. Перекрытие скважины газового фонтана. Узбекистан, Бухарская область, 80 км южнее г. Бухары. | 30.09.1966 г. скв. 1-С | 1532 | 30 | 5,1 | Первое применение ядерного взрыва для перекрытия скважины газового фонтана. Объект закрыт. РО на уровне ЕРФ. |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----|---|---|------|--------|-----|--|
| 7. | <p>“Тавда” Создание подземных емкостей. РФ, Тюменская обл., 70 км северо-восточнее города Тюмень.</p> | 06.10.1967 г. скв. | 172 | 0,3 | 4,7 | <p>Объект закрыт. РО на уровне ЕРФ.</p> |
| 8. | <p>“Памук” Перекрытие скважины газовой фонтана. Узбекистан, Кашкадарьинская область, 70 км западнее г. Карши.</p> | 21.05.1968 г. скв. | 2440 | 47 | 5,4 | <p>Объект закрыт. РО на уровне ЕРФ.</p> |
| 9. | <p>“Азгир” Создание подземных емкостей в массиве каменной соли на площадке “Галит”. Казахстан, Гурьевская область, 180 км севернее города Астрахань.</p> | 01.07.1968 г. скв. А-2 | 600 | 27 | 5,5 | <p>Наблюдалось небольшое истечение РИГ по исследовательской скважине через 30 мин после взрыва. В период 1975-1979 гг. в емкости проведено 6 экспериментов с подрывом ядерных зарядов сверхмалой мощности (0,01-0,5 кт) для отработки метода получения трансплутониевых элементов в индикаторных количествах. Объект находится под наблюдением. Проведена рекультивация земель. Территория размером 150×300 м ограждена, мощность дозы в ее пределах - до 3 мР/ч, за ее пределами - ЕРФ. Ведется постоянный радиационный контроль.</p> |
| 10. | <p>“Телькем-1” Калибровочный взрыв на выброс грунта на СИП.</p> | 21.10.1968 г. скв. 2308 | 31,4 | 0,24 | | <p>Образовалась воронка выброса. За пределами навала грунта - ЕРФ. РО под контролем.</p> |
| 11. | <p>“Телькем-2” Калибровочный взрыв на выброс грунта с образованием траншеи (канала) на СИП.</p> | 12.11.1968 г. скв. 2305, 2306 и 2307 | 31,4 | 3×0,24 | | <p>Образовалась траншея канального профиля длиной 142 м, шириной 60-70 м и глубиной 16 м. Уровни радиации на гребне навала до 30 мкР/ч. За его пределами - ЕРФ. РО под контролем.</p> |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----|--|-----------------------------|------|-----|-----|---|
| 12. | “Грифон” Интенсификация добычи нефти и газа. РФ, Пермская обл., 10 км южнее г. Оса. | 02.09.1969 г. скв. 1001 | 1212 | 7,6 | 4,9 | Объект находится в опытно-промышленной эксплуатации. РО на уровне ЕРФ. Ведется постоянный радиационный контроль. |
| 13. | “Грифон” То же | 08.09.1969 г. скв. 1002 | 1208 | 7,6 | 4,9 | То же |
| 14. | “Тахта-Кугульта” Интенсификация газодобычи. РФ, Ставропольский край, 100 км северо-восточнее г. Ставрополя. | 26.09.1969 г. скв. | 712 | 10 | 5,6 | Объект законсервирован. РО на уровне ЕРФ. Проводится эпизодический радиационный контроль. |
| 15. | “Скважина 2-Т” Исследование провальных воронок. Казахстан, Мангышлакская область 100-150 км юго-восточнее пос. Сай-Утес. | 06.12.1969 г. | 407 | 30 | 5,8 | Объект рекомендован к закрытию. РО на дне провальной воронки и на прилегающей территории на уровне ЕРФ. |
| 16. | “Магистраль” (Совхозное) Создание подземных емкостей. РФ, Оренбургская обл., 70 км северо-восточнее г. Оренбург. | 25.06.1970 г. скв. 1Т-2С | 702 | 2,3 | 4,9 | Первый ядерный взрыв для создания емкостей - хранилищ газа. После 18 лет опытно-промышленной эксплуатации объект находится на стадии консервации. В пределах промзоны уровни радиации достигают 30-40 мкР/ч. За пределами промзоны - ЕРФ. Ведется постоянный радиационный контроль. Подготовлены проектные решения о закрытии объекта |
| 17. | “Скважина 6-Т” Исследование провальных воронок. Казахстан, Мангышлакская обл. 100-115 км юго-восточнее поселка Сай-Утес. | 12.12.1970 г. | 740 | 80 | 6,1 | Объект рекомендован к закрытию. РО на дне провальной воронки и на прилегающей территории на уровне ЕРФ. |
| 18. | “Скважина 1-Т” То же | 23.12.1970 г. | 470 | 75 | 6,1 | То же |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----|---|------------------------------------|-----|------|-----|--|
| 19. | “Тайга” Опытно-экспериментальные работы по созданию траншеи-выемки. РФ, Пермская обл., 100 км северо-западнее города Красновишерск | 23.03.1971 г. скв. 1Б, 2Б и 3Б. | 128 | 3×15 | 5,6 | Обработка части Печоро-Колвинского канала. Выемка с навалом грунта обозначена знаками санитарно-защитной зоны (СЗЗ) (200-350 м от навала грунта). РО в пределах СЗЗ до 1 мР/ч, а за ее пределами - ЕРФ. Ведется периодический радиационный контроль. |
| 20. | “Штольня 148/1” Обработка технологии самозащоронения радиоактивных продуктов подземного ядерного взрыва на СИП. | 09.04.1971 г. | - | 0,23 | - | РО на уровне ЕРФ. |
| 21. | “Глобус-4” Глубинное сейсмическое зондирование. РФ, Коми АССР, 30 км юго-западнее города Воркута. | 02.07.1971 г. скв. ГБ-4 | 542 | 2,3 | 4,7 | Объект закрыт. РО на уровне ЕРФ. |
| 22. | “Глобус-3” То же. РФ, Коми АССР, 140 км юго-западнее города Печора. | 10.07.1971 г. скв. ГБ-3 | 465 | 2,3 | 5,3 | То же. |
| 23. | “Глобус-1” То же. РФ, Ивановская обл. 40 км северо-восточнее города Кинешма. | 19.09.1971 г. скв. ГБ-1 | 610 | 2,3 | 4,5 | <u>Возникла нештатная радиационная ситуация (НРС).</u> Наблюдались ранний выход газообразных продуктов взрыва и загрязнение грунта около устья скважины. Объект под наблюдением, планируется частичная дезактивация и рекультивация участка. На прилегающей к промплощадке территории РО на уровне ЕРФ. |
| 24. | “Глобус-2” То же. РФ, Архангельская обл., 80 км северо-восточнее г. Котлас. | 04.10.1971 г. скв. ГБ-2 | 595 | 2,3 | 5,1 | Раннего выхода продуктов не было. РО в пределах ЕРФ. На отдельных участках объекта наблюдается мощность дозы до 30 мкР/ч. Объект закрыт. |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----|--|---------------------------|------|-----|-----|--|
| 25. | “Сапфир” (Дедуровка) Создание подземных емкостей. РФ, Оренбургская обл., 40 км юго-западнее г. Оренбург. | 22.10.1971 г. скв. Е-2 | 1140 | 15 | 5,3 | Объект находится в опытно-промышленной эксплуатации. Проводятся работы по очистке отдельных участков промплощадки, за пределами которой наблюдается ЕРФ. Ведется постоянный контроль за РО |
| 26. | “Азгир” Создание подземных емкостей в массиве каменной соли на площадке “Галит”. | 22.12.1971 г. скв. А-3 | 986 | 64 | 6,0 | Объект под наблюдением. За пределами промплощадки РО на уровне ЕРФ. Ведется постоянный радиационный контроль. |
| 27. | “Кратер” Перекрытие скважины газового фонтана. Туркмения, Марыйская обл., 30 км юго-восточнее г. Мары. | 11.04.1972 г. скв. | 1720 | 15 | 4,9 | Объект закрыт. РО на уровне ЕРФ. |
| 28. | “Факел” То же Украина, Харьковская обл., 20 км севернее г. Красноград | 09.07.1972 г. скв. | 2483 | 3,8 | 4,8 | То же. |
| 29. | “Регион-3” Глубинное сейсмическое зондирование. Казахстан, Уральская область, 250 км юго-западнее г. Уральск. | 20.08.1972 г. скв. Р-3 | 489 | 6,6 | 5,7 | То же. |
| 30. | “Днепр-1” Опытно-промышленные работы по дроблению руды. РФ, Мурманская обл., 20 км севернее города Кировск. | 04.09.1972 г. штольня | 131 | 2,1 | 4,5 | Объект законсервирован. РО на уровне ЕРФ. Проводится эпизодический радиационный контроль. |
| 31. | “Регион-1” Глубинное сейсмическое зондирование. РФ, Оренбургская обл., 70 км юго-западнее г. Бузулук. | 21.09.1972 г. скв. Р-1 | 485 | 2,3 | 5,1 | Объект закрыт. РО на уровне ЕРФ. |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----|---|----------------------------|------|-----|-----|---|
| 32. | “Регион-4” То же РФ, Калмыкия, 80 км северо- восточнее города Элиста. | 03.10.1972 г. скв. Р-4 | 485 | 6,6 | 5,8 | То же. |
| 33. | “Регион-2” То же. РФ, Оренбургская область, 90 км юго-западнее г. Бузулук. | 24.11.1972 г. скв. Р-2 | 672 | 2,3 | 4,7 | То же. |
| 34. | “Регион-5” То же. Казахстан, Кустанайская обл., 160 км юго-восточнее г. Кустанай. | 24.11.1972 г. скв. Р-5 | 423 | 6,6 | 5,2 | То же. |
| 35. | “Меридиан-3” То же. Казахстан, Чимкентская обл., 90 км юго-западнее г. Туркестан. | 15.08.1973 г. скв. МН-3 | 600 | 6,3 | 5,3 | То же. |
| 35. | “Меридиан-3” То же. Казахстан, Чимкентская обл., 90 км юго-западнее г. Туркестан. | 15.08.1973 г. скв. МН-3 | 600 | 6,3 | 5,3 | То же. |
| 36. | “Меридиан-1” То же. Казахстан, Целиноградская обл., 110 км восточнее г. Аркалык. | 28.08.1973 г. скв. МН-1 | 395 | 6,3 | 5,2 | То же. |
| 37. | “Меридиан-2” То же. Казахстан, Чимкентская область, 230 км юго-восточнее г. Джезказган. | 19.09.1973 г. скв. МН-2 | 400 | 6,3 | 5,2 | То же. |
| 38. | “Сапфир” (Дедуровка) Создание подземных емкостей. РФ, Оренбургская область, 40 км юго-западнее г. Оренбург | 30.09.1973 г. скв. Е-3 | 1145 | 10 | 5,2 | Объект находится в опытно-промышленной эксплуатации. Проводятся работы по очистке отдельных участков промплощадки, за пределами которой наблюдается ЕРФ. Ведется постоянный радиационный контроль. |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----|---|-----------------------------|------|------|-----|--|
| 39. | “Кама -2” Захоронение промстоков в глубокие геологические формации. РФ, Башкирия, 30 км западнее г. Серлитамак | 26.10.1973 г. скв. | 2026 | 10 | 4,8 | То же. |
| 40. | “Кама-1” То же. РФ, Башкирия, 20 км западнее г. Салават. | 08.07.1974 г. скв. | 2123 | 10 | 4,6 | То же. |
| 41. | “Горизонт-2” Глубинное сейсмическое зондирование. РФ, Ямало-Ненец- кий АО, 190 км северо-западнее п. Газовский. | 14.08.1974 г. скв. Г-2 | 534 | 7,6 | 5,5 | Объект закрыт. РО на уровне ЕРФ. |
| 42. | “Горизонт-1” То же. РФ, Коми АССР, 70 км юго-западнее г. Воркута. | 29.04.1974 г. скв. Г-1 | 583 | 7,6 | 5,2 | То же. |
| 43. | “Кристалл” Создание плотины рыблением (вспучиванием) пород. РФ, Якутия, 70 км северо- восточнее п. Айхал. | 02.10.1074 г. скв. | 98 | 1,7 | 4,6 | После рекультивации РО находится практически на уровне ЕРФ. Проводится эпизодический радиационный контроль. |
| 44. | “Лазурит” Отработка ЯВТ на СИП – строитель- ство плотины путем сброса части горного склона. Урочище “Муржик”. | 07.12.1974 г. скв. Р-1 | 75 | 1,7 | 4,7 | РО на уровне ЕРФ. Ведется радиационный контроль. |
| 45. | Штольня 148/5 Отработка технологии самозахоронения радиоактивных продуктов подзем- ного ядерного взрыва. СИП. | 16.12.1974 г. | + | 3,8 | + | РО на уровне ЕРФ. |
| 46. | “Азгир” Повторный взрыв в полости А-2 на площадке “Галит” для получения трансплутониевых элементов. Казахстан, Гурьев- ская область, 180 км севернее г. Астрахань. | 25.04.1975 г. скв. А-2-2 | 600 | 0,35 | 4,9 | Объект под наблюдением. Проводятся работы по рекультивации земель. За пределами промплощадки РО на уровне ЕРФ. Ведется радиационный контроль. |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----|---|-----------------------------|------|-----|-----|--|
| 47. | “Горизонт-4” Глубинное сейсмическое зондирование РФ, Якутия, 120 км юго-западнее города Тикси. | 12.08.1975 г. скв. Г-4 | 496 | 7,6 | 5,2 | Объект закрыт. РО на уровне ЕРФ. |
| 48. | “Горизонт-3” То же. РФ, Таймырский АО Красноярского края, 90 км северо-восточнее города Норильск. | 29.09.1975 г. скв. Г-3 | 834 | 7,6 | 4,9 | То же. |
| 49. | “Азир” Повторный взрыв в полости А-3 на площадке “Галит” для снижения сейсмического эффекта (декаплинг). Казахстан, Гурьевская обл., 180 км севернее г. Астрахань. | 29.03.1976 г. скв. А-3-2 | 986 | 10 | 4,4 | За пределами промплощадки РО на уровне ЕРФ. Ведется радиационный контроль. |
| 50. | “Азир” Создание подземных емкостей в массиве каменной соли на площадке “Галит”. Там же. | 29.07.1976 г. скв. А-4 | 1000 | 58 | 5,9 | Объект закрыт. РО на уровне ЕРФ. Проводится эпизодический радиационный контроль. |
| 51. | “Ока” Интенсификация добычи нефти и газа. РФ, Якутия, 90-120 км юго-западнее города Мирный. | 05.11.1976 г. скв. 42 | 1522 | 15 | 4,9 | Объект законсервирован. РО на уровне ЕРФ. Проводится радиационный контроль. |
| 52. | “Метеорит-2” Глубинное сейсмическое зондирование. РФ, Таймырский АО Красноярского края, 90 км северо-восточнее г. Норильск. | 26.07.1977 г. скв. М-2 | 850 | 15 | 4,9 | Объект закрыт. РО на уровне ЕРФ. |
| 53. | “Метеорит-5” То же РФ, Бурятия, 60 км юго-восточнее города Хилок. | 11.08.1977 г. скв. М-5 | 494 | 8,5 | 5,2 | То же. |
| 54. | “Метеорит-3” То же. РФ, Эвенкийский АО Красноярского края, 40 км юго-западнее пгт. Тура. | 21.08.1977 г. скв. М-3 | 600 | 8,5 | 5,0 | То же. |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----|---|-----------------------------|------|------|------|--|
| 55. | “Метеорит-4” То же. РФ, Иркутская обл., 70 км северо- восточнее г. Усть-Кут. | 10.09.1977 г. скв. М-4 | 550 | 7,6 | 4,8 | То же. |
| 56. | “Азгир” Создание подземных емкостей в массиве каменной соли на площадке “Галиг”. Казахстан, Гурьевская обл., 180 км севернее г. Астрахань. | 30.09.1977 г. скв. А-5 | 1500 | 10 | 5,1 | Объект закрыт. РО на уровне ЕРФ. Проводится эпизодический радиационный контроль. |
| 57. | “Азгир” Третий (второй дополнительный) взрыв в полости А-2 на площадке “Галиг” с целью получения транс- плутониевых элементов. Казахстан, Гурьевская обл., 180 км севернее г. Астрахань. | 14.10.1977 г. скв. А-2-3 | 600 | 0,1 | 3,42 | Объект под наблюдением. Проводятся работы по рекультивации земель. За пределами промплощадки РО на уровне ЕРФ. Ведется радиационный контроль. |
| 58. | “Азгир” . Четвертый (третий дополнительный) взрыв в полости А-2 на площадке “Галиг” с целью получения трансплутониевых элементов. Там же. | 30.10.1977 г. скв. А-2-4 | 600 | 0,01 | | То же. |
| 59. | “Кратон-4” Глубинное сейсмо- зондирование. РФ, Якутия, 100 км северо-западнее пгт. Сангар. | 09.08.1978 г. скв. КР-4 | 567 | 22 | 5,6 | Объект закрыт. РО на уровне ЕРФ. |
| 60. | “Кратон-3” То же. РФ, Якутия, 50 км восточнее пгт. Айхал | 24.08.1978 г. скв. КР-3 | 577 | 22 | 5,1 | Возникла нештатная радиационная ситуация (НРС). |
| 61. | “Азгир” Пятый (четвертый дополнительный) взрыв в полости А-2 на площадке “Галиг” с целью получения трансплутониевых элементов. Казахстан, Гурьевская обл., 180 км севернее г. Астрахань. | 12.09.1978 г. скв. А-2-5 | 600 | 0,08 | 3,02 | За пределами промплощадки РО на уровне ЕРФ. Ведется постоянный радиационный контроль. |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----|--|-----------------------------|------|--------------------|------|---|
| 62. | “Кратон-2” Глубинное сейсмозондирование. РФ, Красноярский край, 100 км южнее г. Игарка. | 21.09.1978 г. скв. КР-2 | 886 | 15 | 5,2 | Объект закрыт. РО на уровне ЕРФ. |
| 63. | “Вяпка” Интенсификация добычи нефти и газа. РФ, Якутия, 90-120 км юго-западнее города Мирный. | 08.10.1978 г. скв. 43 | 1545 | 15 | 5,2 | Объект законсервирован. РО на уровне ЕРФ. Проводится радиационный контроль. |
| 64. | “Азгир” Создание подземных емкостей в массиве каменной соли на площадке “Галиг”. Казахстан, Гурьевская обл., 180 км севернее г. Астрахань. | 17.10.1978 г. скв. А-7 | 971 | 0,001-20 20-150 | 5,8 | Первый групповой ядерный взрыв на площадке “Галиг” суммарной мощностью 73 кт. Объект закрыт. РО на уровне ЕРФ. Проводится радиационный контроль. |
| 65. | “Кратон-1” Глубинное сейсмозондирование. РФ, Ханты-Мансийский АО, 400 км юго-западнее г. Салехард. | 17.10.1978 г. скв. КР-1 | 593 | 22 | 5,5 | Объект закрыт. РО на уровне ЕРФ. |
| 66. | “Азгир” Шестой (пятый дополнительный) взрыв в полости А-2 на площадке “Галиг” с целью получения транс-плутониевых элементов. Казахстан, Гурьевская обл., 180 км севернее г. Астрахань. | 30.11.1978 г. скв. А-2-6 | 600 | 0,06 | 3,07 | За пределами промплощадки РО на уровне ЕРФ. Ведется постоянный радиационный контроль. |
| 67. | “Азгир” Создание подземных емкостей в массиве каменной соли на площадке “Галиг”. Там же. | 18.12.1978 г. скв. А-9 | 630 | 103 | 6,0 | В эпицентре взрыва образовалась провальная воронка, изолированная от котловой полости. РО на уровне ЕРФ. Объект закрыт. Проводится радиационный контроль. |
| 68. | “Азгир” Седьмой (шестой дополнительный) взрыв в полости А-2 на площадке “Галиг” с целью получения транс-плутониевых элементов. Там же. | 10.01.1979 г. скв. А-2-7 | 600 | 0,5 | 4,36 | За пределами промплощадки РО на уровне ЕРФ. Ведется постоянный радиационный контроль. |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----|---|--------------------------------|------|----------------------------------|-----|--|
| 69. | “Азгир” Создание подземных емкостей в массиве каменной соли на площадке “Галит”. Там же. | 17.01.1979 г. скв. А-8 | 995 | 0,001-20 20-150 | 6,0 | Групповой ядерный взрыв суммарной мощностью 65 кт. Возникла нештатная радиационная ситуация (НРС) в результате слаборапного истечения РИГ, начавшегося через 1 час после взрыва. Объект закрыт. Проводится постоянный радиационный контроль. |
| 70. | “Азгир” То же. Там же. | 14.07.1979 г. скв. А-11 | 982 | 0,001-20 0,001-20 0,001-20 | 5,6 | Групповой взрыв трех зарядов суммарной мощностью 21 кт. Объект закрыт. РО на уровне ЕРФ. Проводится эпизодический радиационный контроль. |
| 71. | “Кимберлит-4” Глубинное сейсмическое зондирование. РФ, Якутия, 390 км западнее г. Якутск. | 12.08.1979 г. скв. КМ-4 | 982 | 8,5 | 4,9 | Объект закрыт. РО на уровне ЕРФ. |
| 72. | “Кимберлит-3” То же. РФ, Эвенкийский АО Красноярского края, 40 км юго-западнее пгт. Тура. | 06.09.1979 г. скв. КМ-3 | 599 | 8,5 | 4,9 | То же. |
| 73. | “Кливаж” Предупреждение выбросов угольной пыли и метана. Украина, Донецкая обл., 5 км восточнее г. Енакиво. | 16.09.1979 г. Шахта “Юнком” | 903 | 0,3 | - | Объект находится в опытно-промышленной эксплуатации. РО на уровне ЕРФ. Проводится радиационный контроль. |
| 74. | “Кимберлит-1” Глубинное сейсмическое зондирование. РФ, Ханты-Мансийский АО Тюменской обл., 150 км юго-восточнее г. Ханты-Мансийск. | 04.10.1979 г. скв. КМ-1 | 837 | 22 | 5,4 | Объект закрыт. РО на уровне ЕРФ. |
| 75. | “Шексна” Интенсификация добычи нефти и газа. РФ, Якутия, 90-120 км юго-западнее г. Мирный. | 08.10.1979 г. скв. 47 | 1545 | 15 | 4,9 | Объект законсервирован. РО на уровне ЕРФ. Проводится радиационный контроль. |
| 76. | “Азгир” Создание подземных емкостей в массиве каменной соли на площадке “Галит”. | 24.10.1979 г. скв. А-10 | 980 | 0,001-20 20-150 | - | Групповой взрыв двух зарядов суммарной мощностью 33 кт. В полость взрыва проводится захоронение загрязненного грунта с других площадок. Ведется постоянный радиационный контроль. |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----|---|----------------------------|------|------|-----|--|
| 77. | “Бутан” Интенсификация добычи нефти и газа. РФ, Башкирия, 40 км восточнее г. Мелеуз. | 16.06.1980 г. скв. 1 | 1400 | 3,2 | - | Объект находится в опытно-промышленной эксплуатации. РО на уровне ЕРФ. Ведется постоянный радиационный контроль. |
| 78. | “Бутан” То же. Там же. | 25.06.1980 г. скв. 3 | 1390 | 3,2 | - | То же. |
| 79. | “Вега-1Т” Создание подземных емкостей для хранения газа. РФ, Астраханская обл., 40 км северо-восточнее г. Астрахань | 08.10.1980 г. скв. 1Т | 1050 | 8,5 | 5,2 | Объект находится в стадии исследований и частичной консервации. За пределами промплощадок ЕРФ. Ведется постоянный радиационный контроль. |
| 80. | “Батолит-1” Глубинное сейсмическое зондирование. РФ, Эвенкийский АО Красноярского края, 120 км юго-восточнее пгт. Байкит. | 01.11.1980 г. скв. БТ-1 | 720 | 8 | 5,2 | Объект закрыт. РО на уровне ЕРФ. |
| 81. | “Ангара” Интенсификация добычи нефти и газа. РФ, Ханты-Мансийский АО Тюменской обл., 140 км северо-западнее г. Ханты-Мансийск. | 10.12.1980 г. скв. | 2485 | 15 | 4,6 | Объект законсервирован. РО на уровне ЕРФ. Проводится эпизодический радиационный контроль. |
| 82. | “Пирит” Перекрытие скважины газового фонтана РФ, Ненецкий АО Архангельской обл., 60 км северо-восточнее г. Нарьян-Мар. | 25.05.1981 г. скв. | 1511 | 37,6 | 5,5 | Объект закрыт. РО на уровне ЕРФ. |
| 83. | “Гелий-1” Интенсификация добычи нефти и газа. РФ, Пермская обл., 20 км юго-восточнее г. Красновишерск. | 02.09.1981 г. скв. 401 | 2088 | 3,2 | 4,5 | Объект находится в опытно-промышленной эксплуатации. РО на уровне ЕРФ. Ведется постоянный радиационный контроль. |
| 84. | “Вега 2Т” Создание подземных емкостей для хранения газа. РФ, Астраханская обл., 40 км северо-восточнее г. Астрахань | 26.09.1981 г. скв. 2Т/2 | 1050 | 8,5 | 5,2 | Объект находится в стадии исследований и частичной консервации. За пределами промплощадки ЕРФ. Ведется постоянный радиационный контроль. |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----|---|----------------------------|------|------|-----|--|
| 85. | “Вега-4Т” То же. Там же. | 26.09.1981 г. скв. 4Т/2 | 1050 | 8,5 | 5,3 | То же. |
| 86. | “Шпат-2” Глубинное сейсмическое зондирование. РФ, Эвенкийский АО Красноярского края, 140 км юго-западнее пгт. Тура. | 22.10.1981 г. скв. ШП-2 | 581 | 8,5 | 4,9 | Объект закрыт. РО на уровне ЕРФ. |
| 87. | “Рифт-3” То же. РФ, Бурятский АО Иркутской обл., 160 км севернее г. Иркутск. | 31.07.1982 г. скв. РФ-3 | 554 | 8,5 | 5,1 | То же. |
| 88. | “Рифт-1” То же. РФ, Таймырский АО Красноярского края, 190 км западнее г. Дудинка. | 04.09.1982 г. скв. РФ-1 | 960 | 16 | 5,2 | То же. |
| 89. | “Рифт-4” То же. РФ, Красноярский край, 30 км юго-восточнее п. Ногинск. | 25.09.1982 г. скв. РФ-4 | 554 | 8,5 | 5,1 | То же. |
| 90. | “Нева-1” Интенсификация добычи нефти и газа. РФ, Якутия, 90-120 км юго-западнее г. Мирный | 10.10.1982 г. скв. 66 | 1502 | 15 | 5,3 | Объект законсервирован. РО на уровне ЕРФ. Проводится эпизодический радиационный контроль. |
| 91. | “Вега-3Т” Создание подземных емкостей для хранения газа. РФ, Астраханская обл., 40 км северо-восточнее города Астрахань. | 16.10.1982 г. скв. 3Т | 1057 | 13,5 | 5,4 | Объект находится в стадии исследований и частичной консервации. За пределами промплощадок ЕРФ. Ведется постоянный радиационный контроль. |
| 92. | “Вега-5Т” То же. Там же. | 16.10.1982 г. скв. 5Т | 1100 | 8,5 | 5,2 | То же. |
| 93. | “Вега-6Т” То же. Там же. | 16.10.1982 г. скв. 6Т | 991 | 8,5 | 5,2 | То же. |
| 94. | “Вега-7Т” То же. Там же. | 16.10.1982 г. скв. 7Т | 947 | 8,5 | 5,2 | То же. |
| 95. | “Лири-1Т” Создание подземных емкостей в массиве каменной соли для хранения газа. Казахстан, Уральская обл., 140 км восточнее г. Уральск. | 20.07.1983 г. скв. 1Т | 907 | 15 | 5,3 | Объект находится в процессе обустройства и пусконаладочных работ. РО на уровне ЕРФ. Ведется постоянный радиационный контроль. |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------|---|-----------------------------|------|-------|-----|---|
| 96. | “Лири-2Т” То же. Там же. | 20.07.1983 г. скв. 2Т | 917 | 15 | 5,3 | То же. |
| 97. | “Лири-3Т” То же. Там же. | 20.07.1983 г. скв. 3Т | 841 | 15 | 5,2 | То же. |
| 98. | “Вега-8Т” То же. РФ, Астраханская обл., 40 км северо-восточнее города Астрахань. | 24.09.1983 г. скв. 8РТ | 1050 | 8,5 | 5,1 | Объект находится в стадии проведения исследований и частичной консервации. За пределами промплощадки ЕРФ. Ведется постоянный радиационный контроль. |
| 99. | “Вега-9Т” То же. Там же. | 24.09.1983 г. скв. 9РТ | 1050 | 8,5 | 5,0 | То же. |
| 100. | “Вега-10Т” То же. Там же.. | 24.09.1983 г. скв. 10РТ | 950 | 8,5 | 5,2 | То же. |
| 101. | “Вега-11Т” То же. Там же. | 24.09.1983 г. скв. 11РТ | 920 | 8,5 | 4,9 | То же. |
| 102. | “Вега-12Т” То же. Там же. | 24.09.1983 г. скв. 12РТ | 1100 | 8,5 | 5,2 | То же. |
| 103. | “Вега-13Т” То же. Там же.. | 24.09.1983 г. скв. 13 РТ | 1100 | 8,5 | 5,2 | То же. |
| 104. | “Лири-4Т” То же. Казахстан, Уральская обл., 140 км восточнее г. Уральск. | 21.07.1984 г. скв. 4Т | 850 | 15 | | Объект находится в процессе обустройства и пусконаладочных работ. РО на уровне ЕРФ. Ведется постоянный радиационный контроль. |
| 105. | “Лири-5Т” То же. Там же.. | 21.07.1984 г. скв. 5Т | | 15 | | То же. |
| 106. | “Лири-6Т” То же. Там же. | 21.07.1984 г. скв. 6Т | | 15 | | То же. |
| 107. | “Квари-2” Глубинное сейсмическое зондирование. РФ, Коми, 100 км юго-западнее г. Печора. | 11.08.1984 г. СКВ. К-2 | 759 | 8,5 | 5,3 | Объект закрыт. РОЕ на уровне ЕРШ. |
| 108. | “Квари-3” То же. РФ, Ханты-Мансийский АО Тюменской обл., 100 км северо-западнее г. Сургут. | 25.08.1984 г. скв. К-3 | 726 | 8,5 | 5,4 | То же. |
| 109. | “Днепр-2” Дробление руды. РФ, Мурманская обл., 20 км севернее города Кировск. | 27.08.1984 г. штольня | 175 | 2×1,7 | 4,5 | Объект законсервирован. РО на уровне ЕРФ. |
| 110. | “Гелий-2” Интенсификация добычи нефти и газа. РФ, Пермская область, 20 км юго-восточнее г. Красновишерск | 28.08.1984 г. скв. 402 | 2065 | 3,2 | 4,4 | Объект находится в опытно-промышленной эксплуатации. РО на уровне ЕРФ. Ведется постоянный радиационный контроль. |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------|--|----------------------------|------|-----|-----|---|
| 111. | “Гелий-3” То же. Там же. | 28.08.1984 г. скв. 403 | 2075 | 3,2 | 4,3 | То же. |
| 112. | “Кварц-4” Глубинное сейсмическое зондирование. | 18.09.1984 г. скв. К-4 | 557 | 10 | 4,9 | Объект закрыт. РО на уровне ЕРФ. |
| 113. | “Вега-14Т” Создание подземных емкостей в массиве каменной соли для хранения газа. РФ, Астраханская обл., 40 км северо-восточнее г. Астрахань. | 27.10.1984 г. скв. 14РТ | 1000 | 3,2 | 5,0 | Объект находится в стадии проведения исследований и частичной консервации. За пределами промплощадки ЕРФ. Ведется постоянный радиационный контроль. |
| 114. | “Вега-15Т” То же. Там же. | 27.10.1984 г. скв. 15РТ | 1000 | 3,2 | 5,0 | То же. |
| 115. | “Бензол” Интенсификация добычи нефти и газа. РФ, Ханты-Мансийский АО Тюменской обл., 60 км южнее г. Нефтеганск | 18.06.1985 г. скв. | 2860 | 2,5 | 5,0 | Объект находится в опытно-промышленной эксплуатации. РО на уровне ЕРФ. Ведется постоянный радиационный контроль. |
| 116. | “Агат” Глубинное сейсмическое зондирование. РФ, Архангельская обл., 150 км западнее г. Мезень. | 19.07.1985 г. скв. | 772 | 8,5 | 5,0 | Объект закрыт. РО на уровне ЕРФ. |
| 117. | “Гелий-4” Интенсификация добычи нефти и газа. РФ, Пермская обл., 20 км юго-восточнее г. Красновишерск | 19.04.1987 г. скв. 404 | 2015 | 3,2 | 4,5 | Объект находится в опытно-промышленной эксплуатации. РО на уровне ЕРФ, Ведется постоянный радиационный контроль. |
| 118. | “Гелий-5” То же. Там же. | 19.04.1987 г. скв. 405 | 2055 | 3,2 | 4,4 | То же. |
| 119. | “Нева-2” То же. РФ, Якутия, 90-120 км юго-западнее г. Мирный. | 07.07.1987 г. скв. 68 | 1502 | 15 | 5,1 | Объект законсервирован. РО на уровне ЕРФ. Проводится эпизодический радиационный контроль. |
| 120. | “Нева-3” То же. Там же. | 24.07.1987 г. скв. 61 | 1515 | 15 | 5,1 | То же. |
| 121. | “Нева-4” То же. Там же. | 12.08.1987 г. скв. 101 | 815 | 3,2 | 5,0 | То же. |
| 122. | “Батолит” Глубинное сейсмическое зондирование. Казахстан, Актобинская обл., 320 км юго-западнее г. Актобинск. | 03.10.1987 г. скв. БТ-2 | 1002 | 8,5 | 5,2 | Объект закрыт. РО на уровне ЕРФ. |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------|--|----------------------------|-----|-----|-----|--------|
| 123. | “Рубин-2” То же. РФ, Ямало- Ненецкий АО Тюменской обл., 40 км северо- восточнее пгт. Уренгой. | 22.08.1988 г. скв. РН-2 | 829 | 15 | 5,3 | То же. |
| 124. | “Рубин-1” То же. РФ, Архангельская обл., 80 км северо- восточнее г. Котлас. | 06.09.1988 г. скв. РН-1 | 820 | 8,5 | 4,8 | То же. |

При составлении таблицы использованы следующие литературные источники:

1. Испытания ядерного оружия и ядерные взрывы в мирных целях СССР. 1949-1990 гг. / Кол. авторов под рук. В. Н. Михайлова. - Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 1996. - 66 с.
2. Ядерные взрывы в СССР. Вып. 4. Мирное использование подземных ядерных взрывов./ Кол. авторов под рук. В. Н. Михайлова. - М.: ВНИПИпромтехнологии, 1994. - 162 с.
3. Наука и всеобщая безопасность. Технические предпосылки для политических инициатив по контролю над вооружениями и проблемами окружающей среды. Т. 1, вып. 1. Пер. с англ. Принстонский унив. США, 1998. - 49 с.
4. Мясников К. В., Касаткин В. В., Ахунов В. Д. Научно-технические и экологические аспекты подземных ядерных взрывов в мирных целях, проведенных на территории России. // Геология, № 6, 1998. - С. 41-52.
5. Ядерные взрывы для промышленных и научных целей на территории бывшего СССР. Аналитический обзор. - М.: ЦНИИАтоминформ, 1997. - 61 с.

"УТВЕРЖДАЮ"

А. Бурназян БУРНАЗЯН
30.1.62

ВРЕМЕННЫЕ САНИТАРНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ УЧАСТНИКОВ РАБОТ И НАСЕЛЕНИЯ
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭНЕРГИИ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ
ДЛЯ НУЖД НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

1. Настоящие Временные санитарные требования распространяются на случаи использования ядерных взрывов, которые проводятся вне специальных полигонов Министерства обороны.

2. Организации, осуществляющие разработку проектной документации по использованию ядерных взрывов вне полигонов в соответствии с действующим Положением о Государственном санитарном надзоре СССР обязаны представлять проектные материалы для согласования в Государственный санитарный надзор (Третье Главное Управление при Министерстве здравоохранения СССР).

3. В проектных материалах должен быть специальный раздел по обеспечению радиационной безопасности, в котором должны быть изложены основные положения по организации режима радиационной безопасности, указаны дозы облучения до уровней, определяемыми п.6, которые могут быть получены участниками работ и населением, а также концентрации стронция-89 и йода-131 в воздухе и стронция-90 и цезия-137 в выпадениях.

Общая характеристика местности, где намечается проведение работ с применением ядерных зарядов (наличие населенных пунктов, число жителей, направление ведения сельского хозяйства, гидрогеологическая характеристика района, характер использования открытых водоемов, климат района,

Д-25

Масленников 18.12.62

намечаемое время проведения эксперимента и др.).

Материалы по медицинскому обслуживанию работающих.

4. Для обеспечения безопасности участников работ и населения прилегающих районов на период проведения работ должны быть определены размеры режимных зон, где производится временная и постоянная эвакуация работающих и населения, вывод местного населения из построек на период прохождения сейсмической волны, а также рабочий сектор, в пределах которого должны передвигаться загрязненные массы воздуха.

5. Для контроля за возможным радиоактивным загрязнением местности и обеспечения радиационной безопасности участников работ и местного населения создается

служба радиационной безопасности, на которую возлагаются следующие задачи:

- осуществление наземной разведки местности, контроль за радиоактивным загрязнением внешней среды в районе проведения работ;
- дозиметрический контроль за работающими в радиационно-опасных условиях;
- дозиметрический контроль за обеспечением санитарно-пропускного режима;
- контроль за возможным облучением местного населения.

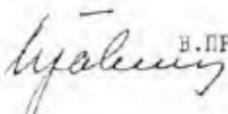
Продолжительность деятельности служб радиационной безопасности определяется сложившейся радиационной обстановкой по согласованию с Третьим Главным Управлением при Министерстве здравоохранения СССР.

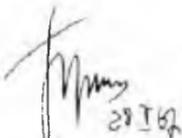
6. Предельно допустимые дозы облучения для участников работ и местного населения регламентируются "Санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и источниками

ионизирующих излучений № 333-60" (предельно допустимые дозы внешнего облучения для участников работ не более 5 бэр/год, для населения - 0,5 бэр/год. Для расчета внутренних доз облучения используются предельно допустимые концентрации радиоактивных веществ в воздухе, приведенные в Санитарных правилах № 333-60, умноженные на коэффициент, равный отношению 365 к числу дней в году с возможной повышенной концентрацией в воде или воздухе).

7. Министерство здравоохранения СССР на каждый эксперимент назначает своего ответственного представителя, на которого возлагаются обязанности по контролю за полнотой проведения мероприятий по обеспечению безопасности населения и участников работ. В случае необходимости, он принимает участие в организации оказания медицинской помощи пострадавшим.

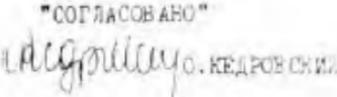
В своей работе ответственный представитель, Министерства здравоохранения СССР руководствуется Инструкцией (см. приложение).


В. ПРАВЕЦКИЙ


Г. ЩУКОВ
28.12.67

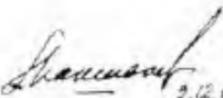
"СОГЛАСОВАНО"

Д. ИЗРАЭЛЬ

"СОГЛАСОВАНО"

А. КЕДРОВСКИЙ


3.12.67


30.12.67


3.12.66

Приложение

И Н С Т Р У К Ц И Я

для ответственного представителя Министерства здравоохранения СССР при использовании энергии ядерных взрывов для нужд народного хозяйства

1. На период каждого взрыва Министерство здравоохранения СССР командует, в качестве члена комиссии по подготовке и проведению эксперимента своего ответственного представителя.

2. Для полноценного выполнения задач представитель Министерства здравоохранения СССР имеет право знакомиться с необходимыми для его работы планами и характером предстоящих взрывов, возможными вредными последствиями их, а также с данными метеорологической разведки и данными о направлении и скорости движения радиоактивного облака и с радиационной обстановкой до и после взрывов. В период, предшествующий проведению взрывов, представитель Министерства здравоохранения СССР совместно с представителями других заинтересованных организаций рассматривает и подписывает перечень мероприятия по обеспечению безопасности населения, проживающего в районах, прилегающих к месту работ, а также принимает участие в разработке мероприятий по ликвидации возможных вредных последствий взрывов.

3. В помощь представителю Министерства здравоохранения СССР может быть придана рабочая группа специалистов в составе физика, радиохимика, гидрогеолога из учреждений, подчиненных Министерству здравоохранения СССР.

4. Представитель Министерства здравоохранения СССР участвует в совещаниях по рассмотрению конкретных условий работ перед каждым взрывом и совместно с другими членами комиссии участвует в принятии решения о проведении взрывов.

Синица
29.12.67.

5. Представитель Министерства здравоохранения СССР в необходимых случаях устанавливает совместно с членами комиссии связь с ответственными руководителями советских и партийных органов и лично с органами здравоохранения районов, областей (краев) и национальных республик. Ставит конкретные задачи перед органами здравоохранения по организации медицинского обслуживания населения при эвакуации, определяет необходимые силы и средства, их дислокацию и порядок работы, и проверяет их готовность.

6. Представитель Министерства здравоохранения СССР контролирует работу местных органов здравоохранения, обеспечивающих медицинское обслуживание работающих.

7. При оценке радиационной обстановки и уровней облучения лиц, работающих в радиационноопасных условиях, а также местного населения, попавшего в зону радиоактивного загрязнения местности, представитель Министерства здравоохранения СССР руководствуется "Санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений" № 333-60" и "Временными санитарными требованиями по обеспечению безопасности участников работ и населения при использовании энергии ядерных взрывов для нужд народного хозяйства".

8. Для обеспечения оперативности в выполнении задач, стоящих перед представителем Министерства здравоохранения СССР, а также проверки и контроля за полнотой и точностью выполнения намеченных планов и мероприятий по охране и безопасности населения руководство работами выделяет в его распоряжение транспортные средства и представляет возможность пользоваться техническими средствами связи, с правом передачи телеграмм и шифрограмм.

9. Представитель Министерства здравоохранения информирует о проводимых им мероприятиях председателя комиссии, а по окончании работ составляет отчет, один экземпляр которого направляется в Министерство здравоохранения СССР и Министерство среднего машиностроения СССР.

Памятные даты

**И был атом рабочим,
а не солдатом****О первом мирном ядерном взрыве
в СССР и необыкновенном озере Чадган**

25 лет назад на восточной окраине Омска, в поселке Саянском, недалеко от деревни Саянское, в лесном массиве, в долине ИАЭ-91, был осуществлен первый мирный ядерный взрыв. Впервые в истории человечества мирное использование атомной энергии состоялось в долине реки Чадган.

Идея этого заманчивого события, так же как и для многих из нас, мы даем в этом кратком изложении, повелел, что стала уникальным проектом, вышедший на то время в высшей степени революционной разработки, являлся идеей по разработке практической и исторической российской атомной энергии и отрасли.

Первое официальное заявление о осуществлении мирного применения атомной энергии в СССР было сделано в соответствии с резолюцией Генеральной Ассамблеи ООН в ноябре 1949 г. в техническом документе на эту тему появился в 1954-56 гг. Ган, в первой в мире газетной публикации о возможности использования МЯВ в промышленности и в первую очередь в эксперименте инициативы ученых Г.И. Носовской, высказав, глубокую убежденность в том, что атомная энергия и ядерные заряды в руках человека станут основой силы, которая сможет легко поступить для людей.

Специально СССР приступил к своей программе МЯВ в 1965 г. И первым по ней был осуществлен ядерный взрыв в долине Чадганского в верховьях реки Чадган на глубине 178 метров.

Указанием по конструкции и технологии для его реализации было разработано и создано специально для НИИЯЭФ, и одобряя главным его особенностью являлась «чистота» оборудования и исключительным вкладом (более 10 кг) и суммарную мощность

за счет реакции деления, что обеспечивало высокую радиологическую безопасность.

В этой связи заслуживает внимания Виктор Иванович Жучин, один из активнейших участников работ во МЯВ, в своем воспоминании отмечает, что еще в сентябре 1951 г. при обсуждении результатов взрыва в долине и сыздатки в СССР модернизированной взрывчаткой атомной бомбы Игоря Васильевича Курчатова сказал: «Работы, выходящие за пределы атомной промышленности, не будут проведены? Ведь в военных целях взрыв от 10 кг вала-кажда будет принят. Сейчас следует задуматься о возможности ее в мирных целях. Сколько проблем существует в народном хозяйстве, которые с помощью атомных зарядов Чадган хотя бы создание водоснабжения, рытье каналов для переброски водных ресурсов, жарение руды, добыча».

Спустя 13 лет его инициативное предложение стало вторичным и реальным проектом.

В 1962 г. группа ученых во главе с М.И. Мухомовым и инженером Е.П. Степановым с обоснованным докладом направила тогдашнему директору НИИЯЭФ в Ленинграде под названием «Использование подземных ядерных взрывов в народном хозяйстве и для производства» доклад, в котором были выделены направления этой программы. Одним из разделов этого направления являлась программа «Разработка способов использования ядерных взрывов для добычи и переработки сырья и строительных материалов». Одной из задач снижении стоимости освоения цинковых работ, сокращения сроков разработки месторождений, строительства объектов, которая получила статус государственной программы МЯВ - «Борьба с коррозией для народности хозяйства».

Руководителем этой программы был назначен проф. А.Д. Захарков, ведущим руководителем программы

проф. В.П. Сидоров.

Самому

Активное участие

приняли в разработке

программы МЯВ

привлекались: К.З.З.

Харитон, Г.И. Замба

Бакан, З.И. Мещеряков,

М.А. Садыков, А.В.

К.А. Ибрагимов, А.В.

Долгушин, Б.П.

Сидоровский, Г.А. Кис-

илов, И.И. Андреев,

Р.С. Гинчипов, Г.А.

Шарков, В.В. Куратов, И.И. Мас-

гулов, Б.М. Носовский, Ф.И. Мар-

ковский, В.М. Вавилов, К.В. Мещ-

еряков, Ю.А. Валеткин, В.Ф. Ду-

ровиков, Е.А. Леонидов, В.И. Чаданов,

А.С. Крайневский и др.

В короткие сроки были созданы комплексные по добыче и переработке сырья и строительству (нефтепереработке) местной атомной энергии и в промышленности (создание и разработка автоматизированных устройств взрыва ИЯВ - первая аппаратура).

Разрешение на проведение МЯВ утверждала Государственная Советская Министры СССР.

В мае с 1965 по 1967 г. в СССР было осуществлено 114 МЯВ, из них 117 в долине Чадганского озера.

Семилетний опыт проведения МЯВ в долине Чадганского озера и научно-исследовательских исследований в частности для повышения взрывчатой способности деления и выработки создания прочных емкостей «кованых» из стали и легированных сталей, алюминия и т.д.

Впервые в мире были созданы и испытаны первые объекты работы в долине Чадганского озера. Впервые в мире были созданы объекты работы в долине Чадганского озера.

Впервые в мире были созданы объекты работы в долине Чадганского озера. Впервые в мире были созданы объекты работы в долине Чадганского озера.

Впервые в мире были созданы объекты работы в долине Чадганского озера. Впервые в мире были созданы объекты работы в долине Чадганского озера.

Впервые в мире были созданы объекты работы в долине Чадганского озера. Впервые в мире были созданы объекты работы в долине Чадганского озера.

Впервые в мире были созданы объекты работы в долине Чадганского озера. Впервые в мире были созданы объекты работы в долине Чадганского озера.

Впервые в мире были созданы объекты работы в долине Чадганского озера. Впервые в мире были созданы объекты работы в долине Чадганского озера.

Впервые в мире были созданы объекты работы в долине Чадганского озера. Впервые в мире были созданы объекты работы в долине Чадганского озера.

Впервые в мире были созданы объекты работы в долине Чадганского озера. Впервые в мире были созданы объекты работы в долине Чадганского озера.

Впервые в мире были созданы объекты работы в долине Чадганского озера. Впервые в мире были созданы объекты работы в долине Чадганского озера.

Впервые в мире были созданы объекты работы в долине Чадганского озера. Впервые в мире были созданы объекты работы в долине Чадганского озера.

Впервые в мире были созданы объекты работы в долине Чадганского озера. Впервые в мире были созданы объекты работы в долине Чадганского озера.

Впервые в мире были созданы объекты работы в долине Чадганского озера. Впервые в мире были созданы объекты работы в долине Чадганского озера.

Впервые в мире были созданы объекты работы в долине Чадганского озера. Впервые в мире были созданы объекты работы в долине Чадганского озера.

Эксперимент на реке Чагва был проведен специалистами ВНИИЭФ с использованием базы Семалетского полигона. Проектные работы для проекта в СССР выполнял ИВ в (глубокой вертикальной скважине были выполнены в ПромНИИпромет).

Общие рекомендации реализованы в данное время было поручено Г.А. Шаркову. Подготовкой скважин заряд в скважину и его вытравку руководил И.Ф. Турчин. Он, один из опытных специалистов ИВ, отсутствовал в основном об этом: «Была сложная зима, степей сильные морозы, мы находились в степях в юртах. В одной из них собирали заряд. Опыта в проведении таких работ в скважине, да еще в холодной воде, не было. Подняли вытравку из юрты заряд. Но такого красивого зрелища от ИВ, как при вытравке на выброс в урочище Балатап, я ранее не видел, хотя и помнил издалека. Вытравка вытекала повартай паром с прожигаемым цветом пламени, свисавшей всеми светлыми радугами. Выброс на большую высоту заветил юрты грибки и юрты и дымилась туча. Затем образовалась некое водобое грибо, водонамащающее вверх и в сторону ветром. Обложки скважин пород и земля переменились резко река Чагва и обложившаяся корка диаметром 400 м и глубиной 100 м. В апреле она заполнилась лавозонной водой, сохладась великой водорой длиной 6-10 км и шириной 200-300 м. Вода в водорое была чистой, но водовороты кунались в нем, лодки и канарасы (из ядров, вытравки себя задерживали, мне уже 75 лет, в тогда не было и 50). Демонстрировал служба полигона была систематической контроля радиационной обстановки в воронке и водорое.

Но для того чтобы воронка зарыла заволакилась водой, необходимо было прорвать канал в наполье грунты, т.е. в зоне радиационной загроможденности, где возможность долговременного излучения участков до абсолютной релаксации в час. И первыми разведками алаурической трассы уже через 26 суток после взрыва стали четыре створка: В.Н. Добряков (ПромНИИпромет), А.М. Матушкино (Семалетский полигон), Е.Д. Струн (ИПЗ) и С.Т. Чухин (Чкаловск-40).

Неспокойству от места взрыва быстро обустроились выселенные строители из Иртышского управления строительства (полрук В.В. Демьянов). Прокладку канала следовало завершить в начале таяния снега, чтобы спустить воду в воронку и резко снизить термическую радиацию за пределы высокой плотности. Для успешной работы рабочие решили применить обычную вырубку, по трассе ее заложили 110 тонн. После ее вытравки на растущий земляной вали двинулись бульдозеры, вложившие и в ственными водителями из Иртышского УС. При работах в радиационно опасной зоне для всего персонала (в работе было задействовано 183 человека) предусматривалась и осуществлялась мера по радиационной защите: вахты бульдозеров были сокращены, тщательно проинструктированы, строго соблюдались на трассе. Функционал служб лесхоза, в частности, использовались средства индустриальной за-

щиты из материала, представляющего в отчеты службы ИВ до ИО «Мая», существовавшей до момента, следует, что до 1949 радиобатареи на наполье доработаны не превышали 16 кВ, а в 17 мая она составила 5-9 бар.

В день паводка 5 апреля, когда работал на трассе, пришлось учесть канал. Вода по каналу бурно вытекала в воронку «Наша Невзгода» — шурфы строились, т.е. водонадежно действовали и выдавал своей мощью. Только за первые три суток в воронку собралось 3 млн. кубометров воды, а впоследствии до 7 млн. кубометров. Площадь поверхности воды внутреннего водоема составляла около 9,15 кв. км. Собирались также и внешние водоемы. Длина водоемов воды составляла около 25 км. Уже через год вода внакала стала использоваться для водопоя скота (козлы, телята, лошади).

Ученые области Чагва стимулировали его изучение многими научными коллективами как в рамках межведомственной программы радиационной безопасности (Ю.А. Ибрагимов, В.А. Доганов, С.И. Маматов, В.И. Петров, Ф.Я. Романский, В.Т. Развоз, А.А. Тер-Саакян, С.Л. Турчин и др.), так и различными частными программами радиационной безопасности (А.М. Матушкино, Ю.С. Степанов, Е.Д. Струн, Г.С. Чухин и др.). Такое изучение продолжалось и в наше время (М.А. Алметов, В.И. Демьянов, Ф.В. Дубасов, С.Т. Смагулов, А.К. Чарманов и др.), в том числе и в условиях международного уровня под эгидой МАГАТЭ, осуществляли на объекте в качестве экспертов инспекции в 1993-94 гг. (под руководством проф. Петра Скорочера). Все это следует особо отметить, исходя из того, что с 1989 г. вдруг повелись различные радиационные мероприятия в области по своему типу (Атомное общество «Мая» — не Чернобыль в суеверии, в которых обдумывалась тема радиационной безопасности до этого, эксперимент не велся, не велось, но створки, существовавшие радиационной радиации, А вода еще в 1969 году в Вене, несмотря на сложное отношение между США и СССР в те годы, выдвинула термическую радиацию в качестве важного направления МВВ, в том числе и в области обеспечения водораздела радиационной безопасности. Юрий Антоничев Ибрагимов и мной сказали комментарию, что технологически это выполняемая проблема может решаться продолжительное и что об этом надлежит свидетельствует эксперимент в скважине 104 по большому количеству информации в международной канальной структуре.

В. МАТУШКИНО, профессор,
Е. ДОГАНОВ, профессор,
(Опубликовано в журнале)

И был атом рабочим, а не солдатом

О первом мирном ядерном взрыве в СССР и необыкновенном озере Чаган

(Продолжение. Начало в «АП» № 3. 4)

30 лет назад в восточной границе бывшего Семипалатинского лагеря был поставлен первый в мире мирный ядерный взрыв (МВВ). Для создания искусственного озера в засушливых степях Казахстана в озере Чаган.

Никаких факторов в этой области не было возможности ядерной технологии в стране «бывших врагов» СССР — вышло изобретение НИИТЭ Академфизмата в области мирного применения ядерной энергии в качестве источника энергии в гидроэнергетике, выработки тепловой энергии для выработки электроэнергии и для выработки топлива для космических аппаратов. В 1944 г. И. В. Курчатов и Я. Б. Зельдович в соавторстве опубликовали статью в журнале МВВ. Известно, что за последние несколько лет в области мирного применения ядерной энергии в области гидроэнергетики, выработки тепловой энергии для выработки электроэнергии и для выработки топлива для космических аппаратов.

Впервые во восточной границе бывшей артели, что при параллельном развитии этой возможности развития промышленности в качестве источника энергии в промышленности и в области выработки тепловой энергии. И именно эта тема привлекла внимание «Панкратова» науки и техники государственной атомной отрасли (дир. 1966 г.), в которой возобновились работы в области мирного применения ядерной энергии в области гидроэнергетики, выработки тепловой энергии для выработки электроэнергии и для выработки топлива для космических аппаратов.

Возможность применения МВВ в области мирного применения ядерной энергии в области гидроэнергетики, выработки тепловой энергии для выработки электроэнергии и для выработки топлива для космических аппаратов.

Впервые во восточной границе бывшей артели, что при параллельном развитии этой возможности развития промышленности в качестве источника энергии в промышленности и в области выработки тепловой энергии.

... (Текст обрывается)

... (Текст обрывается)

... (Текст обрывается)

Атом
№1075 от 07.12.1990 г.

Учредители:
Министерство России
и ЦК профсоюза РАЭП.

Гл. редактор
В.А. СТАРОВОРОВ.

Редакция и издательство
Фирма «АТОМРЕССА»,
141400, г. Электроугли, МО, ул.
Тельмана, (095) 702-97-79
702-98-70
Тел./факс: (095) 702-99-68
Телекс: (095) 702-92-21

СОГЛАШЕНИЕ

между

**Правительством Республики Саха (Якутия),
Министерством по атомной энергии Российской Федерации
и Акционерной компанией "Алмазы России-Саха"**
по экологической реабилитации территорий проведения
мирных подземных ядерных взрывов
в Республике Саха (Якутия).

Правительство Республики Саха (Якутия), Министерство по атомной энергии Российской Федерации и Акционерная компания "Алмазы России-Саха", далее именуемые "СТОРОНЫ",

руководствуясь Конституцией Российской Федерации и Конституцией Республики Саха (Якутия), Федеральными законами "О радиационной безопасности населения", "Об охране окружающей среды", Договором о разграничении предметов ведения и полномочий между органами государственной власти Российской Федерации и органами государственной власти Республики Саха (Якутия) от 29 июня 1995 г., Соглашением между Правительством Российской Федерации и Правительством Республики Саха (Якутия) о разграничении и передаче осуществления полномочий в области охраны окружающей среды и использования природных ресурсов, а также о разграничении полномочий в области реализации федеральных программ на территории Республики Саха (Якутия) от 28 июня 1995 года, Постановлением Правительства Российской Федерации "О федеральной целевой программе "Обращение с радиоактивными отходами и отработанными ядерными материалами, их утилизация и захоронение на 1996-2005 годы" от 23 октября 1996 г., Протоколом совещания Министра Российской Федерации по атомной энергии и Президента Республики Саха (Якутия) от 8 июля 1996 года и приказом Министра Российской Федерации по атомной энергии от 26 июля 1996 г. "О реализации программы "Обеспечение экологической безопасности в районах проведения мирных ядерных взрывов и добычи ураносодержащих руд в Республике Саха (Якутия) на 1996-2000 годы",

учитывая состояние окружающей среды и необходимость улучшения радиационно-экологической обстановки, для снятия социальной напряженности в районах алмазодобычи Республики Саха (Якутия),

принимая во внимание необходимость проведения единой экологической политики, соблюдения международных и федеральных требований охраны окружающей среды, в целях взаимовыгодного сотрудничества,
договорились о нижеследующем:

Статья 1. Предмет Соглашения

Исполнение республиканской программы "Обеспечение экологической безопасности в районах проведения мирных ядерных взрывов и добычи ураносодержащих руд в Республике Саха (Якутия) на 1996-2000 годы", в рамках федеральной целевой программы "Обращение с радиоактивными отходами и отработанными ядерными материалами, их утилизация и захоронение на 1996-2005 годы".

Статья 2. Обязательства Сторон

2.1. Правительство Республики Саха (Якутия), Министерство по атомной энергии Российской Федерации, Акционерная компания "Алмазы России-Саха" принимают на себя следующие обязательства:

2.1.1. Совместно финансировать Программу "Обеспечение экологической безопасности в районах проведения мирных ядерных взрывов и добычи ураносодержащих руд в Республике Саха (Якутия) на 1996-2000 годы", доленое участие в финансировании Стороны определяют отдельным договором;

2.1.2. Пролонгировать действие республиканской Программы до 2005 года;

2.1.3. Проводить согласованную политику по реализации республиканской Программы через главного координатора - Управление ликвидации воздействия радиации;

2.1.4. Обеспечивать информацией об осуществляемых работах по Программе каждую из Сторон;

2.1.5. Способствовать привлечению иностранных специалистов, технологий и инвестиций для реализации Программы.

2.1.6. Подготовить проект Постановления Правительства Российской Федерации с участием Управления ликвидации воздействий радиации Республики Саха (Якутия), Госатомнадзора Республики Саха (Якутия), Института здоровья человека АН Республики Саха (Якутия) и Министерства охраны природы Республики Саха (Якутия) «Об обеспечении экологической безопасности в районах проведения мирных Ядерных взрывов и добычи ураносодержащих руд в Республике Саха (Якутия) на 1999-2005 г.г.»

2.2. Правительство Республики Саха (Якутия) принимает на себя обязательства по финансированию:

2.2.1. Подпрограммы "Мониторинг состояния здоровья населения в районах проведения мирных ядерных взрывов, добычи ураносодержащих руд и ракетно-космической деятельности в Республике Саха (Якутия) на 1999-2001 годы";

2.2.2. Создания научно-исследовательского центра радиационно-экологического мониторинга при Якутском государственном университете для реализации Программы "Радиационно-экологический мониторинг на территории Республики Саха (Якутия)".

2.3. Министерство по атомной энергии Российской Федерации принимает на себя следующие обязательства:

2.3.1. Финансирование дальнейшей реализации республиканской Программы "Обеспечение экологической безопасности в районах проведения мирных ядерных взрывов и добычи ураносодержащих руд в Республике Саха (Якутия) на 1996-2000 годы", согласно ранее принятым обязательствам, считая первоочередными:

- выполнение Оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) объектов "Кристалл" и "Кратон-3";

- выполнение ранее начатого проекта реабилитации территории объекта "Кристалл";

- составление проекта реабилитации территории объекта "Кратон-3";

- проведение исследований на территории подземных ядерных взрывов "Нева-1,2,3", "Ока", "Пятка", "Шекма", скважина № 101 (Средне-Ботуобинское месторождение нефти и газа);

2.3.2. Оказание единовременной финансовой помощи Нюрбинскому улусу:

- для приобретения медицинского оборудования и лекарственных средств

Нюрбинской центральной улусной больнице - 3,0 млн. руб.

Малькайской сельской больнице - 1,0 млн. руб.

- для строительства кумысолечебницы

Малькайскому конезаводу - 6,0 млн. руб.

2.4. Акционерная компания "Альмизы России-Саха" принимает на себя следующие обязательства:

2.4.1. Финансирование и выполнение работ согласно техническим проектам по реабилитации объектов "Кристалл" и "Кратон-3".

Статья 3. Сроки и условия действия Соглашения

3.1. Настоящее Соглашение вступает в силу со дня его подписания и заключается сроком на 7 (семь) лет.

3.2. Условия Соглашения по взаимному согласованию Сторон могут уточняться по мере выхода новых законодательных и нормативных актов Российской Федерации и Республики Саха (Якутия), затрагивающих предмет настоящего Соглашения.

3.3. Устранение возможных разногласий производится путем согласительных процедур между Сторонами.

3.4. Все изменения и дополнения к настоящему Соглашению действительны только при условии их письменного оформления и подписания Сторонами.

Настоящее Соглашение заключено в г.Якутске 13 января 1999 г. за № _____ в трех экземплярах, имеющих одинаковую юридическую силу.

За Правительство
Республики Саха (Якутия)

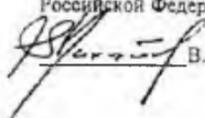
Президент
Республики Саха (Якутия)


М.Е. НИКОЛАЕВ



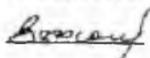
За Министерство по атомной
энергии Российской Федерации

Первый заместитель
Министра по атомной энергии
Российской Федерации


В.Н. МИХАЙЛОВ

За Акционерную компанию
"Алмазы России - Саха"

Первый вице-президент,
генеральный директор
Акционерной компании
"Алмазы России - Саха"


В. П. ДЮКАРЕВ

МИНАТОМ - САХА (ЯКУТИЯ): С НАДЕЖДОЙ НА СОТРУДНИЧЕСТВО



В прошлом номере газеты «Атомпресса» было опубликовано краткое информативное предисловие к Миссии Минатома Республики Саха (Якутия) в Республике Саха (Якутия) для выполнения работ по исследованию трещин в районе Каньонской гидротехнической системы Республики Саха (Якутия). Министерством Российской Федерации по атомной энергии и атомной промышленности «Атомэнергосбыт» были привлечены специалисты в области геодезии, гидрологии, геологии, гидрометеорологии, водохозяйственного водоснабжения в Республике Саха (Якутия).

Президент Республики Саха (Якутия) Михаил Ефимович Николаев предложил атомщикам Российской Федерации принять республику для решения социально значимых задач в рамках реализации программы «Социально-экономическая безопасность» в рамках проведения марша «Яркий выход» и в связи с участием в конкурсе РС (Я) на 1996-2000 гг. *

КРАТКАЯ СРАВКА

По территории марша заключены договоры аренды земельных участков (ЗУ) на территории республики в 1974-1987 г. было проведено 12 выходов в район Каньонской гидротехнической системы для выполнения работ по обследованию трещин в районе Каньонской гидротехнической системы. В настоящее время в районе Каньонской гидротехнической системы проведено обследование трещин в районе Каньонской гидротехнической системы. В настоящее время в районе Каньонской гидротехнической системы проведено обследование трещин в районе Каньонской гидротехнической системы.

Начислено, что эти работы выполняются в рамках программы «Социально-экономическая безопасность» в рамках проведения марша «Яркий выход» и в связи с участием в конкурсе РС (Я) на 1996-2000 гг. *

14 сентября 1991 г. на территории района Каньонской гидротехнической системы проведено обследование трещин в районе Каньонской гидротехнической системы. В настоящее время в районе Каньонской гидротехнической системы проведено обследование трещин в районе Каньонской гидротехнической системы.

Представителем Первого зам. Министра энергетики РАН В. Михайлов (государственный), профессор академик АН ЕН А. Музалевский, А. Бертольд и академик Г.А.К. Минин (Минатом России), профессор В. Поляков (Минатом РС), СНИИ представителем корпорации ОРТГ Ч.Умачинский. 10 января совершил самолета АК «Алмаз» России С.Минин вылетел в район Каньонской гидротехнической системы в район Каньонской гидротехнической системы. В настоящее время в районе Каньонской гидротехнической системы проведено обследование трещин в районе Каньонской гидротехнической системы.

АК «АЛРОСА» с правительством России и РС (Я) в район Каньонской гидротехнической системы в район Каньонской гидротехнической системы. В настоящее время в районе Каньонской гидротехнической системы проведено обследование трещин в районе Каньонской гидротехнической системы.

На хане его главным событием было посещение министра энергетики Якутия, чтобы лично убедиться в реальной ситуации и определиться на дальнейшие совместные работы. В целом оценка их положительная, были согласованы дальнейшие работы по уточнению геологических данных. Следующие работы по обследованию трещин в районе Каньонской гидротехнической системы будут выполнены в ближайшее время.

КРАТКАЯ СРАВКА

Трещины, которые появились в районе Каньонской гидротехнической системы в районе Каньонской гидротехнической системы. В настоящее время в районе Каньонской гидротехнической системы проведено обследование трещин в районе Каньонской гидротехнической системы.

Следует отметить, что в настоящее время в районе Каньонской гидротехнической системы проведено обследование трещин в районе Каньонской гидротехнической системы.

Мы так же посетили гидрогеологическую службу в районе Каньонской гидротехнической системы. В настоящее время в районе Каньонской гидротехнической системы проведено обследование трещин в районе Каньонской гидротехнической системы.

На другой день встретились в районе Каньонской гидротехнической системы в районе Каньонской гидротехнической системы. В настоящее время в районе Каньонской гидротехнической системы проведено обследование трещин в районе Каньонской гидротехнической системы.

В заключение подведем итог: в настоящее время в районе Каньонской гидротехнической системы проведено обследование трещин в районе Каньонской гидротехнической системы. В настоящее время в районе Каньонской гидротехнической системы проведено обследование трещин в районе Каньонской гидротехнической системы.

маршем на территории республики в рамках реализации программы «Социально-экономическая безопасность» в рамках проведения марша «Яркий выход» и в связи с участием в конкурсе РС (Я) на 1996-2000 гг. *

Марш «Яркий выход» в Терехово организован по инициативе главы администрации района В. Бертольда, профессора кафедры геодезии и геоинформатики Якутского государственного университета академика В. Михайлова. Как и во всех предыдущих маршах в рамках проведения МЯВ в настоящее время активно функционирует Миссия России.

Последняя пятая программа работы Миссии в районе Каньонской гидротехнической системы - проект Якутия. На встрече в каньонской гидротехнической системе РС (Я) Якутского государственного университета академика В. Михайлова, как и во всех предыдущих маршах в рамках проведения МЯВ в настоящее время активно функционирует Миссия России.

Ключевой встречей был прием у премьер-министра Республики Саха (Якутия) в Терехово министром энергетики Якутия В. Бертольдом. В настоящее время в районе Каньонской гидротехнической системы проведено обследование трещин в районе Каньонской гидротехнической системы.

В заключение подведем итог: в настоящее время в районе Каньонской гидротехнической системы проведено обследование трещин в районе Каньонской гидротехнической системы.

Мы благодарим всех организаторов и участников этой поездки за плодотворное взаимодействие, оказание и дружеское внимание, доброжелательность на протяжении всей поездки, конструктивный и объективный обмен мнениями.

Отсюда же участники делегации обратили внимание на необходимость создания и совершенствования инфраструктуры. Активной работой в корпорации ОРТГ Ч.Умачинский, который профессионально выполнит значительные и важные работы по обследованию трещин в районе Каньонской гидротехнической системы. В настоящее время в районе Каньонской гидротехнической системы проведено обследование трещин в районе Каньонской гидротехнической системы.

«АТОМПРЕССА»
№ 3 1999 года

А. МАТУШЕНКО,
Член экипажа.

КАЗАХСТАН
РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰҚЫМЕТІНІҢ
ҚАУЛЫСЫ



ПОСТАНОВЛЕНИЕ
ПРАВИТЕЛЬСТВА
РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

№ _____
от _____ 1999 г.

от 18 апреля 1999 г.
№ 1178
ст. № _____

О прекращении права землепользования
Южной сейсмической экспедиции Российского Федерального
ядерного центра на территории, занятой объектом «Галит» в
Курмангазинском районе Атырауской области

В соответствии с Указом Президента Республики Казахстан, имеющим силу закона, от 22 декабря 1995 года № 2717 «О земле» и постановлением Правительства Республики Казахстан от 16 июня 1997 года № 976 «Об утверждении Положения о порядке изъятий, охраны и использования загрязненных и нарушенных земель» Правительство Республики Казахстан ПОСТАНОВЛЯЕТ:

1. Принять предложение акима Атырауской области и Комитета по управлению земельными ресурсами Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан о прекращении права землепользования Южной сейсмической экспедиции Российского Федерального ядерного центра на территории, занятой объектом «Галит» в Курмангазинском районе Атырауской области, общей площадью 300 гектаров пастбищных угодий.

2. Акиму Атырауской области:
перевести указанные земли в состав земель запаса области, законсервировать сроком на 25 лет;
обеспечить контроль за ограничением доступа населения на радиационно опасные участки.

3. Национальному ядерному центру Министерства науки - Академии наук Республики Казахстан (далее - Национальный ядерный центр) осуществлять радиэкологический и радиационный мониторинг на территории объекта «Галит», контроль за состоянием подземных полостей и их консервацию.

4. Министерству экологии и природных ресурсов Республики Казахстан совместно с Национальным ядерным центром провести комплексное исследование территории объекта «Галит» для долговременного прогнозирования радиационной обстановки.

5. Комитету по управлению земельными ресурсами Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан и акиму Атырауской области совместно с Национальным ядерным центром определить границы зоны вокруг территории бывшего объекта «Галит», на которой запрещается проведение геологоразведочных и буровых работ во избежание нарушения стабильности подземных полостей.

6. Настоящее постановление вступает в силу со дня подписания.

Премьер-Министр
Республики Казахстан



Н. Балганбаев

С П Р А В К А

о техническом и радиозоологическом состоянии объекта "Глобус-1".

Справка составлена по результатам визуального и инструментального обследований объекта Глобус-1, проведенного группой специалистов 15-17 июля 1997 года. В обследовании промплощадки Глобус-1 приняли участие представители ВНИИПромтехнологии (г. Москва), Ивановского областного центра госсанэпиднадзора и территориального центра ГИЭС Ивановского управления.

Обследование объекта состояло в следующем:

- визуальный осмотр промплощадки и прилегающей территории;
- определение характеристик радиационной обстановки;
- отбор проб объектов внешней среды для лабораторного анализа на содержание радионуклидов;
- дозиметрическое обследование территории промплощадки и прилегающих к ней населенных пунктов, зеленых угодий, выгона скота и т.д.

Характеристика объекта.

При осмотре объекта установлено следующее:

1. На устье скважины ГБ-1 на бетонном основании установлен металлический репер (труба) с круглым металлическим знаком и наварными буквами с текстом, запрещающим производство буровых работ в радиусе 450 метров.

2. В 4-х и 12-ти метрах от скважины ГБ-1 на уровне земли расположены открытые оголовки исследовательских скважин 1-И и 2-И.

3. В 83 метрах к западу-юго-западу имеется оголовок оценочной скважины О-1 с запорной арматурой высотой 2,5 метра.

4. Участок ГБ-1 не имеет ограждения и предупреждающих знаков по периферии. Поверхность объекта неровная, имеются отдельные впадины и бугры технологического происхождения, включая остатки шурфов, амбаров (отстойников), зумпфов, обваловки и металлических предметов. Территория повсеместно покрыта густой высокой травой.

5. В лесу, огораживающей площадку также обнаружены остатки металлических конструкций, арматура и т.д., значения гамма излучения не отличаются от естественных.

6. Участок объекта ГБ-1 с южного направления (юго-запад, юг, юго-восток) омывается рекой Шачей, русло которой расположено в 90-170 метрах от скважины ГБ-1.

Вдоль берега по территории объекта проходит заросшая пешеходная тропа (предположительно от п. Октябрьский до впадения р. Шачи в р. Нодугу в 5 км от объекта). На берегу р. Шачи имеются следы лосей и бобров. Признаков выпаса домашнего скота не имеется.

7. В д. Галкино, расположенной в 4 км к юго-западу от объекта, проживает постоянно 3 семьи. В летний период приезжают дополнительно 1-2 семьи дачников. Имеется электричество, колодец с питьевой водой.

8. В 2-х км от объекта ГБ-1 по лесной дороге от д. Галкино до р. Шачи ведется заготовка леса (вырубка делянки) бригадой рабочих с лесовозом.

9. В излучине р. Шачи имеются участки интенсивного подмывания берегов на всем протяжении течения реки вокруг объекта ГБ-1. В частности в 200 метрах выше по течению имеется участок с интенсивным подмыванием левого берега, что при высоком паводке и в случае завала основного русла может привести к переливу воды и затоплению территории участка ГБ-1.

10. С северной стороны на расстоянии 70-200 метров объект ГБ-1 огибает лесной массив.

Характеристика радиационной обстановки.

1. Уровень естественного радиационного фона (ЕРФ) в регионе составляет 5-9 мкР/час, что подтверждается измерениями мощности дозы гамма-излучения в районах г.г. Кинешны, Заволжска, территории турбазы завода ЗХЗ и др.

2. На территории, прилегающей к объекту ГБ-1, сохраняется уровень ЕРФ. Так, вдоль береговой линии р. Шачи в районе объекта мощность дозы составляет 6-11 мкР/час, а вдоль опушки леса 7-11 мкР/час.

3. На территории объекта ГБ-1 радиационная обстановка определяется главным образом гамма-излучением и сильно варьирует от уровней ЕРФ до величин порядка 30 - 100 мкР/час. Максимальная мощность дозы, определенная дозиметрами ДБГ-06Т (завод N 0954) и ДРГ-01Т (завод. N 2282) составляет 275 ±30 мкР/час на уровне 1 м от земли и 800 ±90 мкР/час на уровне земли. Локальная точка в 58 метрах от скважины ГБ-1 на юг до 11,88 мЗв/час на уровне земли. Измерения выполнены радионетром-дозиметром ДРБП-03 (заводской N 8611009) специалистами отделения радиационной гигиены Ивановского областного центра госсанэпиднадзора.

4. Предварительный анализ показывает, что контуры загрязненного участка по уровню двойного фона (15 мкР/час) имеют линейные размеры приблизительно: 60х100 метров. Зоны повышенного гамма фона совпадают по карте-схеме с предыдущими показателями замеров 1981 и 1993 годов. Исключение составляет величина максимального значения мощности дозы, которая ранее определялась в 120 мкР/час.

5. Оперативный анализ проб почвы (гамма-спектрометрические исследования), проведенный в отделении радиационной гигиены областного центра госсанэпиднадзора подтвердил наличие в пробах гамма-излучающего радионуклида цезия-137, в количествах превышающих загрязнение от глобальных выпадений для отдельных проб в 100-2000 раз.

В ходе обследования было отобрано более 200 проб почво-грунтов, растительности, донных отложений, воды и др. для лабораторного анализа на содержание продуктов деления, трития, плутония -239, 240, амриция-241. Эти данные позволяют дополнить и уточнить состав и объемы загрязнений для обоснования технических решений по локализации источников и рекультивации объекта ГБ-1.

Выводы и предложения.

1. Объект "Глобус-1" имеет локальные радиоактивные загрязнения от "последствий прежней деятельности" и по критериям внештатства (Приложение П-5 НРБ-96) требует определенных защитных мероприятий с целью ограничения потенциально возможного облучения людей.

2. На территории, прилегающей к объекту (от 150 м и далее) в ближайшем населенном пункте (д. Галкино) сохраняется естественный радиационный фон, влияние объекта ГБ-1 отсутствует и принятие мероприятий защиты не требуется.

3. Первоочередными мероприятиями защиты на объекте Глобус-1 являются:

- установка предупреждающих знаков вокруг загрязненного участка и на подходах к нему;

- запрещение выпаса скота, сенокоса, земляных и любых других видов работ на участке объекта Глобус-1;

- запрещение организации лагерей, летников и др. на загрязненной территории;

- оповещение местного населения (д. Галкино, д. Норское, п. Красногорье, п. Октябрьский, п. Ильинское и др.) о нежелательности длительного нахождения вблизи скважины ГБ-1 и на прилегающей (100-150 метров) территории.

4. На участке "Глобус-1" и прилегающей территории необходимо проводить ежегодный радиационный контроль с отбором и анализом проб объектов внешней среды (почва, растительность, травы, донные отложения, дары леса и др.).

5. На участке "Глобус-1" необходимо ввести режим санитарно-защитной зоны (радиусом 100 метров) и организовать зону наблюдения вниз по реке Шаче до 400 метров.

6. В соответствии с Федеральным Законом "О радиационной безопасности населения" необходимо составить радиационно-гигиенический паспорт объекта "Глобус-1", для чего использовать данные Ивановского областного центра государственного надзора и результаты исследований ВНИИПромтехнологии.

7. Учитывая слабую изученность гидрогеологических параметров участка "Глобус-1" необходимо организовать регулярные наблюдения в скважинах в системе ГИГС и устройство водомерного поста на р. Шаче (предложения Ивановского территориального управления геологии и использования недр, их. № 304 от 9 сентября 1998 года в адрес ВНИИПромтехнологии и администрации Ивановской области).

8. Для снижения уровня излучения на объекте ГБ-1 и повышения надежности локализации (захоронения) загрязненных почво-грунтов необходимо дополнительно разработать техническое задание и проект производства работ по радиационной безопасности объекта с необходимой экранировкой (отсыпкой) загрязненных участков, организацией регулярных наблюдений и радиационным мониторингом.

9. Для предотвращения размыва берега р. Шачи и прорыва воды при паводке на загрязненный участок рекомендуется установить защитную дамбу на излучине в 200 метрах выше по течению р. Шачи.

10. Для исключения несанкционированных работ в недрах объекта ГБ-1 (в центральной зоне взрыва) необходимо разработать проект специального горного отвода (охранного целика) и оформить в территориальных органах Госгортехнадзора горноотводный акт.

11. Учитывая уникальность объекта ГБ-1, как сложившегося техногенно загрязненного природного участка, рекомендуется рассмотреть совместно с заинтересованными ведомствами (Минздрав, Миннауки, Минобразование) вопрос об организации опытной научно-исследовательской радиологической станции (с базой в д. Галкино), где на постоянной основе проводить научно-исследовательскую, мониторинговую и учебно-практическую работу по различным направлениям радиозкологии, радиационной безопасности, захоронению РАО и др.

Справку составили:

от ВНИИПромтехнологии
Начальник лаборатории РБ

В. В. Касаткин

Главный государственный санитарный врач
по Ивановской области

В. В. Губернатор

Зав. отделением радиационной гигиены
ИОЦГСЭН

О. А. Дарицева

От Ивановского геологического управления
Начальник ЦИГМС

С. Л. Киселев



**МИНИСТЕРСТВО
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ПЯТОВ ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ**
37 07 95 No 2-05/5-473

**Председателю ГКЧС Республики
Саха (Якутия)
И.А.Полятинскому**

На No 161 от 19.05.95

**677892, г. Якутск,
ул. Октябрьская, 8**

По вопросу опеки последствий
подземных МЯВ "Кратон-3"
и "Кристалл" при сотрудни-
честве с МАГАТЭ

Уважаемый Иннокентий Алексеевич,

Позиция Минатома России в отношении целевой программы "Ликвидация последствий аварийных ядерных взрывов "Кристалл" и "Кратон-3" была доложена 25 апреля с.г. на совещании в МЧС России в рамках созыва во исполнение поручения Правительства Российской Федерации от 29.03.95 N АЗ-П9-09373 с представлением на эту программу отзыва специалистов ВНИПИ протехнологии (исх N 30-288 от 07.04.95). В работе данного совещания принимал участие ваш представитель И.С.Бурцев, которому были даны дополнительные детальные разъяснения. В свою очередь МЧС России доложил эту позицию Правительству Российской Федерации (исх.N 21-411-6 от 04.05.95), поддержав ее тем, что и по мнению Российского научно-экспертного центра при МЧС России, принимать

вышеуказанную программу (всеобъемлющую и дорогостоящую) в настоящее время нет оснований.

Акцентируем также внимание на том, что, начиная с 1990 года, Минатом России неоднократно направлял соответствующие материалы о подземных ядерных взрывах в мирных целях, произведенных в 1975-1987гг. на территории Республики Саха (Якутия), в том числе и о радиационных эффектах при МЯВ "Кратон-3" и "Кристалл": в частности, по запросу Председателя Верховного Совета Якутской АССР М.Е.Николаева (н./исх.№ С-09-2881 от 02.10.90), по запросу народного депутата СССР А.Митина (н./исх.№ С-13 от 02.01.90) и по ряду обращений в последующие годы.

К радиационным исследованиям на этих объектах привлекались специалисты ВНИПИ протехнологии и НПО "Радиный институт" Минатома России, материалы которых были представлены специалистам Республики Саха (Якутия) и научной общественности с их обсуждением на 1-й Республиканской научно-практической конференции "Радиационное загрязнение территории Республики Саха (Якутия): проблемы радиационной безопасности" (г.Якутск, 14-15.01.93), проведенной под эгидой Государственного комитета по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Республики Саха (Якутия) и Министерства здравоохранения Республики Саха (Якутия).

Указанные материалы, как нам известно, использовались при анализе медико-экологической и санитарно-гигиенической обстановки в районах проведения МЯВ, а также при организации исследований радиоактивного загрязнения в их эпицентральных зонах, выполненных специалистами различных учреждений. Они были представлены на международном симпозиуме в Бельгии (International Symposium on Remediation and Restoration of Radiation-contaminated Sites in Europe, Антверпен, 10-14.10.93), где по докладу председателя ГКЧС Республики Саха (Якутия) А.Г.Чомчоева совместно с экспертами Минатома России (д.х.н. Ю.В.Дубасов, проф.А.М.Матущенко), Минприроды России (проф.В.Ф.Лысов), Госкомчернобыля России

(к.т.н. Ю.С. Цатуров), Росгидромета (академик РАН Ю.А. Израэль) и Минобороны России (академик РАЕН В.М. Лоборев) состоялось их рассмотрение и обсуждение в преддверии действий по проекту RADTEST. Это факты реальной помощи в экспертной оценке имеющейся радиационно-экологической информации, и они характеризуют конструктивное отношение и заинтересованный подход Минатома России к обсуждаемому вопросу. Таким образом Минатом России активно содействовал объективному отражению основных аспектов рассматриваемой проблемы и, предоставляя необходимые материалы, обосновал свою позицию по вопросам радиационной обстановки и мерам по ее нормализации в эпицентральных зонах вышеуказанных МЯВ. При этом с целью изучения радиационных последствий МЯВ и контроля радиационной обстановки Минатом России осуществлял соответствующее финансирование выполняемых работ.

В целом, по нашему мнению, радиационная обстановка на объектах "Кратон-3" и "Кристалл" находится под должным контролем, характеризуется локальным загрязнением, миграция радионуклидов практически отсутствует, а разработанные и проведенные мероприятия по радиационной безопасности, включающие ряд ограничений, позволяют полагать, что радиационное воздействие на алмазодобытчиков и сельских тружеников исключено.

Вместе с тем Минатом России в июне с.г. вносит в Правительство Российской Федерации проект федеральной целевой программы "Обращение с радиоактивными отходами и отработавшими ядерными материалами, их утилизация и захоронение (1995-2000 гг.)", в которой предусмотрена разработка и реализация специальных мероприятий по обследованию мест проведения МЯВ и составление экологических паспортов радиационно-загрязненных объектов, в том числе и эпицентральных зон МЯВ "Кратон-3" и "Кристалл". Обосновано также необходимое финансирование.

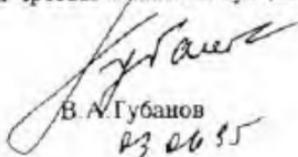
В свою очередь следует отметить, что МАГАТЭ накоплен достаточный опыт проведения подобных работ: в

частности, при оценке последствий аварии на ЧАЭС; при обследовании навала МЯВ "Чаган" и территории Семипалатинского полигона. Данные работы проводились совместно с Минатомом России – как с организацией, уполномоченной Правительством Российской Федерации сотрудничать с МАГАТЭ.

В этом отношении сотрудничество с МАГАТЭ в целом (а не только с Зайберсдорфской лабораторией Агентства) в плане обмена научной информацией и прогнозирования поведения радионуклидов в природной среде в условиях Крайнего Севера представляется целесообразным и полезным.

Координационным органом в такой работе от Российской Федерации является Комитет по международным связям Минатома России, с которым и надлежит согласовать программу совместных исследований с Зайберсдорфской лабораторией.

Председатель Комитета
по безопасности, экологии
и чрезвычайным ситуациям


В. А. Губанов
23.06.95

Начальник Пятого
главного управления


Г. А. Цыриков
30.01.95

Минатом и экология

ПОДХОДЫ К ВЫБОРАМ ПРИОРИТЕТОВ

Интегральный обзор по загрязненным территориям не дает объективной картины об уровнях возможного радиационного воздействия на человека и

отдаленных эффектов в целом соответствии данным, получаемым по японской кюгюте, подвергшейся облучению в результате атомной бомбардировки. Ближайшие результаты были получены и по персоналу ПО Маяк: повышенные частоты острых лейкозов и рака желудка как следствие, было зафиксировано

Основные проблемы регионов России по устранению экологических последствий оборонной деятельности

Материал подготовлен Управлением экологии и снятия с эксплуатации ядерных объектов, Департаментом безопасности и чрезвычайных ситуаций с привлечением специалистов ВНИИ химической технологии и Института проблем безопасного развития втяжной энергетики РАН.

окружающую среду. Реалистичная оценка дополнительных годовых рисков для человека от пребывания на подавляющем большинстве загрязненных площадях - менее 10, и касается не более 1000-2000 человек, что на порядок ниже риска за счет воздействия химических вредных веществ в атмосфере для 15 млн. человек, проживающих в наиболее загрязненных городах России.

При выработке подходов к решению экологических проблем в оборонной деятельности необходимо учитывать опыт и объективные данные о радиационном воздействии на население и окружающую среду. Уже с 50-х годов к медико-биологическим и радиационно-экологическим исследованиям были привлечены крупные научные силы. Результаты исследований радиационно-экологических проблем принципиально важны, поскольку они охватывают почти 50-летний исторический интервал, за который должна была бы реализоваться основная часть ожидаемых последствий, в том числе, и связанных с генетическими нарушениями.

Результаты мониторинга в исследуемых радиационно-экологических объектах позволяют сделать базовый вывод радиационно-экологической защиты человека - защита окружающей среды. Серьезное радиационное воздействие на объекты живой природы было зафиксировано только в районе ПО Маяк (заводы реки Теча и подлодная часть в АЭС) и в южной части (район А и прилегающие районы).

По воздействию на человека: риск Теча - к моменту переключения дозы облучения жителей вершины реки достигал 1500 мЗв. Среди них было выявлено 540 лиц с признаками хронической лучевой болезни. Захваченная часть аналогом эпохи средневеков была снята. В основном, в первые два года после начала облучения была зафиксирована высокая смертность населения. Последующее долговременное наблюдение за облученной группой (70 тыс. чел.) выявило повышение онкозаболеваемости, в том числе по лейкозам (37 случаев) и ряду других новообразований. Коэффициенты риска развития

в ходе наблюдения за детьми и внуками лиц, подвергшихся радиационному воздействию. И в Японии, и по реке Теча и по персоналу ПО Маяк не было выявлено каких-либо наследственных эффектов.

Авария на ПО Маяк в 1957 году не привела к какому-либо серьезному медицинскому последствию для персонала и населения. Доны 1150 жителей загрязненных пунктов, оказавшихся в наиболее загрязненной части села, в момент эвакуации не превыжали 530 мЗв. У остальных жителей, оставшихся в более поздний период, дозы облучения находились в диапазоне от 200 до 400 мЗв. Последующее долговременное медицинское наблюдение не выявило отклонений в состоянии здоровья населения.

Среди специалистов все более укрепилась уверенность в существовании практического порога (на уровне 100 мЗв кратковременного облучения на 200-300 мЗв хронического облучения), ниже которого не возможен рост опухолей и наследственных нарушений.

В соответствии с Федеральным законом «О радиационной безопасности населения» в Постановлении Правительства РФ от 28.01.97 г. № 93 Министерством здравоохранения ведутся работы по радиационно-гигиенической паспортизации организаций и территорий.

Результаты паспортизации показывают, что ведущими факторами облучения населения являются природные источники и медицинские процедуры, на одного человека приходится в среднем 100 мЗв в год. Длительность пребывания населения в загрязненных аварией регионах, подвергшихся аварийному воздействию. Длительность пребывания Минатомом и других отраслей промышленности. Исполнительная власть осуществляет надзор, составляет сотни тонн процента от общей доз облучения населения.

Суммарно итоги 50-летних исследований, можно прийти к однозначному выводу: базовым принципом при принятии решений и выборе приоритетов по реабилитации загрязненных территорий должно стать исключительный анализ радиационных рисков с реалистичной оценкой воздействия на человека.

В ряде случаев, с учетом реальных условий рисков, методы инженерно-технической реабилитации территорий, оказывается не оправданными. Более эффективными, в этом случае могут быть мероприятия по общему снижению экологических рисков или просто миру по обоснованию социальной приемлемости рисков, связанных с радиационными факторами.

Необходимость такого подхода подтверждается отдаленной практикой.

Когда на цели радиационной защиты тратятся беспрерывно всевозможные средства. Так, после аварии на СМХ была реализована мера защиты и реабилитации, достояние затраты по которым составили от 3,5 до 4400 млн. долларов за чел. За, при общей затратах около 1,8 млн. долларов.

В целях результатов анализа фактических данных по последствиям радиационного загрязнения территорий и выборочные оценки радиационных рисков показывают, что в подавляющем большинстве случаев, для устранения и предупреждения экологических и последствий оборонной деятельности не требуются меры экстренной эвакуации. Необходимо планировать решение этих проблем, приоритетности и очеркочности которых должна быть обоснована количественными анализами экологических рисков и учетом социальных факторов.

Основным способом реализации работ по устранению последствий оборонной деятельности является стать консолидация финансовых ресурсов при реализации в конкретных проектах. При их выборе, обосновании и реализации данных.

Использование методов анализа экологических рисков:

- оцениваться относительная приемлемость рисков и затрат;
- предусматриваться информирование населения о рисках с общественной ответственности.

Результаты реализации каждого проекта должны надлежит демонстрировать обществу, что проблем реализации последствий оборонной деятельности не связаны с текущей работой предприятий отрасли, но она успешно решается и будет полностью решена в будущем.

Важнейшей задачей ближайших лет является проработка и реализация пилотных проектов, на которых предстоит отработать основные технологии вывода из эксплуатации аэро- и радиационно-опасных объектов, реабилитация территорий, загрязненных РАО с обоснованием безопасности.

Г.А. ПОПОВ,
В.Д. АХУНОВ.



КОНТРОЛЬ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ СОБРАНИЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ДЕПУТАТ
ГОСУДАРСТВЕННОЙ ДУМЫ
2000-2003

- 24 - мая 2000 г.

№ 2500-011

г. Матушкина А.И.
05.06.2000 г.
30.05.2000 г.

101000

г. Москва,

ул. Большая Ордынка, д. 24/26

Министру по атомной энергии РФ

Е.О. АДАМОВУ

Уважаемый Евгений Олегович!

Ко мне обратились работники подземного хранилища (ПХ) объекта «Вега» предприятия «Астраханьгазпром», которые с 1988 г. по 1998 г. выполняли работу в качестве ликвидаторов локальных радиационных аварий на объекте «Вега» и функции работников пункта хранения радиоактивных отходов. Данные хранилища изготовлены посредством «деревянных изрыхов» в соляном пласту на территории Астраханского газоконденсатного месторождения (АГКМ). В настоящее время указанные работники подали иски в суд о компенсации вреда причиненного вредными условиями труда.

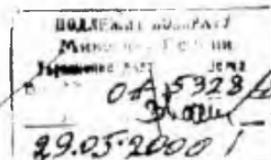
Для подготовки доказательной базы и ознакомления с нормативной документацией, прошу Вас выслать в мой адрес решение Минатома РФ от 19Д 3 99 № 44.

С уважением,

депутат Государственной Думы РФ

О.В. ШЕНИН

1
5-2247
31.05.00



Н.В. Водоситин

от Самарского Зонального

- 357 -

Возврат Макаренко А.И.

Приложение 12.3.

АППАРАТ ПРАВИТЕЛЬСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

№ 12 от 09 1999 г.

№ 17-1557

г. Москва

Минатом России
Е.О.Адамову

Копия: Г.Г.Чернявскому
(184209 Мурманская область,
г. Апатиты-9, а/я 242)

и. Макаренко А.И.

Прошу подготовить ответ
своелично с участием
г. П. Волошиной

[Handwritten signature]

Уважаемый Евгений Олегович!

[Handwritten signature]
Все ответ
[Handwritten signature]

Направляется для рассмотрения письмо председателя правления "Областной общественной приемной" Мурманской области Г.Г.Чернявского по вопросу предоставления социальных гарантий рабочим объекта "Днепр".

О результатах рассмотрения просьба проинформировать автора обращения.

Приложение: упомянутое письмо исх.№ 258/99-0828, вх. 2-69380 от 08.09.99, на 1 л., только в первый адрес.

Зам начальника Департамента реформирования
промышленности и конверсии

[Handwritten signature]

И.Боровков

Суть дела: ответ на запрос

За 4/кх. № 03/5-122

от 31.01.2000 г (ин. Матушкина А.)

[Handwritten signature] Мундатову Р.М.
14.03.99

| | |
|-----------|------------|
| КОМПЛИТОВ | 127 |
| Вх. № | 20/2002 |
| | 16.09.1999 |

Исп. Смельцов М.Б.
Тел. 205-56-96

[Handwritten signature]

| | |
|-----------|-----|
| 01-952/79 | 07 |
| 25.9.99 | 111 |

Неправительственная организация Мурманской области России «Областная общественная приемная»

Неправительственная, негосударственная
организация, созданная общественными
приемными работниками члена МОПЧ,
объединяющая интересы граждан
Мурманской области РФ.

Действует на территории РФ,
не являясь филиалом или представительством
Российской Федерации, организации или
«Объединения», но являясь в правовом
адресного смысла, членом МОПЧ.
ООП, являясь Правлением ООП, не является
государственной структурой, представляющей
интересы в РФ.

Почта: 184209 Мурманская область,
г. Апатиты, 2-й этаж 242
Тел/факс (81555) 788-28.

Правительство России

исх. № 258/99-0828

ООП и региональная рабочая группа Международного общества
права человека (МОПЧ) занимаются выяснением ряда вопросов,
связанных с предоставлением социальных гарантий рабочим, занятым в
период работ на объекте «Днепр» и получившим определенную дозу
облучения, что привело к заболеванию и ухудшению здоровья.

Как известно, объект «Днепр» или «Новый рудник» был создан
для проведения экспериментальных исследований, включавших
ядерные взрывы для дробления руды на апатитовом месторождении
Кузьльпор бывшего комбината «Апатит» министерства химической
промышленности.

Местонахождение объекта - г. Кировск Мурманской области
России.

Правление ООП просит указать порядок внесения предложения
неправительственными организациями в Правительство России и
указать основания для отнесения объекта «Днепр» к числу объектов,
включенных в «перечень» зарегистрированных в установленном порядке
радиационных аварий, испытаний ядерного оружия и учений с его
применением, ядерных взрывов в мирных целях в условиях аварийных
радиационных ситуаций и критерий отнесения граждан к
непосредственным участникам этих мероприятий.

Председатель правления ООП
руководитель региональной
рабочей группы МОПЧ



Г Чернявский

«Областная общественная приемная» рег. № 752 в управлении юстиции
администрации Мурманской области России, Центральное отделение в
г. Апатиты, Мурманской области, Почта: 184209 а.я 242
Председатель правления ООП - Чернявский Геннадий Григорьевич, дом
тел/факс (815-55) 788-28 E-mail: Tcherniavski @ arges.ru (с сентября 1999)

Региональная рабочая группа Российской секции МОПЧ действует на
территории области с августа 1996 года.

Научно-популярное издание

МИРНЫЕ ЯДЕРНЫЕ ВЗРЫВЫ
Обеспечение общей и радиационной безопасности
при их проведении
ФАКТЫ
СВИДЕТЕЛЬСТВА
ВОСПОМИНАНИЯ

Кол. авторов под рук. проф. В.А. Логачева

Компьютерная ветстка Б.И. Оводова

ЛР № 030719 от 20.01.97

Подписано в печать 20.03.2001. Формат 60x90/16

Бумага офсетная. Усл. печ. л. 32,5. Тираж 1500 экз.

Заказ №1726

Издательство по Атомной науке и технике ИздАТ
Международной Ассоциации Союзов «Чернобыль-Атом»
123182, Москва, ул. Живописная, д. 46, тел. 190 9097

Отпечатано в ППП «Типография «Наука»
121099, Москва, Г-49, Шубинский пер. 6