

Вывод радиоактивных продуктов при мирных ядерных взрывах

Е. Н. АВРОРИН, Б. К. ВОДОЛАГА, Н. П. ВОЛОШИН, В. А. СИМОНЕНКО

Из истории разработок. Известно, что военные средства и технологии в подавляющем большинстве случаев находят и мирные применения. Так было, например, с использованием ядерных взрывов. Уже в мае 1950 г., всего через 8 месяцев после первого ядерного испытания СССР, принято специальное постановление Совета министров «О научно-исследовательских, проектных и экспериментальных работах по использованию атомной энергии для мирных целей». В этом постановлении как одна из самостоятельных была поставлена задача: «Изучение возможности применения атомной энергии для взрывных работ».

В практическом плане к ее решению в СССР приступили в 1965 г. Программа «Плаушер» в США по применению ядерных взрывов в мирных целях была начата в 1957 г. О значении работ по промышленному использованию ядерно-взрывных технологий, которое им придавалось в США и СССР, ярко говорят следующие цифры: в США только 2,5 % от всех ядерных испытаний были проведены в мирных целях, а в СССР – 17,3 %.

Главнейшим условием реализации советской Государственной программы «Ядерные взрывы для народного хозяйства» (1965–1988 гг.) было обеспечение сейсмической и радиационной безопасности таких взрывов. К мерам обеспечения радиационной безопасности относятся: разработка и соблюдение требований проекта на проведение взрыва с выбором оптимальных горногеологических условий для размещения соответствующего ядерно-взрывного устройства, безопасной глубины его заложения и возведением надежного забивочного комплекса; применение так называемых «чистых» ядерно-взрывных устройств, подавляющая доля энерговыделения которых обязана реакциям синтеза при минимальном вкладе реакций деления и существенно уменьшенном количестве остаточного трития; использование систем направленного вывода и надежного захоронения большей части радиоактивных продуктов взрыва вне зоны полезного использования механической энергии взрыва.

В реализации проектов с использованием ядерно-взрывных технологий участвовало много предприятий и организаций различных мини-



«Лунный» пейзаж. Следы подземных ядерных взрывов

стерств и ведомств СССР. В том, что касается вопросов обеспечения радиационной безопасности, головным по первому из вышеперечисленных направлений был ВНИПИ ПТ, а по второму и третьему в двух опытно-промышленных взрывах по дроблению апатитовой руды – ВНИИТФ. В этих взрывах использовались экспериментальные «чистые» ядерно-взрывные устройства разработки ВНИИТФ, в которых 85–90 % энергии получалось за счет реакции синтеза легких элементов.

Отметим, что среди всех мирных применений ядерно-взрывных технологий, пожалуй, самыми яркими по рисунку проекта и ощутимости результирующего эффекта были два опытно-промышленных подземных взрыва, проведенные в 1972 г. («Днепр-1») и в 1984 г. («Днепр-2») в горном массиве Куэльпорр близ Кировска (Кольский п-ов) с целью дробления апатитовой руды. Как известно, одной из трудных задач подземной добычи ископаемых руд повышенной прочности является дробление рудного тела на фрагменты, размеры которых позволяли бы производить нормальную загрузку кусков породы в транспортные устройства (транспортеры, вагонетки), обеспечивающие традиционную «выдачу на-гора» добываемого сырья.

В конце 1960-х гг. в рамках выполнения программы мирных ядерных взрывов специалиста-

ми ВНИПИ ПТ совместно с учеными ВНИИТФ было выдвинуто предложение об использовании ядерного подземного взрыва для дробления крупного массива апатитовой руды с получением кусков породы приемлемого размера в самом акте взрыва (без необходимости последующей фрагментации).

В основе предложения лежит известное в теории и практике распространения ударных волн явление отражения фронта ударной волны от границы раздела сред с резко отличающимися значениями плотностей. Совместное действие прямой и отраженных волн дает поразительный результат дробления твердого вещества на мелкие фрагменты. Организовать необходимую границу раздела можно, изготовив так называемую отрезную щель в породе, которая отделяла бы дробимый блок от остальной части рудного тела и представляла бы собой воздушную прослойку. Оконтурив дробимый блок такими щелями и создав источник сильной ударной волны на одном из краев блока, можно за миллисекундные промежутки времени раздробить составляющую этот блок горную породу до состояния, пригодного для извлечения на дневную поверхность.

Но как повлияют на результативность проекта гамма-нейтронное излучение взрыва и осколки деления ядерных материалов? Если загрязнение рудного тела радиоактивными веществами окажется недопустимо большим, то проект осуществлять нельзя. Наибольшие опасения вызывают долгоживущие осколки деления; гамма-кванты и нейтроны, рождающиеся при взрыве, обуславливают так называемую наведенную активность в окружающей породе, которая довольно быстро спадает.

Для того, чтобы существенно снизить радиоактивное загрязнение дробимой породы, в экспериментах «Днепр» использовался «чистый» ядерный заряд (без плутония и с малым количеством трития), и применялась система направленного вывода и захоронения радиоактивных продуктов взрыва вне зоны дробимого участка рудного тела. Прототипом такой системы можно считать ядерный взрыв «Марвел», проведенный 21 сентября 1967 г. в скважине Невадского испытательного полигона по вышеупомянутой программе мирных ядерных взрывов США «Плаушер». Целью эксперимента была проверка каналирования гидродинамической энергии и перемещения радиоактивного расплава из котловой полости по заполненной воздухом трубе.

При проведении подземных ядерных взрывов принимаются специальные меры по предотвра-

щению выхода в атмосферу радиоактивных продуктов из котловой полости и примыкающей к ней области трещиноватой горной породы. Для этого выбирается соответствующая глубина заложения ядерного взрывного устройства и создается прочный забивочный комплекс.

Однако в некоторых случаях направленный вывод продуктов из образующейся при взрыве котловой полости может быть полезным. Таким образом, например, можно значительно снизить загрязнение объекта механического воздействия при промышленном использовании ядерных взрывов (дробление рудных тел, вскрышные работы и т. п.), а также использовать направленный вывод продуктов взрыва с целью их последующего извлечения и получения трансурановых элементов. Задача заключается в том, чтобы как можно более значительную долю радиоактивных продуктов вывести в доступную после взрыва зону, удаленную от котловой полости, и обеспечить их надежную и безопасную локализацию в этой зоне.

К 1968 г. относятся предложения специалистов ВНИИЭФ (В. Н. Мохов) и ВНИИТФ (Б. П. Мордвинов) о способах захоронения радиоактивных продуктов. Первые отечественные эксперименты с использованием каналов вывода активных продуктов взрыва были проведены ВНИИТФ в 1968 и 1971 г. на Семипалатинском полигоне (объект «Телькем-2», штольня 148/1).

В 1972 г. на объекте «Днепр-1» ВНИИТФ была осуществлена и первая полномасштабная проверка работоспособности системы направленного вывода и захоронения радиоактивных продуктов взрыва в промышленном опыте по дроблению апатитовой руды ядерным взрывом. Исследования подобной системы были продолжены специалистами ВНИИЭФ при отработке технологий промышленных ядерных взрывов в штольне 148/5 Семипалатинского полигона в 1974 г. И, наконец, в 1984 г. на объекте «Днепр-2» ВНИИТФ провел исследования системы вывода и захоронения радиоактивных продуктов взрыва при групповом взрыве двух ядерных взрывных устройств, проведенном для дробления более объемного, чем в эксперименте «Днепр-1», массива апатитовой руды.

Постановка экспериментов. Схематично постановка опытов с системой направленного вывода и захоронения радиоактивных продуктов ядерных взрывов изображена на рис. 1. Как видно из рисунка, эта система представляет собой комбинацию воздушного канала вывода активности (КВА) и камеры захоронения (КЗ).

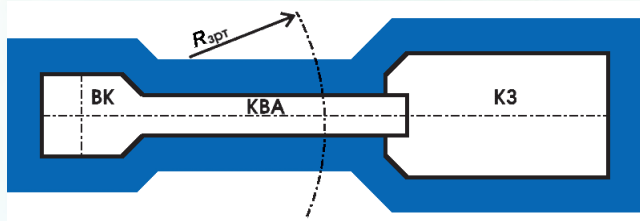


Рис. 1. Схема опытов с использованием системы направленного вывода и захоронения радиоактивных продуктов ядерного взрыва. ВК – взрывная камера; КВА – канал вывода активности; КЗ – камера захоронения; $R_{зрт}$ – радиус зоны развитой трещиноватости

Труба КВА соединяет взрывную камеру (ВК) с камерой захоронения. Длина трубы выбирается с учетом мощности используемого ядерного взрывного устройства такой, чтобы камера захоронения находилась вне образующейся при взрыве области развитой трещиноватости породы. Диаметр трубы выбирается тоже с учетом мощности взрыва таким образом, чтобы, с одной стороны, обеспечить максимально возможный вывод радиоактивных продуктов в камеру захоронения, а с другой, чтобы деформируемая взрывом окружающая горная порода надежно пережала трубу на участке, прилегающем к камере захоронения, и тем самым предотвратила бы обратный выход радиоактивных продуктов из нее в котловую полость.

Наличие полого канала в непосредственной близости от взрывной камеры вызывает опасение: а не сработает ли так называемый пушечный эффект, при котором наряду с выводом радиоактивных продуктов по каналу отведется

и значительная часть механической энергии взрыва, что снизит эффективность заложенного в проект эксперимента полезного использования этой энергии. С учетом этого опасения в задачу исследований системы органично должны входить и измерения доли механической энергии, оттекающей из центральной зоны взрыва по трубе канала вывода активности в камеру захоронения.

Итак, для количественной характеристики эффективности работы такой системы необходимо определить: сколько радиоактивных продуктов выведено из котловой полости в камеру захоронения; как велика доля механической энергии, оттекающей из центральной зоны взрыва в эту камеру. Кроме отмеченных итоговых данных для оптимизационных расчетов на ЭВМ, проводимых при проектировании геометрии и обустройства подземных выработок, необходимо знать динамику распространения ударной волны и массы радиоактивных продуктов по каналу вывода активности и в камере захоронения.

Часть из перечисленных задач может быть решена непосредственно при проведении взрыва газодинамическими и дозиметрическими методами. Более полные данные можно получить радиохимическими и дозиметрическими измерениями после проникновения в котловую полость и камеру захоронения через некоторое время после взрыва. Основные характеристики экспериментов с использованием систем вывода и захоронения радиоактивных продуктов мирных ядерных взрывов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные характеристики опытов с системами вывода и захоронения радиоактивных продуктов взрыва

№ опыта	Название, объект	Дата взрыва, год	Мощность взрыва, кт	КВА		КЗ		Примечания
				диаметр, м	длина, м	объем, м ³	длина, м	
1	Марвел (США)	27.09.67	2,2	1,0	100,0	78,5	–	Роль камеры захоронения в обоих опытах играла сама труба КВА
2	Телькем-2 (скв. 2307)	12.11.68	0,24	0,4	8,0	1,0	–	
3	Штольня 148/1	09.04.71	0,23	0,6	40,0	70,0	9,0	
4	«Днепр-1»	04.09.72	2,1	0,6	60,0	156,0	20,0	
5	Штольня 148/5	16.12.74	3,8	1,0	65,0	50,0	–	Роль КЗ играла труба КВА
6	«Днепр-2»	27.08.84	1,7×2	0,6	42,0	~700	~83	Указаны усредненные данные каждой из двух камер захоронения

В одной из трех скважин группового взрыва «Телькем-2» (в скважине 2307) под контейнером с ядерно-взрывным устройством находился отрезок полой стальной трубы, игравшей роль КВА и КЗ. Свободный объем под контейнером в двух других скважинах был заполнен песком. Роль КВА в штольне 148/1 играла стальная труба, находившаяся в промежутке между взрывной камерой и свободным от забивки участком штольни, служившим камерой захоронения.

Система вывода и захоронения радиоактивных продуктов взрыва в эксперименте «Днепр-1» размещалась в тупиковой выработке вне пласта апатитовой руды, дробимой взрывом (рис. 2). Большая часть выработки была занята трубой КВА (длина 60 м), остальная часть (длина 20 м) служила камерой захоронения; свободное пространство выработки вокруг трубы КВА было заполнено щебеночно-бетонной забивкой.

Постановка эксперимента в штольне 148/5 была близка к опыту «Марвел»: использовалась труба КВА того же диаметра (1 м), но короче на 35 метров. В групповом опыте «Днепр-2» каналы вывода активности от каждой из двух взрывных камер выходили в камеры захоронения с общей задней (тупиковой) стенкой так, что геометрия КВА и КЗ в плане представляла собой латинскую букву V (рис. 3). В опыте «Телькем-2» в каждой из трех скважин над контейнером с ЯВУ системой рассредоточенных по глубине контактных датчиков измерялся годограф ударной волны в материале забивки.

В штольне 148/1 программа исследований системы вывода и захоронения радиоактивных продуктов взрыва была заметно расширена. Для измерений годографа воздушной ударной волны в КВА применялись контактные датчики. Временная диаграмма движения радиоактивных продуктов фиксировалась с помощью фотоэлементов со сцинтилляторами, размещенных

вдоль трубы КВА и в нишах камеры захоронения. Давление газообразных продуктов взрыва в камере захоронения измерялось по движению массивного поршня (баллистического маятника), ускоряемого силой давления газов, и по фиксации прогиба мембран индукционными датчиками.

В эксперименте «Днепр-1» использовались апробированные в штольне 148/1 методики с контактными датчиками – в канале вывода активности и в камере захоронения, с баллистическими датчиками – в камере захоронения и со сцинтилляционными детекторами – вдоль КВА и в КЗ.

В штольне 148/5 специалисты ВНИИЭФ исследовали влияние наличия полого канала вывода активности на симметрию распространения ударной волны в окружающей горной породе, а после вскрытия штольни провели обследование радиационной обстановки в котловой полости и в районе КВА. В опыте «Днепр-2» в КВА и КЗ использовались те же датчики и детекторы.

Результаты измерений в опытах ВНИИТФ. «Телькем-2». Измерены годографы ударной волны в забивке над контейнерами с ЯВУ. Сравнение полученных данных свидетельствует о небольшом ослаблении интенсивности ударной волны в скважине 2307 по сравнению со скважинами 2305 и 2306. Отличие в оценке энергии взрывов трех идентичных ядерно-взрывных устройств по волновым годографам не превышает 6 %. Это можно приписать соответствующему оттоку энергии в полый КВА, находившийся под контейнером в скважине 2307. Радиационные обследования, проведенные специалистами РИ им. В. Г. Хлопина в районе образовавшейся в результате группового взрыва траншеи, показали, что мощности доз радиоактивного излучения в зоне воронки были в 2–3 раза меньше, чем в зонах скважин 2305, 2306. Оба результата косвенно подтвердили работоспособность примененной системы вывода и захоронения радиоактивных продуктов взрыва.

Штольня 148/1. При проведении эксперимента получена информация от всех использованных контактных датчиков и сцинтилляционных детекторов в течение полутора миллисекунд после взрыва. В этот период средняя скорость ударной волны, распространявшейся внутри трубы КВА, составляла 60 км/с, средняя скорость движения переднего фронта радиоактивных продуктов была в 1,5 раза меньше и составляла 40 км/с. Передний фронт продуктов взрыва двигался вдоль камеры захоронения на

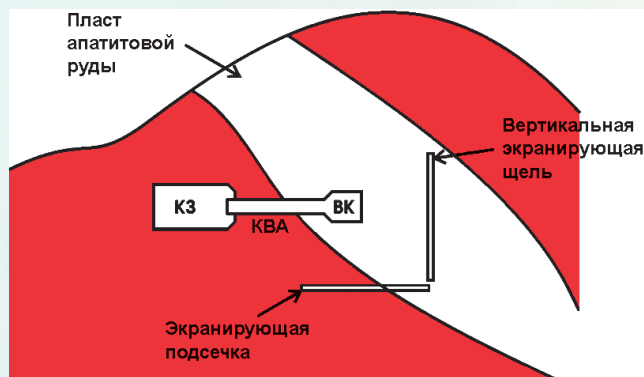


Рис. 2. Схема эксперимента «Днепр-1»

участке 40–49 м со средней скоростью 16 км/с. Эти измерения качественно подтвердили факт вывода радиоактивных продуктов в камеру захоронения.

Датчики давления газов, установленные в камере захоронения, сохранили свою работоспособность в интервале времени от 1,6 до 4,1 мс после взрыва и в разных точках КЗ зафиксировали давление от 350 до 1100 атм.

По этим значениям давления и известному соотношению для работы по сжатию газа можно оценить величину энергии, выделившейся в камере захоронения: от 3 до 9 т тротилового эквивалента, т. е. 1,3–3,9 % от полной энергии взрыва.

Непосредственно после взрыва не удалось получить радиохимические пробы из камеры захоронения. По ряду причин последующее проникновение в котловую полость и в камеру захоронения также не состоялось. Поэтому данных, количественно характеризующих эффективность примененной системы направленного вывода и захоронения радиоактивных продуктов по эксперименту в штольне 148/1 не получено. Однако результаты проведенных измерений качественно подтвердили ее работоспособность и дали материал для подготовки редакции последующих аналогичных по целям опытов.

«Днепр-1». В этом опытно-промышленном взрыве по дроблению массива апатитовой руды была получена более богатая информация о работоспособности и эффективности системы вывода и захоронения радиоактивных продуктов взрыва. Из-за существенных отличий этого эксперимента от опыта в штольне 148/1 (тротильный эквивалент взрыва 2,1 кт вместо 0,23 кт; длина КВА 60 м, а не 40 м; объем КЗ 156 м³, а не 70,0 м³ и длина КЗ 20 м, а не 9 м) данные по скоростям движения фронта ударной волны и переднего фронта продуктов также отличаются. Средняя скорость фронта ударной волны в КВА составила ~50 км/с, а скорость продуктов ~30 км/с; по камере захоронения эти значения составили ~10 и ~3 км/с соответственно.

Датчиками в емкости, охватывающей КВА на отметке 8,5 м, зафиксирована средняя скорость расходящейся ударной волны в воде на расстоянии 15 см от внешней стенки трубы равная ~6,5 км/с. Эти данные позволили уточнить параметры математической модели расчетов величины смыва стенок трубы КВА и прилегающего к ее внешней стороне материала забивки. Расчеты показали, что на начальном участке КВА (отметки 8–10 м) во время про-

броса расплава из котловой полости к его массе присоединяется смываемый слой толщиной в несколько десятков сантиметров. Это было подтверждено при осмотре вскрытой камеры захоронения.

По данным баллистических датчиков давление газов в камере захоронения в разные моменты времени, охватываемые интервалом 4–8 мс после взрыва, составило от ~100 до ~400 атм. Оцененное значение энергии, выделившейся в камере захоронения эксперимента «Днепр-1», составляет от 1,9 до 7,4 т тротилового эквивалента. Таким образом, отток энергии в камеру захоронения не превышал 0,34 % от полной энергии взрыва.

Баллистическими датчиками и сцинтилляционными детекторами однозначно зафиксированы моменты времени появления переднего фронта радиоактивных продуктов взрыва на соответствующих отметках КВА и КЗ. Однако длительность неискаженных сейсмическим воздействием на детекторы записей величины активности продуктов в эксперименте «Днепр-1» оказалась весьма краткой (единицы миллисекунд). Это не позволило оценить общую активность выведенных в камеру захоронения радиоактивных продуктов по амплитудным измерениям гамма-активности.

Радиохимический анализ отобранных в 1978 г. из котловой полости и камеры захоронения радиоактивных проб показал, что в камере захоронения было выведено и сохранилось в ней в течение, как минимум 6 лет, около 85 % радиоактивных продуктов взрыва. Детальное обследование камеры захоронения и канала вывода активности, проведенное специалистами ВНИИТФ, ВНИПИ ПТ и Радиевого института, показало, что стенка стальной трубы КВА (толщина 12 мм) вместе со слоем прилежавшего к ней материала забивки общей массой до 500 т смыта и распределена по стенкам камеры захоронения.

Следует отметить, что в результате взрыва по проекту «Днепр-1» раздроблено около 400 000 т апатитовой руды. Изготовленное на нефелиновой фабрике комбината «Апатит» удобрение было использовано при выращивании пшеницы на опытном поле комбината «Маяк». Полученные из нее продукты питания ничем не отличались от обычно используемых в пищевой промышленности.

«Днепр-2». Успех эксперимента «Днепр-1» стал одним из факторов, обосновавших полезность и возможность проведения второго опыт-

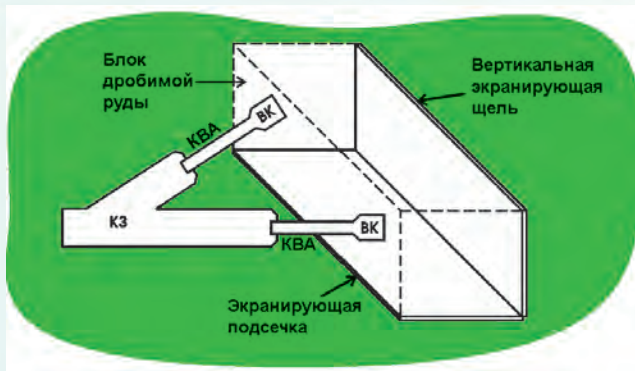


Рис. 3. Схема эксперимента «Днепр-2»

но-промышленного взрыва двух ядерно-взрывных устройств на том же апатитовом месторождении. В проект опыта «Днепр-2» были внесены изменения, направленные на повышение эффективности процесса дробления руды и функционирования системы вывода продуктов взрыва, были укорочены КВА (в 1,5 раза) и увеличены размеры КЗ (более чем в 4 раза).

Результаты динамических исследований в обоих каналах вывода активности и в камерах захоронения (движение фронта ударной волны и переднего фронта продуктов взрыва) практически совпадают друг с другом. Законы затухания скорости фронта ударной волны с расстоянием почти одинаковы в обоих опытах. Небольшие отличия вполне объяснимы: скорость фронта ударной волны в эксперименте «Днепр-2» на 3–5 км/с меньше, чем на соответствующих отметках опыта «Днепр-1» из-за меньшего тротилового эквивалента взрыва (1,7 кт в 1984 г. и 2,1 кт в 1972 г.). В камере захоронения (отметка 65–75 м) наоборот, скорость фронта в опыте 1984 г. выше, чем в опыте 1972 г. из-за изменившейся геометрии эксперимента. Более медленное затухание волновой скорости в КЗ (опыт «Днепр-2») обязано укорочению КВА, что привело к большей амплитуде давления в начале камеры захоронения.

Средняя скорость распространения переднего фронта радиоактивных продуктов в камере захоронения во втором эксперименте также больше, чем в первом (~4 и ~3 км/с соответственно). Значения давления газов в разные моменты времени, охватываемые интервалом от ~5 до ~35 миллисекунд после взрыва, составили от 120 до 20 атм.

Интересно, что здесь по мере удаления от взрывной камеры давление в камере захоронения уменьшается (от 120 до 20 атм), в то время как в опыте «Днепр-1» растет (от 100 до

400 атм). Вероятнее всего, это связано с резким отличием объемов камер захоронения (в опыте «Днепр-2» он равен 700 м³, а в опыте «Днепр-1» составлял 156 м³) и более поздним периодом регистрации (5–35 и 4–8 мс соответственно). За указанный интервал наблюдений единое значение давления по всему объему камеры захоронения не установилось.

Для оценки максимальной величины оттока энергии в камеру захоронения воспользуемся данными самого ближнего к началу КЗ датчика (отметка 70 м). Применяя ту же формулу, что и для эксперимента в штольне 148/1, получим, что энергия сжатого газа в КЗ составила около 10 т тротилового эквивалента. Следовательно отток энергии в камеру захоронения не превысил 0,6 % от полной энергии взрыва.

Сейсмоустойчивость детекторов была существенно улучшена по сравнению с опытом «Днепр-1». Поэтому удалось получить данные по гамма-активности вышедших в камеру захоронения объекта «Днепр-2» продуктов в течение 12,8 миллисекунд после взрыва. Прямая обработка результатов амплитудно-временных измерений гамма-активности и линейная экстраполяция этих результатов на интервал до ~35 мс, когда датчики давления надежно и однозначно фиксировали наличие сжатого газа в КЗ, позволяет оценить итоговое значение активности выведенных продуктов взрыва величиной не менее 85 % от общей радиоактивности ядерного взрыва.

Этот результат подтвержден радиохимическим анализом проб, отобранных из камеры захоронения в мае 1987 г. Он показал, что в КЗ выведено 94 % тугоплавких продуктов деления и оставшегося ядерного горючего. В этом эксперименте был раздроблен блок массой более 1600 000 т, т. е. в 4 раза больше, чем в опыте «Днепр-1».

Всего с 1972 по 1990 г. на руднике, где проводились работы по проектам «Днепр-1» и «Днепр-2», было извлечено обычными способами для промышленных целей 396 000 т руды. Концентрация радиоактивных веществ в ней не превышала допустимых уровней; радиационная обстановка на рабочих местах добычи и хранения руды не отличалась от фоновых величин и продолжает оставаться стабильной.

В заключение еще раз подчеркнем, что успеху работ по обоим проектам, несомненно, способствовало использование экспериментальных образцов «чистых» ядерно-взрывных устройств, разработанных во ВНИИТФ, и применение эф-

фективной системы вывода и захоронения радиоактивных продуктов взрыва вне зоны дробления апатитовой руды.

В итоге при проведении нескольких полигонных и опытно-промышленных мирных ядерных взрывов отработаны и применены системы направленного вывода и захоронения радиоактивных продуктов вне зоны полезного использования механической энергии взрывов.

Для исследования работоспособности и эффективности таких систем предложены и применены датчики, детекторы и схемы регистрации для газодинамических и дозиметрических измерений в момент проведения взрывов. С их помощью получены экспериментальные данные по закономерностям движения фронта ударной волны и динамике движения парогазообразных радиоактивных продуктов, выбрасываемых из котловой полости по каналам вывода активности в камеры захоронения.

Результаты исследований свидетельствуют о работоспособности и эффективности примененных систем направленного вывода и захоронения вне котловой полости значительной части (85–94 %) возникающих при подземном ядерном взрыве радиоактивных продуктов при небольшом оттоке (менее 1 %) полезной механической энергии из центральной зоны взрыва.

Считаем своим долгом отметить, что Государственную комиссию по проведению мирных ядерных взрывов в эксперименте «Днепр-1» возглавлял главный инженер ВНИИП Владислав Антонович Верниковский, а в эксперименте «Днепр-2» – главный инженер 5 ГУ МСМ Владимир Иванович Карякин. Разработка и курирование исполнения проектов обоих экспериментов осуществлялась специалистами ВНИИП ПТ во главе с Ю. А. Валентиновым. Экспедиции сотрудников ВНИИП (ВНИИТФ), обеспечивающих использование ЯВУ, возглавляли Н. Н. Капустин («Днепр-1») и Н. Г. Костецкий («Днепр-2»).



Представители организаций, участвовавших в эксперименте «Днепр-2». Район рудника «Новый» комбината «Апатит». 27 августа 1984 г.

Научными руководителями экспериментов были Л. И. Шибаршов и Б. П. Мордвинов. От теоретического сектора ВНИИП участвовали Е. Н. Аврорин, Е. А. Гималий, Н. Г. Михальков, Б. К. Водолага. Группы физических измерений параметров ЯВУ и исследований системы вывода и захоронения продуктов взрыва в обоих случаях возглавлял Н. П. Волошин.

АВРОРИН Евгений Николаевич – академик РАН, почетный научный руководитель РФЯЦ-ВНИИТФ, Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской премии

ВОДОЛАГА Борис Константинович – заместитель директора РФЯЦ-ВНИИТФ, доктор физ.-мат. наук, лауреат премии Правительства РФ

ВОЛОШИН Николай Павлович – помощник директора РФЯЦ-ВНИИТФ, доктор техн. наук, лауреат Государственной премии и премии Правительства РФ

СИМОНЕНКО Вадим Александрович – заместитель научного руководителя РФЯЦ-ВНИИТФ, доктор физ.-мат. наук