

Российская академия наук. Сибирское отделение  
Государственная публичная научно-техническая библиотека  
Институт водных и экологических проблем

**Серия "Экология"**  
Издается с 1989 г.  
**Выпуск 49**

**РАДИОАКТИВНЫЕ ОТХОДЫ:  
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И УПРАВЛЕНИЕ**

Библиографический обзор

Часть 2. Хранение радиоактивных отходов

Новосибирск, 1998

ББК Л362.09я1 + я19:Л36

**Радиоактивные отходы: экологические проблемы и управление =**  
Radioactive wastes: environmental problems and management: Библиогр.  
обзор: В 3 ч.; Ч. 2. Хранение радиоактивных отходов / СО РАН. ГПНТБ,  
Ин-т вод. и экол. проблем. В.И. Булатов, Т.А. Калюжная, Л.И. Кузубова,  
О.Л. Лаврик. - Новосибирск, 1998. - 230 с. - (Сер. "Экология". Вып. 49).

Данный библиографический обзор посвящен актуальнейшей проблеме и освещает экологические аспекты обращения с радиоактивными отходами (РАО), а также вопросы управления ими от сбора до захоронения. Обзор содержит отечественную и зарубежную литературу за период 1987 - 1996 гг.

Материал расположен по тематическим разделам в соответствии с полным технологическим циклом: "от колыбели до могилы". Каждый из них включает монографии, обзоры, справочники, проблемные и дискуссионные материалы, стандарты, патенты, материалы трудов международных организаций, институтов, конференций, съездов. В качестве источников были использованы базы данных "Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов" и "Current Content" за 1991 - 1994 гг., РЖ "Энергетика", "Технологические аспекты охраны окружающей среды".

Обзор снабжен авторским, географическим указателями, а также указателем коллективных авторов. Составители надеются, что эта информация окажется полезной для специалистов атомной энергетики и оборонной промышленности, занимающихся вопросами хранения, переработки, транспортировки и захоронения РАО, медиков, экологов и организаций с контролирующими функциями.

The bibliographic review is devoted to one of most actual problems in environment protection - radioactive wastes - and presents home and foreign literature (1991 - 1994) on environmental aspects of radioactive wastes treatment, as well as the problems of their management "from cradle to grave". The information is systematized according to technological cycle and represent monographs; reviews; reference books; main publications in periodicals, proceedings of international organizations, home institutions, conferences and congresses; as well as main standarts and patents. As information sources use was made of data bases "Environment protection and restoration of natural resources", "Current content", reference journals "Energetics", "Technological aspects of environment protection" as well as vast funds of our Library.

The review is supplied by author's, collective author's and geographical indexes.

The compilers do hope that this review will be useful for specialists of nuclear energetics, defensive industry, those dealing with radioactive waste transportation, storage, treatment and utilization, ecologists and decision-makers.

Ответственный редактор д.г.н. В.И. Булатов

Обзор подготовлен к печати Н.И. Коноваловой

ISBN 5-7623-1084-1

© Государственная публичная  
научно-техническая библиотека  
Сибирского отделения  
Российской академии наук  
(ГПНТБ СО РАН), 1998

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из долгосрочных и опасных последствий ядерных программ является накопление все возрастающих объемов разнообразных по физическому состоянию, составу и активности радиоактивных отходов (РАО). Если на заре атомной эры никто всерьез не думал о долгосрочных последствиях развития ядерно-промышленного комплекса, то на пороге третьего тысячелетия, после 40 лет заверений о технически не сложной решаемости проблемы РАО, можно констатировать: XX век действительно стал "атомным". Развитие ядерно- и радиационно опасных производств по наработке и выделению делящихся материалов для военных целей, испытания ядерного оружия и развитие мирной атомной энергетики привели к значительному радиоактивному загрязнению природной среды в различных регионах планеты. Огромный вклад в это загрязнение внесли радиационные аварии и прежде всего Чернобыльская, с момента которой прошло 11 лет.

Упомянем и о другой, связанной с РАО, проблеме. Многочисленные медико-биологические исследования, проведенные в регионах, подвергшихся радиоактивному загрязнению, однозначно говорят об отрицательном влиянии радиации, в том числе малых доз, растянутых во времени, как на генетический аппарат наследственных (половых) и соматических клеток (клеток тела), так и иммунную систему организма в целом, что приводит к генетическим изменениям в потомстве, наследственным, раковым заболеваниям и общему ухудшению здоровья населения, увеличению числа и тяжести общих заболеваний, не связанных с радиацией напрямую.

Говоря о РАО, нельзя не затронуть проблему обращения с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ), пути решения которой требуют особого внимания. С ним тесно связано расширенное развитие ядерной энергетики в ее современном "грязном" варианте, распространение ядерного оружия и накопление дополнительных огромных объемов РАО. Еще 50 лет назад этих проблем не существовало, а в конце XX века от их решения во многом зависит судьба планеты.

ОЯТ составляет весомую и неразделимую часть в триаде "ОЯТ - плутоний - РАО". Это продукт мирового ядерно-промышленного комплекса, куда только по линии АЭС входят 430 действующих, 85 остановленных и 55 строящихся блоков, 20 огромных остановленных, функционирующих и строящихся радиохимических комбинатов. Его научная, производственная и испытательная инфраструктура включает сотни объектов, тысячи мест хранения и захоронения отходов.

Печальное лидерство у России. Объем РАО 880 млн м<sup>3</sup> активностью 8,5 млрд Ки, мест размещения более 1000. ОЯТ накоплено 8700 т с активностью 4,65 млрд Ки, мест размещения около 100. Чтобы представить

ситуацию в мире, следует эти показатели увеличить в 4 - 5 раз. Пролонгируя сложившуюся ситуацию в XXI век с учетом роста объемов РАО, ОЯТ и неутрачиваемого плутония, можно оценить ее как возрастающе опасную практически при любых предлагаемых сценариях действий.

Экспоненциальный рост объемов и активности РАО известен. Что касается ОЯТ, то в мире его уже накоплено около 250 тыс. т и ежегодно добавляется еще 10 тыс. т. Давшие 6 тыс. т ОЯТ и 30 т плутония реакторы РБМК к концу срока эксплуатации добавят еще 35 тыс. т ОЯТ и 175 т плутония. По экспертным оценкам к 2000 г. плутония в мире накопится более 1200 т. Совершенно парадоксальным является тот факт, что при официальном прекращении производства плутония в военных целях его наработка при реализации гражданских программ беспрецедентно расширяется.

Следует обратить внимание на следующее:

1. ОЯТ создает глобальные экологические проблемы более сложные, чем РАО. Поэтому перевод ОЯТ в категорию РАО предпочтителен.

2. С ОЯТ неразрывно связана проблема плутония, создающего угрозу безопасности биосфере и населению, ядерного терроризма, крупных экономических потерь, в т. ч. при разборке ядерных зарядов и хранении.

3. Вопреки утверждению о перспективности плутония как ядерного топлива будущего он предстает скорее как "смертоносное золото ядерного века". Это определение из одной американской книги говорит само за себя.

Темпы развития атомной энергетики замедлились не только по причине технологических сложностей и аварийности объектов. По относительной величине производимых отходов современные АЭС являются непревзойденными рекордсменами - 99,999% (сжигается только 5 кг из 180 т загружаемого топлива). Предстоящий вывод из эксплуатации сотен энергоблоков с ядерными реакторами в связи с выработкой их ресурса приведет, в дополнение к существующему, образованию еще 1 млн т РАО, т. к. 75% их объема приходится на момент остановки реактора. Следует помнить и о том, что до 90% затрат при выводе АЭС из эксплуатации приходится на дезактивацию, хранение и захоронение РАО. А ведь есть еще отходы исследовательских реакторов, изотопные источники, и радиационно опасные материалы используют многие отрасли хозяйства и медицина.

Приведем несколько примеров, показывающих сложность проблем, связанных с ОЯТ, РАО и плутонием.

1. В течение 1991 - 1994 гг. на производственном объединении "Маяк" переработка ОЯТ из Венгрии, Финляндии, Болгарии, Германии (ГДР), Ирана и Украины привела к сбросу в оз. Карачай, остекловыванию и хранению в виде пульпы жидких РАО в специальных хранилищах отходов активностью около 55 млн Ки. Планы возвращения этих отходов назад отсутствуют, а сброс РАО в открытые водоемы вообще нарушает законодательство Российской Федерации.

2. Япония, страна с очень "амбициозной" плутониевой программой, на практике столкнулась с такими техническими сложностями, что с учетом экономических, экологических и политических трудностей ставится вопрос не только об отказе от этой программы, но и пересмотре Долгосрочной программы по ядерной энергетике в целом.

3. Проект Юкка-Маунтин - сооружение первого в США постоянного захоронения ядерных отходов высокого уровня активности - именно с ним связывалось решение проблемы хранения 50 тыс. т РАО. Истрчено более 4,7 млрд долларов. А практический вывод на сегодня таков: гора Юкка непригодна для размещения ядерных отходов высокого уровня радиоактивности и шансы Департамента энергетики на получение лицензии на строительство хранилища очень невысоки.

4. Мировое сообщество в 1996 г. приветствовало подписание Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний. А в России в обстановке секретности идет разработка проекта использования подземных ядерных взрывов для уничтожения РАО и ОЯТ кораблей ВМФ на полигоне Новая Земля, представляющих чрезвычайную радиационную опасность для обширных районов России и сопредельных стран (Известия, 6 мая 1997 г.).

Не случайно высказывание о том, что проблема РАО - центральная и болезненная для атомной энергетики - способна поставить под вопрос само ее развитие. Приведенные примеры показывают, что необходимо критическое осмысление всех имеющихся данных и материалов. Кроме того, в существующих построениях по "устойчивому развитию", глобальных экологических моделях не учитывается рост радиоактивной загрузженности биосферы, его глобальные и региональные следствия. Представляемый вниманию читателей обзор призван привлечь внимание к этим актуальным проблемам.

Данный библиографический обзор состоит из трех частей, издаваемых отдельно. В первой части представлен материал по общим вопросам радиоактивных отходов - классификация, характеристика, первоначальные технологические этапы их обработки (сбор, хранение, переработка, кондиционирование, упаковка и транспортировка), а также основные монографии и справочные издания. Во второй части систематизирована литература по вопросам утилизации, хранения и захоронения РАО. В третьей части собрана информация по экологическим проблемам РАО, правовым и экономическим вопросам обращения с радиоактивными отходами, общественному мнению, мониторингу, а также опыту управления РАО в различных странах.

В качестве источников информации были использованы: БД "Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов" 1987-1994 гг., БД "Science Citation Index" 1991-1995, библиографический указатель литературы ИНИОН "Государство и право" 1987-1995, реферативные журналы ВИНТИ "Энергетика" и "Атомная энергетика" за 1987-1996 гг, "Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов" 1995-1996 гг., Cumulative Book Index 1986-1990 гг., а также текущие книжные и журнальные поступления в фонд ГПНТБ СО РАН.

Хронологические рамки материала - 1987-1996 гг.

Обзор охватывает около 2000 публикаций. Это книги, справочники, статьи из тематических сборников, периодических и продолжающихся изданий на русском и иностранных языках.

В обзоре использованы следующие сокращения:

АЭ - атомная энергия

АЭС - атомная электростанция

БД - база данных

ВАО - радиоактивные отходы высокой активности

ВМФ - Военно-морской флот

ВПК - военно-промышленный комплекс

ВТ - вычислительная техника

ГВ - грунтовые воды

ЕЭС - Европейское экономическое сообщество

ИК - инфракрасное

КЕС - Комиссия Европейских сообществ

МАГАТЭ - Международное агентство по атомной энергии

НАО - радиоактивные отходы низкой активности

НАСА - Национальное управление по авиации и исследованию  
космического пространства США

ООС - охрана окружающей среды

ОС - окружающая среда

ОЭСР - Организация экономического сотрудничества и развития

ОЯТ - отработавшее ядерное топливо

ПАУ - полиароматические углеводороды

ПВХ - поливинилхлорид

ПДК - предельно допустимая концентрация

ПДС - предельно допустимый сброс

РАО - радиоактивные отходы

РБМК - реактор большой мощности канальный

РВ - радиоактивное вещество

РЗ - радиоактивное заражение

РЗМ - редкоземельный металл

РЗЭ - редкоземельный элемент

РИ - радиоактивное излучение

САО - радиоактивные отходы средней активности

ТБФ -

твэл - топливный выгоревший элемент

ТЦ - топливный цикл

ТЭС - теплоэлектростанция

ЧАЭС - Чернобыльская АЭС

ЭПА - Агентство по охране окружающей среды

ЭПР - электронный парамагнитный резонанс

ЯО - ядерное оружие

ЯР - ядерный реактор

ЯТ - ядерное топливо

ЯТЦ - ядерный топливный цикл

DOE - Министерство энергетики США

#### 4. ХРАНИЛИЩА И ЗАХОРОНЕНИЕ, УДАЛЕНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛИГОНОВ, ВЫБОР ПЛОЩАДОК

1986 - 1989

*405. Основные направления решения проблемы надежной изоляции радиоактивных отходов в СССР / О.Л. Кедровский, И.Ю. Шищиц, Е.А. Леонов и др. // Атом. энергия. - 1988. - Т. 64, N 4. - С. 287-294.*

Рассмотрены подзем. сооружения для захоронения отвержд. отходов различ. уровней активности: отработ. и обрабатываемые по спец. технологии рудники, спец. подзем. сооружения, глубокие буровые скв., шахт. стволы и др., сооружаемые в отложениях камен. соли и скальных породах. Сформулированы требования к подзем. могильникам в геол. формациях. Приведена оценка радиац. и терм. устойчивости горных пород; рассматриваются процессы выщелачивания отвержд. отходов в присутствии воды, содержащейся в барьер. глинистых материалах. Рассмотрена возможность распространения нуклидов в ОС при захоронении НАО и САО в подзем. емкостях, размываемых в массиве камен. соли. Для конкрет. прим. определены требования к геол. формации.

радиоактивные отходы; изоляция; проблемы; решение; направления; подземное захоронение; подземные хранилища; радионуклиды; распространение; СССР

*406. Подземное захоронение радиоактивных отходов: Терминолог. слов. - М.: ЦНИИ информ. и техн.-экон. исслед. по атом. науке и технике, 1987. - 102 с.*

Захоронение РАО в геол. формации - новый разд. горной технологии, цель к-рой - выбор способов размещения в недрах Земли биологически опас. радиоактив. элементов, обеспечение надежной изоляции и предупреждение их вред. воздействия на биосферу в течение всего периода сохранения токсичности отходов. Словарь содержит более 500 терминов и определений, относящихся к пробл. захоронения радиоактив. отходов в геол. формации, а также к вопр. горного дела, геологии, гидрогеологии, геохимии, радиац. безопасности, науковедения, прогнозирования, спец. вопр. горного пр-ва и др. Эти термины взяты из известных энциклопед. и др. справоч. изд. или являются новыми понятиями и определениями, специально разработ. для отражения специфики пробл.

радиоактивные отходы; подземное захоронение; терминология; словари; горная промышленность; геология; гидрогеология; геохимия; радиационная безопасность; прогнозирование; СССР

407. *Amir S.J.* Disposal of low-level mixed waste = Захоронение смешанных отходов низкого уровня активности // *Trans. Amer. Nucl. Soc.* - 1989. - Vol. 60. - P. 151-153.

Фирма Westinghouse Hanford Co., США, разработала и изготовила усовершенств. систему HALL для захоронения смеш. (содержащих как радиоактив., так и токсич. в-ва) отходов, отвечающую всем принятым в США норматив. требованиям к удалению таких смеш. отходов. Система включает ряд модулей в виде заглубл. под поверхность земли вертикал., располож. соосно один внутри др. 2 контейнеров. Внутр. контейнер выполнен из полиэтилена или др. совместимого со смеш. отходами материала, а наруж. (высотой 3 м и диам. 0,8 м) - из композит. стекловолоконистого материала с полиэтиленовой облицовкой, к-рый испытан на 300-летний ресурс и стойкость к воздействию коррозии, хим. в-в, вертикал. и горизонт. механ. нагрузок, ядер. и УФ-излучения и биodeградации. Каждый контейнер имеет собств. крышку, герметизирован и оснащен детекторами течи. По сравнению с применяемой в США системой захоронения смеш. отходов DLLS система HALL имеет в 10 раз больший ресурс, более компактна и экономична, облегчает извлечение РАО для последующей обработки.

408. *Beseitigung* radioaktiver Abfälle = Устранение радиоактивных отходов // *Bautechnik.* - 1988. - Bd 65, N 3. - S. 103.

Пробл. устранения РАО решаются в основном путем захоронения в безопас. для ОС местах. В США установлено, что наиболее подходящими для захоронения РАО являются базальт, туф и соль при глубине залегания в пределах 1000-3000 м. Разработаны проекты 3 шахт в США стоимостью соответственно 12,9; 7,5 и 9,5 млрд дол. В Швеции организовано захоронение НАО и САО под дном моря на глубине 50 м на расстоянии 1 км от берега. В Швейцарии разработаны 2 проекта захоронения тех же РАО в выработ. каменоломнях. Исследуются оптим. варианты окончат. захоронения ВАО в штольнях и выработках. В Англии начаты исслед. по этой пробл. В ФРГ для складирования РАО используют отработ. угольные шахты, разрезы, заброш. горные разработки камен. соли.

радиоактивные отходы; устранение; подземное захоронение; подземные хранилища; подводное захоронение; проекты; эксплуатация; результаты исследований; ФРГ

409. *Pyramid power in hazardous waste disposal* = Применение пирамидальных хранилищ для токсичных отходов // *Chem. Eng.* - 1987. - N 435.

Сообщается о новом способе захоронения токсич. отходов и НАО, разрабатываемом фирмой Bechtel (США). Указан. отходы бетонируются в блоки, к-рые укладываются в местах хранения в форме пирамид небольшого размера. Каждый блок представляет собой куб со стороной ок. 2 м с профилир. гранями, обеспечивающими его прочное соединение с соседними блоками. Одна пирамида высотой ок. 6 м, состоящая из неск. рядов блоков, размещается на спец. основании и засыпается землей. Предусмотрена система контроля за мин. возможными жид. утечками в ОС. Подчеркиваются преимущества нового способа хранения НАО - способность противостоять атм. осадкам и выщелачиванию, надежность и высокая эконо-



мичность блочного принципа хранения и монолит. конструкции. Обсуждаются экол. эффектив. методы решения пробл. захоронения значит. кол-ва РАО, образующихся в США.

низкорadioактивные отходы; бетонирование; захоронение; утечка; контроль; эффективность; США

410. *SYNROC a nuclear waste solution = SYNROC: решение проблемы ядерных отходов // Tech-Link Austral. - 1986. - Vol. 2, N 8. - P. 119.*

Австрал. учеными создан новый синтез. материал SYNROC и способ захоронения РАО реакторов с добавлением этого материала. Применяется способ захоронения РАО в монолит. блоки из боросиликат. стекла, разработ. во Франции. Срок их подзем. хранения в кондиционируемых штольнях 30-50 лет. Преимущества способа SYNROC: 1) значит. увеличение периода безопас. хранения РАО; 2) возможность хранения РАО с высокой тем-рой (в 3 раза по сравнению с боросиликат.); 3) возможность быстрого захоронения без предвар. складирования; 4) захоронения на глубину 4 км и более в скв. Новый способ захоронения заключается в нагреве предварительно смеш. жид. РАО с синтез. материалом при 750°C во вращающихся печах, затем нагрев сухого порошка в реакторах до 1150°C при сверхвысоком давлении. Австралией заключен договор о НИР в обл. дальнейшей разработки способа и оборудования с Великобританией, Италией, США, Японией.

radioактивные отходы; захоронение; синтетические материалы; преимущества; оборудование; Австралия

411. *The geological disposal of high level radioactive wastes = Проблемы захоронения высокорadioактивных отходов в геологических средах / Ed. D.G. Brooking. - Athens: Treophrastus publ., 1987. - 606 p.*

412. *Vandergraaf T.T. High-level nuclear waste management: A geochemical perspective = Захоронение радиоактивных отходов, Канада // Can. J. Civ. Eng. - 1989. - Vol. 16, N 4. - P. 498-503.*

1990

413. *Fischer B. Radioaktiver Mull - Perspektiven der Entsorgung = Радиоактивные отходы - перспективы удаления // Oko-Mitt. / Inst. angew. Okol., Freiburg. - 1990. - Bd 13, N 2. - S. 25-31.*

Рассмотрены различ. аспекты пробл. обезвреживания (удаления) РАО на территории ФРГ в связи с вводом в действие в 1989 г. предприятия (Ваккерсдорф) по регенерации топлива из РАО, с годовой производительностью ~ 400 т ЯТ; при суммарном объеме РАО в стране только от АЭС ~ 500-600 т, указ. установка не решит пробл. РАО. Сооружение аналогич. предприятий в др. р-нах страны встречает все возрастающее сопротивление населения и прессы. В кач-ве выхода (на короткий период времени) рассматриваются и оцениваются проекты экспорта РАО в др. страны для регенерации или захоронения. Продолжение стр-ва регенерац. предприятий на альтернатив. условиях с привлечением фирм. Окончат. вариант проекта

будет выбран конкурсом на макс. экол. безопасность будущего предприятия. Для сравнения приводится перечень и основ. характеристики регенерац. пром. предприятий и пунктов для окончат. захоронения в др. странах.

радиоактивные отходы; переработка; захоронение; перспективы удаления; ФРГ, США, Франция, Швеция

414. *Jacob G.* Site Unseen: The Politics of Siting a Nuclear Waste Repository = Невидимое расположение: политика размещения хранилищ ядерных отходов / Pitt Series in Policy and Institutional Studies; U of Pittsburg Pr. - 1990. - 224 p.

415. *Kerenyi A.O., Kienle F.* Az atomeromuvi radioaktiv hulladekok vegleges tarolasanak sved megoldasa = Шведское решение вопроса о захоронении радиоактивных отходов АЭС // Magy. villamos muv. troszt kozl. - 1990. - Vol. 27, N 6. - P. 30-32.

радиоактивные отходы; АЭС; захоронение; Швеция

416. *Neretnieks I.* Release and transport modelling: some experiences from the swedish program = Моделирование высвобождения и переноса; некоторый опыт шведской программы // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 533-542.

Исслед. по оценкам надежности хранилищ ядер. отходов ведутся в Швеции с 1977 г. применительно ко всем типам отходов: ВАО (топлив. и переработ.), НАО и САО. Начата эксплуатация хранилища НАО, располож. в кристал. породах на глубине ~ 50 м. Предполагаемая глубина заложения хранилища ВАО - 500 м. Во всех случаях отходы с радионуклидами упаковываются в контейнеры или канистры, к-рые размещаются затем в подзем. скв. или выработках и окружаются глинистым буфер. материалом. Последний предупреждает наличие значит. циркуляции подзем. флюидов в контакте с канистрой. Несмотря на различия в конструкции ячейки хранения, механизмы высвобождения и переноса радионуклидов одни и те же. Обсуждается относит. роль различ. механизмов высвобождения и переноса радионуклидов применительно к ряду проектов, реализуемых в швед. прог.

охраны среды; захоронение отходов; радиоактивных; Швеция

1991

417. *Вовк И.Ф.* Захоронение радиоактивных и высокотоксичных отходов. Основные концепции захоронения радиоактивных отходов: Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук. - 1991. - N 4. - С. 42.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; теория; основные концепции

418. *Конухин В.П., Комлев В.Н.* Захоронение радиоактивных отходов: Информ. материал / АН СССР. Кол. науч. центр им. С.М. Кирова. Горн. ин-т. - Апатиты, 1991. - 91 с.

419. Кузнецов В.В. Переработка и хранение радиоактивных отходов // Атом. техника за рубежом. - 1991. - N 11. - С. 3-7.

Описано неск. хранилищ для РАО, уже построен. или стр-во к-рых запланировано в США, Японии, Германии, СССР. В США это подзем. хранилище для РАО в Юккских горах, к-рое должно быть построено в 2010 г. В Японии пробл. хранения ВАО решают за счет их остекловывания и размещения в охлаждаемых воздухом сухих хранилищах, располож. в сев. р-нах страны, где они будут храниться не менее 50 лет. В Германии реализуют 2 подхода к решению пробл. - в вост. землях - на основе концепций, принятых в СССР, в зап. - на основе принципов, разработ. в промышленно развитых странах Запада. В СССР имеются 3 крупных центра переработки ОЯТ и ВАО - Челябинск-40, Красноярск и Томск.

420. Brill D.R. Disposal of Low-Level Radioactive Waste = Размещение отходов с низким уровнем радиации // Investigative Radiol. - 1991. - Vol. 26, N 1. - P. 94-95.

421. Culler F.L., Croff A.G. Perspectives on integrating the US radioactive waste disposal system = Перспективы интеграции системы хранения радиоактивных отходов в США // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 589-593.

Традиционно системы работ с отходами, разрабатываемые Бюро по работам с РАО гражд. отраслей пром-сти (OCRWM) Мин-ва энергетики США, рассматривали как крупные, сложные, автоном. и долговрем. хранилища. Сообщается о попытках разработки концепции OCRWM по созданию интегрир. нац. системы хранения. Изложены основы такого подхода и оценена его применимость на прим. рассмотрения ряда хранилищ. На базе предварит. проработки установлены нек-рые характеристики интегрир. системы, улучшающие ее кач-во.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивных; США

422. Die Planung direkter Endlagerung radioaktiver Abfalle = Планирование окончательного складирования радиоактивных отходов // Schweiz. Ing. und Archit. - 1991. - Bd 109, N 8. - S. 175.

В среднем на каждой АЭС мощностью 1300 МВт ежегодно выходит в РАО ~ 26 т отработ. топлива; общий годовой объем РАО в ФРГ составляет ~ 480 т. Отработ. топливо АЭС состоит (94%) из нерасщепл. урана-238 и из урана-235 и плутония (1,5%), к-рые в принципе могут вторично использоваться. Цель устранения РАО с АЭС - в долгосроч. изолировании их от биосферы двумя способами: интегрир. устранением (применяется для РАО, содержащих в составе расщепляемые продукты) и окончат. складированием (для РАО, без расщепляемых продуктов в составе). В первом случае предварительно производится сложный процесс отделения актив., во втором - отверждение, изолирование и упаковка отработавших РАО и помещение их в глубокие геол. разрезы.

радиоактивные отходы; АЭС; обработка; захоронение; ФРГ

423. *Hoorelbeke J.M., Potier J.M.* Design and operating criteria of the French deep repository for high level radioactive waste = Проектные и эксплуатационные критерии французских полигонов для высокорadioактивных отходов // High Level Radioact. Waste Manag.: Proc. 2nd Annu. Int. Conf., Las Vegas, Nevada, Apr. 28 - May 3, 1991. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - Vol. 1. - P. 334-339.

Описаны конструктив. особенности новых полигонов для трансуроновых отходов (тип В) и ВАО (тип С) во Франции и перечислены использ. при выборе мест для них проектные и эксплуатационные критерии, гарантирующие долговрем. эксплуатационную безопасность, техн. осуществимость и экон. эффективность проектируемых полигонов. Выбор основан на данных о работе атом. установок и подзем. урановых шахт, приспособл. к спец. требованиям обработки радиоактив. материалов под землей. В результате разработаны концепции удаления РАО на территории 4 местных геол. формаций. В частности глубинный полигон должен будет принять 350 тыс. м<sup>3</sup> отходов типа В и 15 тыс. м<sup>3</sup> типа С, к-рые образуются в стране в ближайшие 50-60 лет. Использ. в конструкции этого полигона множества защит. барьеров (собственно упаковка отходов, инж. структуры и геол. скальные формации) предупредит миграцию радионуклидов из-под земли к ее поверхности.

высокорadioактивные отходы; захоронение; полигоны; проектирование, эксплуатация; Франция

424. *Laverov N.P., Kantsel A.V., Lisitsin A.K.* Basic Problems of Radiogeoeology in Storing Radioactive Wastes = Основные проблемы радиогеоэкологии при хранении радиоактивных отходов // Soviet Atomic Energy. - 1991. - Vol. 71, N 6. - P. 988-996.

425. *Wells S.G., Mcfadden L.D., Renault C.E.* Geomorphic Assessment of Late Quaternary Volcanism in the Yucca Mountain Area, Southern Nevada - Implications for the Proposed High-Level Radioactive Waste Repository - Reply = Геоморфическая оценка позднего вулканизма в Юкка-Маунтин с целью изучения возможности захоронения радиоактивных отходов // Geology. - 1991. - Vol. 19, N 6. - P. 661-662.

426. *Yanagisawa F.* Mining Geology = Захоронение высокоактивных отходов в геологической среде // Кодзан тисицу. - 1991. - Vol. 41, N 1. - P. 29-37.

На основе зарубеж. данных (проект Gewähr, реализуемый компанией NAGRA в Швейцарии) рассмотрены вопр.: состав и св-ва отходов; концепция множества барьеров и конструкция хранилища; способы оценки безопасности захоронения для биосферы в долгосроч. плане; анализ процессов миграции и физ.-хим. процессов во вмещающих породах и закладке; оценка возможных последствий разрушения канистры с отходами. Приведен также ряд данных по др. проектам захоронения в кристал. породах (Стрипа, Швеция).

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивных; геологические формации; Швейцария

427. *Zaruchevskaya G.P., Nosova L.M., Sedov V.M.* Safety of Surface Burial of Radioactive Waste = Безопасность поверхностного захоронения радиоактивных отходов // Soviet Atomic Energy. - 1991. - Vol. 70, N 5. - P. 384-389.

1992

428. *Atabek R., Bouniol P.* Cement Use for Radioactive Waste Embedding and Disposal Purposes = Использование цемента для заливки и удаления радиоактивных отходов // Cement and Concrete Research. - 1992. - Vol. 22, N 2-3. - P. 419-429.

429. *Banba T., Kamizono H., Mitamura H.* Studies of high-level radioactive waste form performance at Japan Atomic Energy Research institute = Исследование характеристик захороняемых форм радиоактивных отходов // Jaeri-M. - 1992. - Vol. 997, N 92. - P. 1-3, 1-10.

Обзор. Представлен докл., подготовл. эксперт. группой JAERI в рамках прогр. МАГАТЭ "Поведение остекл. высокоактив. РАО и их защит. покрытий в условиях захоронения" для 1-го координац. совещ., состоявшегося в Карлсруэ (Германия) 11-15 нояб. 1991 г. В докл. приведены и обсуждены результаты исслед., выполн. по направлениям: выщелачивание РАО - с акцентом на выяснение роли поверхност. слоя и хим. состава остекл. формы РАО; радиац. воздействие на характеристики длит. устойчивости формы; воздействие самооблучения на прочность металлокерам. формы РАО типа SYNROC.

430. *Chapman N.A.* The geologist's piletma: predicting the future of buried wastes = Захоронение отходов - взгляд в будущее // 29th Int. Geol. Congr., Kyoto, 24 Aug. - 3 Sept., 1992. - [Kyoto], 1992. - P. 15.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

431. *Disposal of waste from the cleanup of large areas contaminated as a result of a nuclear accident* = Удаление и захоронение радиоактивных отходов при дезактивации больших площадей, загрязненных в результате аварий на АЭС. - Vienna: IAEA, 1992. - 69 p. - (Techn. rep. series / IAEA. - N 330).

432. *Lukas P., Hlozek P., Foldesova M.* Sorption of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{60}\text{Co}$  by chemically treated clinoptilolite and mordenite = Сорбция  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{60}\text{Co}$  химически обработанными клиноптилолитом и морденитом // Geol. carpath. Ser. 1. - 1992. - N 2. - P. 125-128.

Исследовали хим. и физ. св-ва цеолитов (клиноптилолит и морденит) после обработки р-ром NaOH. Показано, что обработка вызывает сильные изменения в кристал. решетке минералов, приводящие к изменению ионо-обм. способности и физ. св-в. Глубина изменений зависит от конц-и NaOH и производных факторов: катион. модификации  $\text{Na}^+$ -катионами; постеп. разрушения кристал. решетки. При слабых конц-ях преобладает превращение поликат. формы в натриевую, при сильных конц-ях - преобразование кри-

стал. структуры в аморф. Обработка цеолитов с помощью NaOH повышает их абсорбц. способность, что установлено экспериментально на прим.  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{60}\text{Co}$ .

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

433. *Preliminary assessment of clinoptilolite K/Ar results from Yucca Mountain, Nevada, USA: A potential high-level radioactive waste repository site* = Предварительная оценка калий-аргонового возраста клиноптилолитов Юкка-Маунтин, Невада, США; потенциальное место захоронения высоко-радиоактивных отходов / G.W. Gabriel, D.E. Broxton, D.L. Bish, S.J. Chipera // *Water-Rock Interact.* - Rotterdam; Brookfield, 1992. - P. 457-461.

В разрезе туфоген. образований Юкка-Маунтин (возраст 11,45-15,1 млн лет) широко развиты цеолиты и, в частности, клиноптилолит. По предвар. оценкам среди клиноптилолита выделяются 3 возраст. группы, млн лет: 2-3, 4-5 и 7-11. Древнейшие из этих датировок совпадают с определением возраста иллита-сметкита в туфах (9-12 млн лет); этот возраст, вероятно, определяет время кристаллизации клиноптилолита. Наличие 2 групп более молодых клиноптилолитов, возможно, отражает ход продолжавшихся затем процессов диагенеза "древних" клиноптилолитов во взаимодействии с фильтрующимися через толщу туфов р-рами. Величина K-Ar датировок образцов клиноптилолита, отобр. в керне скв. на интервале 400-1100 м, обычно увеличивается с глубиной, что свидетельствует о мин. потерях аргона в более глубоких горизонтах разреза толщи туфов. Указывается, что с помощью K-Ar датирования цеолитов можно получать полез. информ. для оценки процессов цеолитизации, происходящих в туфоген. образованиях Юкка-Маунтин.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; США

434. *Swahn J. The long-term nuclear explosives predicament: The final disposal of militarily usable fissile material in nuclear waste from nuclear power and from the elimination of nuclear weapons* = Долгосрочная дилемма относительно ядерных зарядов. Окончательное захоронение расщепляющихся материалов, используемых для военных целей, в ядерных отходах АЭС и отходах, получаемых в процессе ликвидации ядерного оружия. - Goteborg, 1992. - 250 p. - (Doktorsavhandlingar vid Chalmers tekn. hogskola. - N 850).

1993

435. *Гаврилин В.И. Состояние проблемы захоронения радиоактивных отходов // Геоэкол. исслед. и охрана недр. - 1993. - N 3. - С. 33-40.*

Рассматривается на основе зарубеж. и отечеств. публ. состояние пробл. захоронения РАО. Отмечается значит. отставание развития этой важнейшей сферы деятельности в России по сравнению с развитыми зарубеж. странами, где уже много лет интенсивно ведутся широкомасштаб. науч. исслед. и практ. разработки.

436. *Захаров В.П.* К вопросу захоронения радиоактивных отходов // Атом. энергия. - 1993. - Т. 75, N 2. - С. 162-163.

437. *Румянцев В.В.* Развитие технологии переработки и хранения радиоактивных отходов // Атом. техника за рубежом. - 1993. - N 5. - С. 3-10.

Дан анализ текущей ситуации в развитии технологии переработки и хранения РАО в промышленно развитых странах. Рассмотрены проекты назем. и подзем. хранилищ для РАО с различ. уровнями активности.

438. *Экспериментальное* определение утечки твердых продуктов деления при температуре, имитирующей аварийные ситуации АЭС / И.В. Закржевская, Г.В. Момот, А.В. Статков и др. // Атом. энергия. - 1993. - Т. 75, N 5. - С. 363-367, 412.

Приводятся результаты измерения утечки бария, лантана, циркония, рутения и церия при отжиге (инертная атм. тем-ра до 2650 К) предварительно облучен. образцов диоксида урана плотностью 10,4-10,6 г/см<sup>3</sup>. Отмечается зависимость утечки от тем-ры и продолжительности изотерм. отжига. Приводятся константы, характеризующие врем. и температур. зависимости утечки твердых продуктов деления.

439. *Hendee W.R.* Disposal of Low-Level Radioactive Waste - Problems and Implications for Physicians = Размещение отходов с низким уровнем радиации // *Jama-J.* - 1993. - Vol. 269, N 18. - P. 2403-2406.

440. *Nagle C.E.* Disposal of Low-Level Radioactive Waste = Захоронение отходов с низким уровнем радиации // *Ibid.* - Vol. 270, N 12. - P. 1423.

441. *Report on radioactive waste disposal* = Отчет по проблемам захоронения радиоактивных отходов. - Vienna: Intern. atomic energy agency, 1993. - 104 p. - (Techn. rep. ser. / IAEA. - N 349).

442. *Rifiuti: anche per quelli radioattivi e urgente provvedere* = Отходы: поиск наилучших способов захоронения радиоактивных отходов // *Notiz. ENEA. Energ. e innov.* - 1993. - Vol. 39, N 4. - P. 107.

443. *Soderstrom R.M.* Disposal of Low-Level Radioactive Waste = Захоронение отходов с низким уровнем радиации // *Jama-J.* - 1993. - Vol. 270, N 12. - P. 1424.

1994

444. *Глубинное* захоронение жидких радиоактивных отходов / А.И. Рыбальченко, М.К. Пименов, П.П. Костин и др. - М.: ИздАТ, 1994. - 256 с.

445. *Kosachevskii L.Y., Syui L.S.* Self-Burying of Radioactive Wastes = Самозахоронение радиоактивных отходов // *Zh. Tekn. Fiz.* - 1994. - Vol. 64, N 6. - P. 7-15.

446. *Roedder E.* Radioactive Waste Disposal - Need to Weigh Valid Evidence = Захоронение радиоактивных отходов - необходимость веских обоснований // Acad. Medicine. - 1994. - Vol. 69, N 7. - P. 565-570.

447. *Warnecke E.* Disposal of Radioactive Waste - A Completing Overview = Размещение радиоактивных отходов - обзор деятельности // Kerntechnik. - 1994. - Bd 59, N 1-2. - S. 64-71.

обзор; действующие АЭС; Восточная Европа, Латинская Америка, Азия, Африка

448. *Woodrich D.D., Honeyman J.O., Wojtasek R.D.* Treatment and Disposal of High-Level Radioactive Waste at the Hanford Site - The Technical Challenge = Обработка и размещение высокоактивных отходов - технические условия // Abstr. Pap. Amer. Chem. Soc. - 1994. - Vol. 208, N AUG. - P. 53-IEC.

1995

449. *Использование* подземного пространства страны для повышения безопасности ядерной энергетики // Материалы Международной конференции. - Апатиты, 1995. - Ч. 1. - 85 с., Ч. 2. - 127 с., Ч. 3. - 110 с.

450. *Overview of calcite deposits at or near the proposed high-level nuclear waste site, Yussa Mountain, Nevada: pedogenic, hypogene, or both?* = Изучение горных пород Юкка-Маунтин вблизи площадки для захоронения радиоактивных отходов / С.А. Hill, V.V. Dublyansky, R. Harmon, C. Schluter // Environmental Geology. - 1995. - Vol. 20, N 1. - P. 69-88.

451. *The Scientific and Regulatory Basis for the Geological Disposal of Radioactive Waste* = Научные и законодательные основы для геологического размещения радиоактивных отходов / Ed. D. Savage // Intera information Technologies Ltd. Melton Mowbray, UK. - 1995. - June. - P. 456.

1996

452. *Геологическая история горы Юкка (Невада) и проблема захоронения ядерных отходов высокого уровня радиоактивности* / Ю.В. Дублянский, Дж.С. Шамански, А.В. Чепыжко и др. // Междунар. радиозкол. конф. "Судьба отработавшего ядерного топлива - проблемы и реальность". - Красноярск, 22-29 июня. - Красноярск, 1996.

453. *Дублянский Ю.В., Шамански Дж.С.* Карбонатные отложения горы Юкка (Невада, США) и проблема создания захоронения ядерных отходов высокого уровня радиоактивности // Химия в интересах устойчивого развития. - 1996. - Т. 4, N 3. - С. 149-162.



## 4.1. Состояние и перспективы оценки (обоснование) безопасности действующих и проектируемых хранилищ

1986 - 1989

454. *Оборудование* хранилища контейнеров с радиоактивными отходами, отвержденными в битуме / M. Soya, H. Ogawa, H. Yamada et al. // Кобэ сэйко гихо = Kobe Steel Eng. Repts. - 1989. - Vol. 39, N 2. - P. 4-7.

Разработана полностью автоматизир. система с дистанц. управлением для загрузки, транспортировки (в пределах хранилища) и наблюдения за контейнерами, содержащими отвержд. в битуме или пластике РАО, в новом подзем. хранилище вместимостью 30 тыс. контейнеров (емкостью по 200 л). Контроль за перемещением контейнеров и их установкой в отсеки хранилища осуществляется с помощью датчиков и телекамер. Загрузка и разгрузка контейнеров производится управляемым по радио роботом. Профилактически контейнеры можно периодически извлекать из отсеков и контролировать их безопасность в спец. испытат. камере хранилища. Операция осуществляется автоматически.

радиоактивные отходы; хранилища; отверждение в битуме; контроль; дистанционное управление, автоматизированные системы; Япония

455. *Оки Н.* Переработка и захоронение радиоактивных отходов в различных странах // Дэнки кекай дзасси = J. Jap. Elec. Assoc. - 1989. - N 793. - P. 19-28.

Рассмотрены вопр. переработки и захоронения РАО от АЭС в странах Зап. Европы, Японии и США, к-рые были обсуждены на конф. в США с 3 по 18 июня 1989 г. Отмечены 2 подхода: переработка ОЯТ и захоронение РАО, реализуемые Великобританией, ФРГ, Францией, Японией, и захоронение ОЯТ без переработки (Швеция, США). Захоронение НАО и САО осуществляют в хранилищах РАО, заглубл. на небольшой глубине. ВАО остекловывают с применением методов АУМ, PAMELA, WIP и осуществляют захоронение в контейнерах в геол. формациях. Развитие ЯР ФТР и ЯР FBR ставит пробл. захоронения ВАО, содержащих трансураниевые элементы; при долговрем. хранении ВАО необходим контроль в течение 200-300 лет. В Великобритании переработку ОЯТ магнококсового типа осуществляют на установке SIXEP, ОЯТ оксид. типа - на установке THORP. Во Франции переработку ОЯТ осуществляют на установках UP-1, UP-2, UP-3.

456. *Технология* захоронения низкоактивных отходов / Ohno Akira, Hatta Masahisa, Yokozawa Jun-ichi, Matsumoto Saburo // Исикавадзима-харима гихо = Ishikawajima-harima eng. rev. - 1989. - Vol. 29, N 5. - P. 337-340.

В 1984 г. Комис. по АЭ Японии выработала свою концепцию захоронения НАО в приповерхност. хранилищах параллельно проведению НИОКР, направл. на разработку проекта первого хранилища НАО в Японии, фирма IHI внедрила систему SUREPAK, разработ. фирмой Westinghouse. Недавно фирма Westinghouse предложила систему, включающую размещение, проектирование и эксплуатацию хранилища в шт. Иллинойс (США). Фирма IHI разработала контейнер для НАО, изготавливаемый из стали и бетона. Чтобы

оценить срок службы контейнера, использован метод определения скорости науглероживания.

457. *Bergman C., Mandahl B.* Shallow land disposal of low level wastes in Sweden: Principles and applications = Захоронение низкоактивных радиоактивных отходов в Швеции // *Manag. Low and Intermediate Level Radioact. Wastes*, 1988: Proc. Int. Symp., Stockholm, 16-20 May, 1988. - Vienna, 1989. - Vol. 2. - P. 176-178.

Дано подробное описание и принципы захоронения РАО в Швеции. Во время эксплуатации, на АЭС Oskarshamn образуется 300-400 м<sup>3</sup> некомпактируемых РАО в год. 80-90% этих РАО были захоронены в неглубокий грунт. Фирма ОКГАВ (Швеция) ввела в эксплуатацию первую установку для удаления РАО этого вида на АЭС Oskarshamn. Согласно планам эта установка получит 9000 м<sup>3</sup> компактных РАО к 2010 г. Впервые захоронение РАО было проведено на АЭС Oskarshamn в 1986 г. При этом было захоронено 1200 м<sup>3</sup>, гл. обр. компактных РАО. В дальнейшем захоронение предполагается проводить с интервалом в 4-6 лет. В период между захоронениями РАО будут уплотнять и хранить в контейнерах емк. 1 м<sup>3</sup>. Такие РАО, как изолирующие материалы и метал. предметы, будут храниться в штольнях горных выработок.

458. *Culler F.L., Catlin R.J., Williams R.F.* Objectives in high-level wastes/spent fuel disposal = Удаление отработавшего ядерного топлива // *Radioact. Waste. Proc. 21st Annu. Meet.*, Washington, D. C., 3-4 Apr, 1985. - Bethesda, Md, 1986. - P. 83.

В США Нац. советом по защите от радиации и измерениям разработана широкомасштабная прогр. по удалению ВАО. Она основывается на ключевых пробл. (определение приемлемого уровня риска при геол. захоронении ВАО; упрощение и ускорение процесса удаления ВАО; утверждение стандартов, документации и методик по геол. захоронению ВАО) и предъявляет след. требования к удалению ВАО: эффективность, окупаемость, стабильность и безопасность захоронения.

высокорadioактивные отходы; отработавшее ядерное топливо; удаление; подземное захоронение; программы; США

459. *Johnson L.H., Shoesmith D.W., Stroes-Gascoyne S.* Spent fuel: Characterization studies and dissolution behaviour under disposal conditions = Захоронение отработавшего ядерного топлива // *Sci. Basis Nucl. Waste Manag. XI: Symp.*, Boston, Mass., Nov. 30 Dec. 3, 1987. - Pittsburgh (Pa), 1987. - P. 99-113.

На основе крит. обзора многочисл. работ, посвящ. исслед. различ. аспектов пробл. захоронения ОЯТ, определены наиболее актуальные направления дальнейших разработок. К их числу отнесены: уточнение характеристик ОЯТ, определяющих кинетику утечки радиоактивности, в частности вклад продуктов деления; исслед. влияния отдельных факторов на растворение РАО, в т. ч. солености, редокс-процессов, радиолитиза. Описаны различ. подходы к разработке моделей окислит. растворения ОЯТ.

460. *Linger P., Bengtsson B.G.* Management of intermediate level wastes at Studsvik = Обращение со среднеактивными отходами в Швеции // *Manag. Low and Intermediate Level Radioact. Wastes*, 1988: Proc. Int. Symp., Stockholm, 16-20 May, 1988. - Vienna, 1989. - Vol. 2. - P. 251-252.

Рассмотрено состояние технологии обращения с CAO в центре ядер. исслед. Studsvik, где занимаются изучением атом. энергетики в Швеции с конца 50-х гг. В прогн. исслед. не входили какие-либо требования по хранению CAO без обработки. Технология обработки НАО и CAO разрабатывается с момента сооружения хранилища SFR для окончат. их захоронения. Дано описание технологии обработки НАО и CAO. По проекту AMOS сооружена установка по обработке PAO. Прогн. испытаний была завершена к концу 1987 г. Хранилище SFR для окончат. захоронения PAO на АЭС Forsmark проектируется гл. обр. для получения PAO с 12 энергет. ЯР, эксплуатируемых в Швеции. PAO, получаемые в исслед. ЯР Studsvik, имеют принцип. отличия по своим хим.-физ. св-вам и составу нуклидов от PAO энергет. ЯР. PAO исслед. ЯР Studsvik имеют также долгоживущие PAO, отличающиеся от хранилища SFR. До введения в эксплуатацию хранилища SFL, эти PAO после обработки будут храниться в пещерах, располож. в скальных породах.

461. *Magnesium-rich coating proposed to imprison nuclear wastes in glass* = Предложение по использованию покрытия, обогащенного магнием, для хранения остеклованных радиоактивных отходов // *Space Age Times*. - 1989. - Vol. 15, N 7-8. - P. 48.

Сообщается о работах НАСА и Мин-ва энергетики США по усовершенствованию технологии остеклования PAO АЭС с целью их безопас. долговрем. хранения под землей. Предлагается добавлять в стеклян. массу, с к-рой сплавляют PAO, магний или использовать покрытия из стекла, обогащ. солями магния. Результаты исслед. указывают на высокую коррозион. стойкость магниевого стекла (~ 100 раз выше, чем у традиц. стеклян. материалов). Обсуждаются пробл. загрязнения ОС PAO в результате выщелачивания ГВ содержимого контейнеров. Рассмотрены альтернатив. методы защиты хранилищ PAO от коррозии и разрушений с целью обеспечения безопасности при долговрем. (> 300 лет) хранении РВ. Отмечены особенности подхода к захоронению PAO в США, Франции и др. странах.

радиоактивные отходы; остеклование; магниевое стекло; безопасное захоронение; США, НАСА, Министерство энергетики США

462. *Nielson K.K., Rogers V.C., Pollard C.G.* Alternatives for the disposal of NORM wastes in Texas = Альтернативные варианты удаления низкорadioактивных отходов в Техасе [США]: /Pap./ Winter Meet. Amer. Nucl. Soc., San Francisco, Calif., Nov. 26-30, 1989 // *Trans. Amer. Nucl. Soc.* - 1989. - Vol. 60. - P. 512-513.

В шт. Техас (США) отходы, содержащие природ. РВ, обладающие небольшой радиоактивностью, удаляют в хвостохранилища урановых рудников или на спец., дорогостоящие полигоны. Техасское управление по удалению НАО финансировало исслед. по определению дешевых альтернатив. методов удаления рассматриваемого типа отходов, объем к-рых в штате 20

оценивается в 38 тыс. м<sup>3</sup>/год. Сравнивали 7 вариантов удаления, включая неконтролируемое и контролируемое наземное удаление, подзем. захоронение, удаление в урановые хвостохранилища, глубин. колодцы и вывоз на полигоны для РАО. Во всех случаях оценивали радоновую и гамма-активность. Получены след. критерии безопасности (пКи/г <sup>226</sup>Ra): поверхность. размещение - 5; захоронение на глубину до 2,5 м - 10, а более 2,5 м - 300; вывоз на муницип. санитар. свалки - 100-300 (в зависимости от влажности почвы); удаление в колодцы - 2000.

низкорadioактивные отходы; удаление, захоронение; альтернативные варианты; США, шт. Техас, Техасское управление по удалению низкорadioактивных отходов

463. *Nykyri M., Tusa E.H.* Disposal of low and intermediate level wastes in Finland: Towards the construction phase = Размещение на территории Финляндии хранилища низко- и среднеактивных отходов // *Manag. Low and Intermediate Level Radioact. Wastes, 1988: Proc. Int. Symp., Stockholm, 16-20 May, 1988. - Vienna, 1989. - Vol. 2. - P. 171-174.*

Электроэнергет. фирмы Финляндии Imatran Voima Oy (IVO) и Industrial Power Company Ltd (TVO) анализировали возможности стр-ва долговрем. хранилища и разработали проекты его стр-ва, а также проектную документацию. Работы такого рода ведутся в стране с 1992 г. Показаны проекты долговрем. хранилища, разработ. фирмами, особенности каждого из них, проектные сроки эксплуатации.

464. *Sealing of Radioactive Waste Repositories* = Запечатывание хранилищ // *OECD Staff and NEA Staff. - 1989. - 388 p.*

465. *Umweltfreundliche Sonderabfallentsorgung* = Экологически безопасное устранение [токсичных] отходов // *Techn. Rdsch. - 1987. - Bd 79, N 30-31. - S. 31.*

На ярмарке природоохр. техники (Ганновер, ФРГ, 1987 г.) нижнесаксон. фирмы "Процзаг АГ" и "Зальцгиттер АГ" представили перспектив. концепцию захоронения токсич. отходов в геол. пустотах соляных месторождений. Хранилища емкостью 150-250 тыс. м<sup>3</sup> располагаются на глубинах от 700 до 1200 м. Через пробур. скв. в пласт соли закачивается пресная или морская вода. По мере растворения соли она откачивается на поверхность, а в недрах образуется полость, отдел. естеств. геол. барьером. Вымытые из соли нерастворимые в-ва оседают на дно полости и создают дополн. преграду для распространения токсич. отходов. После заполнения емкости скв. цементируется для достижения ее полной изоляции. Такие захоронения весьма надежны и не потребуют от будущих поколений дополн. расходов на санирование. По оценкам специалистов, в приморской зоне земли Нижняя Саксония имеются возможности для создания 20 таких захоронений общей емкостью 2,8 млн м<sup>3</sup>. Первое из них планировалось подготовить к эксплуатации в 1992 г.

токсичные отходы; захоронение; геологическая среда; соляные месторождения; хранилища; сооружение; способы; ФРГ

466. *Wicks G., Bickford D.* Doing Something About High / Level Nuclear Waste = Обращение с высокоактивными отходами (США) // Technol. Rev. - 1989. - Vol. 92, N 8. - P. 51-58.

Дан обзор состояния пробл. захоронения жид. ВАО атом. пром-сти как наиболее опас. для человека категории РАО. Считается, что в концептуальном отношении пробл. решена достаточно удовлетворительно путем применения витрификац. технологии при подготовке РАО к окончат. захоронению. Наибольших успехов в ее реализации достигли Франция (с 1978 г. остекловано 630 т РАО с активностью 150 МКи) и Бельгия (с 1985 г. - 300 т, 9 МКи). Эта технология получила признание в Японии, ФРГ, Великобритании и США. В США сейчас находятся в стадии стр-ва 4 з-да по обработке РАО на площадках Aiken (пуск в 1992 г.), West Valley (1992), Hanford (1998) и Ilano Falls (2011). Популярно изложены основы упомянутой технологии и особенности ее реализации в проектах этих з-дов. Обсуждены прогр. НИОКР по пробл. обеспечения длит. безопасности подзем. могильников остекл. форм РАО.

1990

467. *Кузнецов В.В.* Обеспечение безопасности при хранении радиоактивных отходов // Атом. техника за рубежом. - 1990. - N 1. - С. 17-19.

Рассмотрены вопр., связ. с обеспечением безопасности при хранении РАО в различ. геол. формациях - скальных породах, глинах, на больших глубинах под поверхностью морского шельфа. Описано устройство хранилищ разного типа - шахтных, скважинных, курганных и др.

468. *Сивинцев Ю.В.* Подготовка к захоронению радиоактивных отходов в Швейцарии // Там же. - N 8. - С. 21-25.

469. *Сивинцев Ю.В.* Проект "Конрад" по захоронению радиоактивных отходов в ФРГ // Там же. - N 11. - С. 3-7.

Рассмотрена концепция могильника для захоронения НАО и САО с малым тепловыделением в шахте Конрад (ФРГ). Описана процедура анализа безопасности применительно к данному проекту, радиац. инциденты, вероятные при обращении с отходами в шахте, и дозы облучения персонала.

470. *Bernero R.* Are you sure? Performance assessment beyond proof = Проблемы захоронения высокоактивных отходов, США // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct. 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 53-58.

Обзор. Практ. решение захоронения РАО, актуальность к-рого со временем только возрастает, в значит. мере сдерживается глобальностью ее масштабов и ответственностью перед будущими поколениями за возможные экол. последствия в случае непредсказуемых природ. катаклизмов. Изложены общие соображения, касающиеся методологии подхода к оценке пробл. в целом и анализу ее различ. аспектов. Особое внимание уделено обсуждению вопр. расчетно-эксперим. обоснования длит. безо-пасности захоронения ВАО.

471. *Campbell T.K., Guenther R.J., Jenson E.D.* Volatile fission product distributions in LWR spent fuel rods = Распределение летучих продуктов деления в использованных топливных стержнях реакторов на легкой воде // *Nucl. Waste Manag. - Westerville (Ohio)*, 1990. - P. 409-421.

Получ. с помощью гамма-спектрометрии и электрон. зонда данные о радиальном и аксиальном распределении  $^{135}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{129}\text{I}$  в стержнях могут быть полезны при проектировании ячеек хранения ПАО.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; методы исследования

472. *Carlsson J., Papp T., Forsstrom H.* Safety assessment of SFR - a swedish repository for low and intermediate level radioactive waste = Оценка безопасности шведского полигона для низко- и среднерадиоактивных отходов (SFR) // *C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact.*, Paris, 9-13 oct., 1989 / *AEN-AIEA-CCE.* - Paris, 1990. - P. 157-166.

По швед. законодательству производители ПАО ответственны за безопас. их переработку и удаление. Эксплуатирующие АЭС компании (вырабатывается 50% электроэнергии) образовали об-ние SKB, осуществляющее планир., проектирование, сооружение и эксплуатацию всех систем для безопас. переработки и удаления ПАО, в т. ч. ОЯТ. Запланир. для стр-ва система удаления включает: подзем. хранилище (SFR) с объемом 90 тыс. м<sup>3</sup> для короткоживущих ПАО (отработ. ионно-обмен. смолы), промежуточ. хранилище (CLAB) для долгоживущих БАО (ОТ), транспорт. ср-ва для доставки ПАО (спец. конструкции корабли, автомобили, контейнеры). Оценка безопасности SFR проводилась по сценариям и моделям, учитывающим возможность возникновения негатив. ситуаций. Последующие расчеты подтвердили, что конструкция и расположение SFR обеспечивают изоляцию ПАО от биосферы.

радиоактивные отходы; захоронение; полигоны; безопасность, оценка; Швеция; объединение SKB

473. *Chapman N., McKinley I.* Radioactive waste: back to the future? = Радиоактивные отходы: возврат в будущее? // *Atom.* - 1990. - N 408. - P. 22-26.

Путем описания изменений природ. радиоактив. пород в течение геол. периодов времени доказываются преимущества подзем., на спец. полигонах, захоронения ПАО. Основ. компонентами таких полигонов являются собственно ПАО, вмещающие их контейнеры, засыпоч. и барьер. почв. слои, а также породы, в к-рых находится вся система. Такой полигон должен быть устойчив к эрозии и катастроф. ситуациям (извержение вулканов или попадание метеорита), резкое похолодание и др. изменения климата. Однако основ. опасность связана с всегда присутствующей на полигоне водой, постепенно разрушающей изолирующие почв. слои, вызывающей коррозию контейнеров, постеп. растворение и миграцию ПАО во вмещающие породы, выступающие, буфер. системами, поглощающими присутствующие в воде окислители. Моделью движения радиоактив. элементов в течение миллионов лет могут служить описываемые в статье природ. ядер. реакторы, образуемые залежами богатой (до 14% по массе UO) урановой руды.

радиоактивные отходы; захоронение; полигоны; безопасность, прогнозирование; Великобритания

474. *Development of radiological impact assessments for the Drigg low-level radioactive waste disposal site* = Радиологическое воздействие полигона для низкорadioактивных отходов / T.G. Parker, S.F. Mobbs, P. Kane, M.C. Thorne // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 129-136.

Оценивается радиол. воздействие захорон. на полигоне Дригг (Великобритания) НАО, сгружаемых на ранней стадии эксплуатации полигона без какой-либо обработки в вырытые в глинистых почвах траншеи, а впоследствии удаляемых (после компактирования и упаковки в контейнеры) в бетонир. хранилища. Рассматриваются индивид. и суммар. дозы облучения, индивид. риск облучения для потенциально возмож. сценариев: по время пожаров в траншеях, излучения через систему дренажа, попадания радионуклидов в водонос. горизонты, газообраз. их выбросов и аккумуляции в человек. организме (при каких-либо работах на полигоне). Рассматриваются период эксплуатации полигона и время, следующее за его закрытием. Подчеркивается, что контроль за участком бывшего полигона должен осуществляться по крайней мере в течение 50-300 лет.

низкорadioактивные отходы; захоронение; полигоны; радиологическое воздействие; исследования; Великобритания; Дригг (Великобритания)

475. *McCombie C., Papp T., Coplan S.* The development and status of performance assessment in radioactive waste disposal = Развитие и достигнутый статус операций по оценке мест захоронения радиоактивных отходов // *Ibid.* - P. 92-115.

Значит. опыт накоплен за послед. 10-15 лет в обл. оценок радиац. безопасности потенц. мест захоронения НАО и ВАО, что позволяет выделить и подчеркнуть нек-рые общие черты изучения, подготовки и инж. оборудования зон складирования. Ключевые вопр. - определение конеч. целей складирования, выбор концепции пригодности природ. сред для захоронения, обоснование комплекса исслед. для оценки уч-ков складирования, фиксация допустимых уровней радиации и формулировка цели каждого этапа разведоч. работ и требований к его результатам, выбор системы барьеров, препятствующих распространению радионуклидов хранилищ, подбор материалов для сооружения барьеров и, наконец, всестороннее обоснование приемлемости данного уч-ка для размещения в нем хранилища, убедит. демонстрация этой приемлемости на всех стадиях лицензирования проекта.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; оценка

476. *Myall M.G., Duncan J.M.* Design of drystore for intermediate level radioactive wastes = Проект сухого хранилища для среднеактивных отходов // *Nucl. Eng.* - 1990. - Vol. 31, N 2. - P. 48-49.

Фирмы Costain Engineering и Design Group Partnership (Великобритания) разработали проект сухого хранилища для САО, выгодно отличающийся от извест. проектов по стоимости, срокам сооружения и удовлетво-

ряющей нац. и междунар. требованиям. Хранилище вмещает ок. 1500 упаковок с РАО объемом по 500 л, находящихся на воздухе. Расчет. срок службы хранилища - 50 лет. Проектом предусмотрена защищенность от землетрясений, возможность последующего извлечения хранящихся РАО, дистанционно управляемая система обращения с РАО, мониторинга и инспекции.

477. *Peltonen E.K., Nykyri M.P.* USE of safety assessment for repository systems development in Finland = Использование оценок безопасности для систем хранилищ, разрабатываемых в Финляндии // С. г. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 189-200.

Разработка систем хранилищ для 3 типов РАО АЭС Олкилуото ведется с 1983 г. Хранилище для НАО и САО планируется ввести в эксплуатацию в 1992 г. В этом же р-не предусматривается расположить хранилище для списанного оборудования и деталей энергет. установок. Ведется разработка прогр. сооружения хранилища для ВАО. Техзадание включает оценку безопасности глубин. хранилища в кристал. породах. Осуществлены разбраковка и выбор уч-ков-кандидатов. Исслед. ведутся на 5 уч-ках. Анализируется концепция оценок с широким использ. ранжирования объектов в различ. аспектах.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Финляндия; Олкилуото

478. *Rippon S.* The quest for disposal sites in Europe = Поиски мест для удаления радиоактивных отходов в Европе // Nucl. News (USA). - 1990. - Vol. 33, N 2. - P. 91-95.

Перечисляются полит. тенденции и основ. направления действующих в Великобритании, Франции, Швеции, Швейцарии, Финляндии, Бельгии и Испании прогр. по уничтожению НАО и ВАО, и краткие характеристики эксплуатирующихся и строящихся полигонов для их захоронения. Поскольку НАО состоят преимущественно из коротко живущих радиоактив. изотопов, для них приемлемы системы поверхност. захоронения, а ВАО, распад к-рых сопровождается большим выделением тепла и  $\alpha$ -излучением, подлежат глубин. геол. удалению, предваряемому длит. (в течение 30-50 лет) охлаждением, отвержд. тем или иным способом ВАО в спец. контейнерах. К концу 1990 г. полностью исчерпана емкость полигона в р-не Ла-Манша, рассчит. на прием 480 тыс. м<sup>3</sup> НАО. Принято решение о создании полигона около г. Сулен (департамент Об), куда в течение 30 лет эксплуатации поступит 1 млн м<sup>3</sup> НАО. В Великобритании запрещено удаление НАО в море, поэтому сооружаются новые полигоны (полигон в р-не Селлафилда уже принял 600 тыс. м<sup>3</sup> НАО и близок к закрытию). В Швеции в р-не SFR построен полигон, рассчит. на прием 230 тыс. м<sup>3</sup> НАО, образующихся на 12 действующих АЭС, в р-не Оскарсхамн АЭС - полигон для подвод. (40-летнего) хранения ОЯТ, емкость к-рого к середине 1990 г. составила 7800 т. Швейц. предприятия перерабатывают также и ВАО Франции и Великобритании, возвращая им остекл. блоки. Стр-во полигона на глубине 70-500 м осуществляется в Бельгии, Финляндии и Испании.



радиоактивные отходы; характеристики; захоронение; Западная Европа; Великобритания; Франция; Швеция; Швейцария; Финляндия; Бельгия; Испания; г. Сулен (деп. Об); Селлафилд; р-н SFR; Оскарсхамн АЭС

479. *Zappe D., Korner W.* Safety assessment as a necessary part of the licensing procedure of the radioactive waste repository in the GDR = Оценка безопасности как необходимая часть процедуры выдачи лицензии на хранилище ядерных отходов в [бывшей] ГДР // С. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 849-851.

Согласно закону ГДР об АЭ, на центр. хранилище НАО и САО распространяется общий порядок лицензирования для АЭС, включающего неск. стадий. На каждой стадии (размещение, сооружение, ввод в эксплуатацию, постоян. эксплуатация, списание и закрытие) от орг-ции-исполнителя требуется выполнение анализа безопасности. Описаны цели, задачи и результаты оценок безопасности, последующий анализ безопасности для подзем. хранилища ядер. отходов на территории бывшей ГДР.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; среднеактивных; Германия

1991

480. *Гупало Т.А., Шишиц И.Ю.* Оптимальные температурные условия захоронения тепловыделяющих отходов в скважинах // Атом. энергия. - 1991. - Т. 70, N 5. - С. 346-347.

инженерная геология; строительство; горное; скважины-захоронения; радиоактивные отходы; температурные условия

481. *Заручевская Г.П., Носова Л.М., Седов В.М.* Безопасность приповерхностного захоронения радиоактивных отходов // Там же. - С. 314-318.

Рассмотрен метод, подход к оценке безопасности приповерхност. захоронения НАО и САО, почти не содержащих  $\alpha$ -излучающие радионуклиды. Метод позволяет при проектировании промышл. полигонов захоронения априори (без предвар. геол. изысканий) определять расчет. путем требования к параметрам защит. барьеров, в частности, гидроизолирующего экрана. Он реализует концепцию верх. границы дозы и обеспечивает ограничение зоны миграции радионуклидов рамками барьеров, экранирующих могильник. Приведены результаты внедрения метод. подхода на прим. линейной модели миграции радионуклидов в однород. водонасыщ. среде, учитывающей фильтрацию, конвективную диффузию, изотерм. сорбцию при захоронении битумир. РАО АЭС. Из условия минимизации толщины нижнего элемента гидроизолир. глиняного экрана могильника определены его оптим. фильтрац.-сорбц. параметры.

инженерная геология; строительство; горное; захоронение приповерхностное; радиоактивные отходы

482. *Bergstrom U., Nordlinder S.* Uncertainties Related to Dose Assessments for High-Level Waste-Disposal = Неопределенности фазовых 26

оценок захоронений высокоактивных отходов // Nucl. Safety. - 1991. - Vol. 32, N 3. - P. 391-402.

1992

483. *Тютин В.Н.* О возможном методе захоронения радиоактивных отходов // Изв. вузов. Геология и разведка. - 1992. - N 6. - С. 171.

Захоронен. отходы атом. пр-ва, включая продукты распада урана, при помещении их в объем отработ. урановых месторождений, также должны длительно (вечно) сохраняться в замкнутом пространстве - естеств. природ. хранилище. Такие "хранилища" можно создать на базе отработ. месторождений, особенно в малонаселен. р-нах, к-рые достаточно долго в обозримом будущем не будут вовлекаться в освоение пром-стью.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

484. *Mackenzie A.B., Scott R.D., Linsalata P.* Natural Decay Series Studies of the Redox Front System in the Pocos-de-Caldas Uranium Mineralization = Оценка надежности захоронения радиоактивных отходов // J. Geichem. Exploration. - 1992. - Vol. 45, N 1-3. - P. 289-322.

485. *Mohamad D.B., Mackenzie A.B., Stephens W.E.* Exploration Methods for Nuclear Waste Repositories or Mineral-Deposits - From Source to Sink, wheres the Front = Методы обследования [изучения] хранилищ ядерных отходов // Transactions Inst. Mining Metallurgy Section B-Applied Earth Science. - 1992. - Vol. 101, N SEP. - P. B139-B146.

486. *Mrugala S., Bonabian S.* Rock mechanics aspects of the ESF design = Вопросы механики горных пород в проектировании разведочной шахты // Int. J. Rock Mech. and Mining Sci. and Geomech. Abstr. - 1992. - Vol. 29, N 2. - P. 133A.

Безопасность - важнейший критерий при проектировании хранилищ РАО. Существ. является разумное применение основ механики гор. пород. Рассмотрен прим. комплекса разведоч. шахты (ESF) на уч-ке Юкка-Маунтин. Кратко охарактеризованы геол. условия, описан процесс проектирования (методика, требования, вход. данные, гарантии кач-ва, процедуры). Приведены горно-техн. характеристики комплекса. Обсуждается совместное использ. аналит. и эмпир. методов, в т. ч. при определении геостат., сейсм. и тепловых нагрузок.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Юкка-Маунтин

1993

487. *Векслер Л.М.* Оценка уровня безопасности захоронения радиоактивных отходов // Экология пром. пр-ва. - 1993. - N 3. - С. 24-25.

Рассматриваются вопр. обеспечения безопасности захоронения РАО. На основе анализа критериев, используемых в различ. странах и междунар.

орг-циях, формулируются предложения по введению в отечеств. практику соответствующих показателей оценки уровня безопасности хранилищ РАО.

488. *Babad H., Cash R.J., Deichman J.L.* High-Priority Hanford Site Radioactive Waste Storage Tank Safety Nues - An Overview = Данные о преимуществах безопасного хранения (размещения) радиоактивных отходов в резервуарах // *J. Hazardous Materials.* - 1993. - Vol. 35, N 3. - P. 427-441.

489. *Beckmerhagen I., Berg H.P., Harnack K.* Quality Assurance of Components of the Planned Konrad Repository = Гарантия качества компонентов на планируемом депозитарии Конрад // *Kerntechnik.* - 1993. - Bd 58, N 6. - S. 345-348.

490. *Bonano E.J., Thompson B.G.J.* Probabilistic Risk Assessment for Radioactive Waste = Оценка вероятного (возможного) риска, связанного с радиоактивными отходами // *Reliability Eng. System Safety.* - 1993. - Vol. 42, N 2-3. - P. 103-109.

491. *Hollmannm A., Brennecke P.* Inventory and Future Arisings of Radioactive Waste = Инвентаризация и появление в будущем радиоактивных отходов // *Atomwirt.-Atomtech.* - 1993. - Bd 38, N 12. - S. 832-836.

492. *Post-closure safety analysis of a rock cavern repository for low and medium level waste* = Анализ безопасности [хранения] низко- и среднеактивных отходов в пустотах скальных пород после закрытия репозитария / *T. Vieno, H. Nordman, V. Taivassaiio, M. Nykyri* // *Radioact. Waste Manag. and Nucl. Fuel. Cycle.* - 1993. - Vol. 17, N 2. - P. 139-159.

Построенное в 1988-1991 гг. хранилище НАО и САО АЭС расположено на зап. побережье Финляндии, на глубине от 60 до 100 м в корен. трещиноватых кристал. породах (кварцевых диоритах). Хранилище состоит из 2 подзем. башен (диам. 24 м, высота 34 м) для РАО, складированных в эти башни в стальных емкостях. Изучена безопасность хранения РАО с учетом их св-в и защит. барьеров. Проведены мод. эксперименты по исслед. возможностей миграции радионуклидов в подзем. водах по трещинам пород, их поступления в геосферу. С точки зрения безопасности хранения РАО рассчитаны активность отд. радионуклидов до 2055 г., сценарии их возможной миграции с подзем. водами, устойчивость барьеров.

инженерная геология; охрана среды; радиоактивные отходы; захоронение; скальные породы; пустоты; моделирование; миграция радионуклидов

493. *Wong C.P.C., Grotz S.P., Blanchard J.P.* Safety Design and Radioactive Waste-Disposal Analysis for the Titan-I Reversed-Field-Pinch Reactor Design = Безопасный проект и анализ размещения (захоронения) радиоактивных отходов для Ti-1 // *Fusion Eng. Design.* - 1993. - Vol. 23, N 2-3. - P. 133-156.

494. *Allan C.J.* Technology for Radioactive Waste Disposal in Canada = Технология размещения радиоактивных отходов в Канаде // *Kerntechnik*. - 1994. - Bd 59, N 1-2. - S. 49-55.

#### 4.1.1. Характеристика участка, площадки

495. *Darling P.* Solutions to radioactive waste disposal = Варианты удаления радиоактивных отходов [Великобритания] // *Constr. Ind.* - 1989. - Vol. 15, N 4. - P. 34-35.

Описывается захоронение образующихся при эксплуатации АЭС НАО (включающие обтироч. материал, бумагу, картон, пластмассовую упаковку, защит. одежду, электрокабель, металлолом и облуч. почву) на Селлафилдском полигоне. Их пакуют в контейнеры или пластиковые мешки, а затем захоранивают в траншеи (ширина 25 м, глубина 8 м и длина ок. 700 м). Ежегод. кол-во отходов составляет 30-40 тыс. м<sup>3</sup>. Траншеи периодически перекрываются 1,5-метровыми слоями почвы, полиэтиленовыми щитами и слоями камней, используемых для образования твердых оснований для последующей эксплуатации траншей. Доза радиации на поверхности заполн. траншей составляет 0,2 Гр/час и превышает естеств. радиац. фон в 2 раза. Дефицит свалочных площадей привел к необходимости создания недалеко от траншей бетонир. хранилищ НАО суммар. емкостью ок. 700 тыс. м<sup>3</sup>. Описывается устройство их.

радиоактивные отходы; АЭС; захоронение, способы; Селлафилдский полигон; Великобритания

496. *Dorp F. van, Drogen H., McCombie Ch.* Disposal of radioactive waste = Захоронение радиоактивных отходов // *Radiat. Phys. and Chem.* - 1989. - Vol. 34, N 2. - P. 337-347.

Дан крат. обзор методологий подхода к решению пробл. обеспечения длит. безопасности захоронения РАО. Дана их классиф. и предложены рекомендации по выбору соотв. концепции их захоронения. Наиболее существ. этапом решения пробл. захоронения РАО считается обоснование выбора площадки для сооружения могильника. Перечислены вопр., решение к-рых во многом предопределяет обоснованность этого выбора.

497. *Emmings A.* The next step for radioactive waste management = Совершенствование технологии обработки радиоактивных отходов // *Atom.* - 1989. - N 391. - P. 6-8.

Приводится отчет о конф. в Лондоне, посвящ. пробл. обработки и хранения РАО в Великобритании. Рассматривались пробл. выбора строит. площадок для хранилищ НАО и САО. Обсуждены преимущества и недостатки хранилищ, располож. глубоко под землей. Особо отмечено, что при принятии решений о стр-ве, в первую очередь следует убедить обществ.

мнение в безопасности будущего хранилища и необходимости его сооружения. Спец. докл. был посвящен причинам возмож. утечек из подзем. хранилищ и анализу путей перемещения РАО в биосферу.

498. *HLW safe disposal is a reality* = Обоснование длительной безопасности подземных захоронений высокоактивных отходов // Атом. - 1989. - N 397. - P. 18-21.

Представлены результаты сравнит. анализа безопасности различ. концепций подзем. захоронения (окончат.) ВАО. Анализ проведен с применением новой методологии Pagis (performance assessment of geological isolation systems), разработ. комис. ЕС и предназначенной для обоснования выбора площадки будущего захоронения. Кратко изложены основы методологии и даны пояснения к ее практ. применению. Сопоставление оценок произведено для 4 концепций захоронения и 10 различ. площадок (глинистые, гранит. и соляные породы, придон. захоронения).

499. *Illinois siting process revamped; hearings added* = Захоронение низкоактивных отходов в штате Иллинойс, США // Nucl. News (USA). - 1989. - Vol. 32, N 15. - P. 84-85.

Своим решением от 19.10.89 г. администрация шт. Иллинойс (США) приостановила слушание вопр. о выборе площадки для захоронения НАО (Martinsville - окр. Clark или Gelf окр. Wayne). Перечислен ряд причин прекращения слушания, в т. ч. крит. замечания гидрол. службы штата по 2 (несоглас.) ред. докл. IDNS (департамента по ядер. безопасности), в к-рой якобы преднамеренно искажена информ. о водоносных пластах площадки Martinsville. Повторное слушание было намечено на авг. 1990 г., а точное - после проведения независимой экспертизы по обеим площадкам. В расчете на его благоприятный исход IDNS приступил к выполнению подготов. работ по сооружению могильника с тем, чтобы пустить его в эксплуатацию уже в 1993 г.

500. *UK Nirex annual report* = Годовой отчет фирмы Nirex (Великобритания) // Energy Rept. - 1989. - Vol. 16, N 12. - P. 12.

Представлен годовой отчет фирмы Nirex за 1988-1989 гг. Основ. внимание в отчете уделено дискус. по выбору площадки подзем. хранилища НАО и САО. Рассмотрены вопр. обследования з-дов по переработке ОЯТ, исслед. безопасности захоронения РАО, транспортировки и упаковки РАО, а также прогр. информирования общественности.

1990

501. *DOE research on preclosure source terms for the Yucca Mountain repository* = Информация Министерства энергетики США о предшествующей закрытию полигона [для высокоактивных отходов] Юкка-Маунтин в фазе его эксплуатации: [Pap.] Annu. Meet. Amer. Nucl. Soc., Nashville, Tenn., June 10-14, 1990 / C. Quan, D. Michlewicz, R. Palabrica et al. // Trans. Amer. Nucl. Soc. - 1990. - Vol. 61. - P. 25-26.

Анализ концептуальных вариантов будущего геол. полигона для захоронения ВАО в р-не Юкка-Маунтин выявил необходимость дополн. информ. о полигоне в условиях его норм. эксплуатации и при потенциально возмож. аварийных ситуациях, предшествующих началу фазы его закрытия. Для получения необходимых данных Мин-во энергетики США (ДОЕ) финансировало исслед. как часть прогр. по оценке пригодности выбр. уч-ка для сооружения полигона. Цель исслед. - развитие техн. основы для оценки безопасности будущего полигона. Осуществлен постеп. переход от общ. концепций к более системат. и количеств. анализу р-на для полигона.

высокорadioактивные отходы; полигоны; проектирование, эксплуатация; США; Министерство энергетики США (ДОЕ)

502. *Milnes A.G.* Radwaste disposal. An introductory review and some comments on the Swiss programme = Захоронение радиоактивных отходов: Обзорное введение и некоторые комментарии к швейцарской программе // *Geol. foren. Stockholm forhandl.* - 1990. - Vol. 112, N 4. - P. 317-320.

Охарактеризован соврем. подход к обоснованию проектов захоронения, основ. на результатах 2 видов работ: анализа безопасности и выбора уч-ка. Анализ безопасности требует большого объема детальных данных по конкретному выбр. уч-ку. Однако данные соотв. кач-ва и детальности могут быть получены для уч-ка, к-рый был предварительно отобран из числа ему подобных на основе требований безопасности. Такой "парадокс изученности" обычен; это положение иллюстрируется на прим. реализации швейц. прогр. захоронения ВАО в породах кристал. фундамента.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Швейцария

503. *Testing is underway for waste site cleanup* = Оценка технологии очистки мест захоронения радиоактивных отходов // *Elec. Light and Power.* - 1990. - Vol. 68, N 12. - P. 54.

Сообщено, что в 50, 60 и 70-е гг. на территории, принадлежащей INEL (США), производилось захоронение РАО. НАО были помещены в относительно глубокие слои грунта, а ВАО - в верх. с целью их последующего извлечения и перемещения в могильники, принадлежащие федер. властям США. Осенью 1989 г. была начата реализация прогр. по извлечению ВАО с целью оценок их состояния и сортировки. Планируется также проверка условий витрификации РАО как среды для последующего захоронения этих РАО. Должна была быть проведена работа по удалению газообраз. продуктов деления.

504. *Thomauska B.* Geotechnik und Betrieb bei der Endlagerung radiaktiver Abfälle in Schachtanlage Konrad = Захоронение радиоактивных отходов на шахте Конрад [Германия] // *VEROFF. Inst. Grundbau, Bodenmech., Felsmech. und Verkehrswasserbau RWTH, Aachen.* - 1990. - N 18. - S. 18-33.

В Германии захоронение твердых РАО производится на отработ. железоруд. шахте Конрад. Благоприятным фактором для захоронения являются гидрогеол. условия (слабые водопритоки) и почти водонепроницаемые перекрывающие плотные глинистые породы нижнего мела. Шахта распола-

гает двумя вертикальными стволами, расположенными на расстоянии 1500 м: Конрад 1, эксплуатация в 1957-1960 гг. при глубине 1232 м и Конрад 2 - в 1960-1962 гг. при глубине 999 м. Конрад 1 используется для хранения РАО, а Конрад 2 - для их транспортировки. На поле шахты Конрад 1 имеются 9 участков для захоронения РАО, длина подземных горных выработок 800-1300 м, сечение 40 м<sup>2</sup>. Выработки заполняются контейнерами с РАО на площади 25 м<sup>2</sup>, а сверху засыпаются перемолотыми горными породами. Приводится подробное описание схем захоронения и размещения РАО.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Германия

1991

*505. Sellafield chosen for UK repository* = Выбор площадки для могильников низко- и среднеактивных отходов, Великобритания // Nucl. Eng. Int. - 1991. - Vol. 36, N 446. - P. 6-7.

Агентство Nirex (Великобритания) объявило о своем выборе площадки Селлафилд для размещения могильников НАО и САО. Такой выбор был предпринят не геологическими преимуществами этой площадки перед площадкой Дунрей, а тем, что почти 60% РАО, подлежащих захоронению в предполагаемом могильнике генерируется заводами Селлафилда. В этом случае более удачно решается проблема транспортировки РАО. Планами Nirex предусмотрены этапы: 1992 г. - разработка концепции захоронения, 1993 г. - слушания, 1995 г. - начало строительства, 2005 г. - ввод в эксплуатацию 1 очереди могильника, 2055 г. - консервация могильника. Проектная мощность могильника от 0,7 до 2 млн м<sup>3</sup>. Суммарные затраты на разработку и реализацию проекта составят 2,5-3,5 млрд фунт. ст. (в ценах 1991 г.).

*506. U.K. chooses location for huge repository* = Великобритания выбирает место для гигантского хранилища // ENR. - 1991. - Vol. 227, N 5. - P. 14.

После 2-летних поисков и затрат в 85 млн дол. брит. Агентство по управлению ядерными отходами выбрало место для сооружения подземного хранилища, строительство которого предположительно обойдется в 4,3 млрд дол. Оно расположено вблизи завода по переработке ЯТ в Селлафилде. По плану к 1995 г. начнется строительство подземных камер общей емкостью 5,93 млн м<sup>3</sup>. Сначала будут сооружены 8 камер в вулканических породах на глубине от 700 до 1000 м под заводом в Селлафилде (к 2005 г.). Затем начнется оборудование камер для НАО. В целом строительство комплекса хранилища из 22 камер завершится к 2055 г. Селлафилд наиболее благоприятен с геологической точки зрения, предлагаемых для строительства хранилища. Альтернативой являлся участок Дунрей на крайнем севере Шотландии. Однако на транспортировку отходов к месту хранения потребовалось бы дополнительно 2 млрд дол. В Великобритании почти 60% НАО связано с производством в Селлафилде, поэтому проект технически и научно более обоснован. В районе Селлафилда для специальных геологических исследований ведется бурение 20 глубоких скважин.

1992

*507. Moyses A. Radioaktiv hulladékok elhelyezésének környezeti feltételek vizsgálata* = Предварительные исследования среды и геологических

условий захоронения радиоактивных отходов // Mernokgeol. szem. - 1992. - N 40. - P. 63-78.

Выполнены предвар. обследования уч-ков для захоронения НАО и САО, связ. с эксплуатацией АЭС Пакш (Венгрия). По комплексу данных рекомендован уч-к вблизи Офалу-Фекед в пределах нагорья Норадь-Герешди (юж. Венгрия). Уч-к сложен гранитами и осадоч. породами плиоцена и плейстоцена. Породы разреза характеризуются низкой проницаемостью. В кач-ве вмещающих пород для отходов рекомендуются лессы и глины плейстоцена.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Венгрия

1993

508. *Habib P.* Les principes de l'enfouissement des dechets radioactifs proprietes physiques de base et thermomecanique des formations geologiques: [Rapp.] Collog. "Atome et geol.", Paris 25-26 nov., 1992 = Условия захоронения радиоактивных отходов // Men. Soc. geol. Fr. - 1993. - N 162. - P. 221-227.

Принципы удаления РАО в геол. формации достаточно просты. Основным вектором миграции радионуклидов является вода, к-рая перемещает их, в основном, в глубину через среду с очень низ. проницаемостью, т. е. они всегда будут находиться под поверхностью. Это не даст радионуклидам проникнуть в биосферу в течение долгого времени, за к-рое они потеряют значит. часть своей радиоактивности (это может быть 100 тыс. или 1 млн лет). Существует опасность, что процессы с выделением тепла могут привести к разрушению геол. формаций. Поэтому необходимы тщат. исслед. предполагаемой площадки для геол. хранилища РАО на длительно протекающие геол. процессы. В случае пластич. слоев (соль, глина) и ломких пород (граниты, сланцы) исследуются др. вопр., направл. на сохранение этих формаций от изменений в течение длит. промежутков времени.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

1994

509. *Inhaber Herbert* Risk analysis and solving the nuclear waste siting problem: [Pap.] 9th Pacif. Basin Nucl. Conf. "Nucl. Energy Sci. and Technol. Pacif. Partnership Sydney, 1-6 May, 1994 = "Голландская" методология подхода к обоснованию риска захоронения радиоактивных отходов // Trans. Amer. Nucl. Soc. - 1994. - 70 Suppl. nt. - P. 519-524.

Обзор соврем. состояния и перспектив решения пробл. обоснования выбора площадок для захоронения РАО на базе традиц. методов оценки риска захоронения привел автора к выводу о тупиковости ситуации и, к тому же, ее абсурдности. Причиной тому, по мнению автора, является практ. игнорирование соц.-психол. аспектов пробл. В самом деле, на расчетно-эксперим. обоснования выбора площадок отвлекаются огромные ср-ва и силы, а в результате из безразлич. и некомпетент. обывателя формируется рьяный поборник нулевого риска захоронения, хотя остальные стадии цикла ЯТ гораздо более опасны в этом отношении. Рассмотрены



альтернат. вероятностному подходы, как-то: довер., компенс. и т. д. - и предложена своя методология, основ. на принципе обратимого "голланд. аукциона" (понижение ставок), но учитывающая также полож. стороны др. подходов. При кратком описании предлагаемой методологии, отмечена ее исключ. прозрачность, открытость и доверительность.

510. *Vira J.* Disposal of Radioactive Wastes from the Finnish Nuclear Power-Plants = Захоронение радиоактивных отходов финской АЭС // *Kernteknik.* - 1994. - Bd 59, N 1-2. - S. 18-22.

#### 4.1.2. Анализ операций по эксплуатации

1989

511. *Murray R.L., Walker C.K.* Technical responsibilities in low-level-waste disposal: /Pap./ Winter Meet. Amer. Nucl. Soc., San. Francisco, Calif., Nov. 26-30, 1989 = Техническая надежность удаления низкорadioактивных отходов // *Trans. Amer. Nucl. Soc.* - 1989. - Vol. 60, N 142-143. - P. 142-143.

Описываются основ. положения проекта по созданию нового полигона для НАО в шт. Сев. Каролина (США), учитывающие помимо техн. и экон. аспектов такие соц. факторы, как риск облучения населения и загрязнения ОС. Проект предусматривает создание более чем 2-метровой защит. зоны между основанием полигона и сезон. уровнем воды в р-не. При наличии традиц. инж. барьеров, геотех. условия полигона должны по крайней мере в течение первых 100 лет обеспечивать естеств. безопасность полигона прежде всего долгоживущих радионуклидов -  $^{129}\text{I}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{99}\text{Tc}$ . На полигоне будут использоваться новые методы стр-ва и материалы, высокопроч. контейнеры, покрытия из бетона и хим. формы связывания отходов, преуд-преждающие их растворение и миграцию.

низкорadioактивные отходы; захоронение; полигоны, проектирование; США, шт. Сев. Каролина

1992

512. *Bauer S.J., Ehgartner B.L., Hardy M.P.* Preliminary methodology for design of stable drifts for the Yucca Mountain project = Предварительная методика проектирования устойчивого штрека для участка Юкка-Маунтин // *Int. J. Rock Mech. and Mining Sci. and Geomech. Abstr.* - 1992. - Vol. 29, N 2. - P. 133A.

Проект Юкка-Маунтин предусматривает размещение отходов на глубине 200-300 м в туфовой пачке Топопах-Спринг. Подъезд. штреки и штреки хранения должны обеспечивать безопасность процедур хранения, проверки, закрытия хранилища и возмож. извлечения отходов. Иллюстрируется логич. последовательность методики проектирования штрека. Этапами проектирования являются: определение критериев; анализ ф-ций выработки; оценка конструкции выработки; анализ ф-ций обеспечения; оценка конструкции обеспечения. Постеп. уточнение конструкции возможно при получении новых данных обследования уч-ка.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Топопах-Спринг

513. *Silva M.* An assessment of the flammability and explosion potential of defense transuranic waste = Оценка возгораемости и взрывоопасности изолированных трансураниевых отходов // Nucl. Safety. - 1992. - Vol. 33, N 2. - P. 220-228.

Анализ актуальной пробл. возгораемости РАО при хранении, транспортировке и захоронении. Сделан обзор инцидентов, связ. с воспламенением или взрывами РАО с 1970 г. Причины, приведшие к инцидентам, технол. - несоответствие природы физ. процессов, протекающих в сложной системе, к-рую образуют РАО, со ср-вами их изоляции и ОС, либо неправильные действия персонала. Одной из физ. причин взрывоопасности РАО является наличие азотной кислоты в контейнерах, содержащих смесь различ. РАО. Взрыв обычно возникает в результате разряда стат. электричества. Причинами, способствующими аккумуляции стат. электричества, являются диэлектр. покрытия контейнеров и отсутствие необходимых заземлений.

радиоактивные отходы; возгораемость; взрывоопасность; оценка; причины; США

#### 4.1.3. Последствия хранения

1989

514. *Gas flow in and out of a nuclear waste container: /Pap./ Winter Meet. Amer. Nucl. Soc., San Francisco, Calif., Nov. 26-30, 1989 = Газообмен в контейнерах для ядерных отходов / E.D. Zwahlen, T.H. Pigford, P.L. Chamber et al. // Trans. Amer. Nucl. Soc. - 1989. - Vol. 60. - P. 109-110.*

Анализируется газообмен, происходящий в течение 300 лет в контейнерах для ВАО, захорон. в туфовых породах полигона Yucca Mountain (шт. Невада, США). Показаны зависимости утечки аргона и углерода-14, а также поступления воздуха в контейнеры от времени хранения, тем-ры, давления в контейнере и материала, из к-рого он изготовлен.

высокорadioактивные отходы; захоронение; контейнеры; газообмен; США, шт. Невада

1990

515. *Herz E., Schifferstein K.* TIME period of concern for longterm safety assessment of a geological radioactive waste repository = Долговременная оценка безопасности радиоактивных захоронений в геологических средах // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 299-307.

Период в  $10^4$  лет обосновывается как допустимый для прогноза функционирования захоронения РАО в геол. средах на основе расчета возмож. доз излучения радионуклидов, высвобождаемых из хранилища вследствие естеств. процессов обмена. Именно этот отрезок времени ограничивает

надежность моделирования послед. на основе известных достижений наук о Земле. Ист. опыт человечества также определяется примерно этим же врем. отрезком. Поэтому гипотезы об отсутствии драмат. для человечества событий не должны выходить за его пределы.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

516. *Krauskopf K.* Disposal of high-level nuclear waste: Is it Possible? = Проблема захоронения высокоактивных отходов, США // Science. - 1990. - Vol. 249, N 4974. - P. 1231-1232.

Обзор состояния и перспектив пробл. захоронения ВАО в США привел автора к заключению о практически бесплодных 30-летних поисках ее приемлемого решения. Эта пробл., по его мнению, не решена даже в концептуальном плане, хотя усилия предпринимаются немалые. Ист. причин такой ситуации видятся в неординарности пробл., ее глобальности как в пространств., так и врем. масштабе. Положение усугубляется нравств. аспектом - моральной ответственностью перед будущими поколениями, удерживающей от принятия сиюминутных решений, не гарантирующих, быть может, безопасности захоронения в отдал. будущем. Отсюда и нерешительность в действиях и подсознат. ожидание принципиально новых подходов к решению пробл., к-рые недоступны на соврем. уровне знаний.

1991

517. *Konynenburg R.A.van.* Gaseous release of carbon-14: why the high level waste regulations should be changed = Выделение углерода-14 в газовой фазе и необходимость изменения нормативов в отношении высокоактивных отходов // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 313-319.

Нормативы по ВАО, затрагивающие вопр. выделения из хранилища углерода-14 в газовой фазе, должны быть изменены в сторону увеличения допустимых уровней выделения этого компонента. Приводятся обоснования этого предложения. Общее кол-во углерода-14, генерируемого в хранилище, мало в сравнении с кол-вом, образующимся естеств. путем в атм. за счет воздействия косм. излучения. Индивидуальная доза облучения от углерода-14, выделяющегося из хранилища, очень мала в сравнении с эффектом природ. радиац. фона. Предельная доза, установл. по углероду-14 для хранилища, гораздо ниже, чем для техн. ядер. объектов. С др. стороны, стоимость дополн. ср-в экранирования для снижения уровня утечки углерода-14 очень высока (порядка 1 млрд дол. или больше), что не оправдывает достигаемый эффект.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные

1992

518. *Plecas I., Peric A., Glodic S.* Leaching Studies of from Ion-Exchange Resin Incorporated in Cement or Bitumen = Исследование выщелачивания Cs-137 из ионообменных смол // J. Radional. and Nucl. Chem.-Letters. - 1992. - Vol. 166, N 5. - P. 109-115.

519. *Kendrick C.M.* Environmental restoration and management of low-level radioactive and mixed waste at Oak Ridge National Laboratory: [Pap] 9th Pacif. Basin Nucl. Conf. "Nucl. Energy, Sci. and Technol. Pacif. Partnership", Sydney, 1-6 May, 1994 = Восстановление окружающей среды и организация хранения и обработки радиоактивных и смешанных отходов Государственной лабораторией в Ок-Ридж // Trans. Amer. Nucl. Soc. - 1994. - Vol. 70, Suppl. nl. - P. 961-967.

При орг-ции хранения и обработки РАО Гос. лаб. в Ок-Ридж (ОРГЛ) столкнулась с рядом трудностей. В ряде захоронений РАО отравляющие в-ва проникли в ГВ, и эти места необходимо очистить. Нек-рые виды отходов содержат такие в-ва, как полихлорир. дифенилы, растворители и металлы (так называемые смеш. отходы). отходы, содержащие долгоживущие радионуклиды в кол-вах выше допустимых пределов, было запрещено закапывать на территорию Ок-Ридж. Т. о., ОРГЛ усовершенствовала ряд стандартных методов с учетом особенностей. Экол. исслед. проб почв, взятых вблизи неизолир. траншей, в к-рые были помещены жид. РАО, показало, что такие в-ва как Sr, Cs, Co, H мигрируют из подобного рода захоронений. Разработка мер по очистке мест таких захоронений осложняется гетерогенностью отходов, недостатком необходимых данных, сравнительно большим кол-вом отходов и сложностью гидрогеол. условий данных р-нов. Наличие в захорон. ранее и производимых РАО тяжелых металлов, таких как ртуть, кадмий, хром, никель и свинец, а также нитратов, орган. растворителей, летучих соединений и др. потребовало разработки особой технологии очистки и хранения подобного рода отходов, исключающей новое экол. загрязнение ОС. ОРГЛ провела исслед. существующих и разрабатываемых технологий обработки смеш. отходов, результаты к-рого легли в основу методики обработки смеш. отходов, учитывающей геол. особенности местности, и техн. возможности и требования по обеспечению защиты населения и ОС.

#### **4.2. Разработка сценариев и оценка изменений среды и разрушительных событий**

520. *Berg H.P., Liemersdorf H., Riotte H.G.* Fire protection measures in a repository for radioactive wastes = Меры борьбы с пожаром в хранилище для радиоактивных отходов, ФРГ // Fire Prot. and Fire Fight. Nucl. Install.: Proc. Int. Symp., Vienna, 27 Febr. - 3 March, 1989. - Vienna, 1989. - P. 249-258.

Проведен анализ возмож. случаев возникновения пожаров на АЭС, в частности хранилища РАО. Рассмотрены отд. случаи и дано их подроб. описание: внутри АЭС; в нагруж. товаром контейнерах для РАО и в лифте во время выгрузки контейнеров для РАО. Дано подробное описание мето-

дики и мер борьбы с пожаром в проектируемом хранилище Konrad для РАО. Анализ пожаров был выполнен для подзем. и назем. оборудования хранилища, особенно в месте выгрузки контейнеров. Были исследованы случаи пожаров, определены тепловые нагрузки и установлены причины появления и меры борьбы с ними. Рассмотрены методы предотвращения пожара в отд. системах АЭС.

521. *Berg H.P., Mielke H.-G., Riotte H.G.* Design basis accident loads on waste packages and precautions taken at the Konrad repository = Воздействие нагрузок на контейнеры с радиоактивными отходами в условиях аварии, ФРГ // *Manag. Low and Intermediate Level Radioact. Wastes*, 1988: Proc. Int. Symp. Stockholm, 16-20 May, 1988. - Vienna, 1989. - Vol. 2. - P. 178-180.

Рассмотрены случаи, связ. с воздействием тепловых и механ. нагрузок на контейнеры с РАО в условиях аварии и меры предосторожности в проекте шахты Konrad. Описаны случаи с радиол. эффектами: подзем. пожары, вызв. ракетой, нагруж. контейнерами с РАО. Были проведены теорет. расчеты для таких пожаров и выполнены испытания по пожароопасности на подзем. установке. В данных испытаниях были получены графики тем-р при различ. нагрузках. Испытания проводились при расчет. нагрузке в течение 1 ч при тем-ре 800°C.

522. *Fears grow for safety of "champagne" nuclear dump* = Растущие опасения по поводу безопасности свалки радиоактивных отходов // *New Sci.* - 1989. - Vol. 122, N 1668. - P. 24.

В США вблизи г. Карлсбада (шт. Нью-Мексико) в отработ. солевой шахте создано эксперим. хранилище для складирования РАО и хим. отходов, к-рое после заполнения будет герметически закрыто и отходы захоронены навечно. Начало эксплуатации - сент. 1989 г. Выяснилось, что ниже этой солевой выработки расположено подзем. солевое оз., находящееся под высоким давлением. Это может привести к заполнению хранилища рассолом. При этом захорон. опас. продукты могут со временем перемещаться с солевой массой и давление может повыситься до уровня давления подзем. оз. При случайном бурении на территории хранилища возможен выброс опас. продуктов. Разногласия между Мин-вом энергетики и мест. властями по поводу оценки безопасности хранилища задерживают ввод его в действие. Планировалось разместить на территории хранилища отходы плутония от пр-ва ядер. оружия на з-де Роки Флетс (шт. Колорадо). Часть отходов с этого з-да направляется на врем. складирование в шт. Идахо, где с конца сент. запрещены дальнейшие поставки РАО в хранилище. Если не будет найдено нового места хранения, з-ду Роки Флетс грозит закрытие.

радиоактивные отходы; ядерное оружие, производство; захоронение; свалки, безопасность; США

1990

523. *Andersson J., Eng T.* The joint SKI/SKB scenario development project = Совместный проект SKI/SKB по разработке сценариев // *C. r.*

Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 397-404.

Швед. инспекция ядер. энергетики (SKI) и Швед. компания по работе с ядер. отходами (SKB) ведут совместную разработку сценариев эволюции хранилища ядер. отходов. В кач-ве исход. принята методика Лаб. Сандиа (США). Характер. черта проекта - многофакторность сценариев (учитывается большое кол-во характеристик, событий и процессов). Полный перечень факторов с их крат. текстовыми описаниями введен в БД, реализ. на персон. ЭВМ. Факторы сгруппированы в классы, крупнейшим из к-рых является "система процессов". Обсуждается целесообраз. система сценариев. Подчеркивается, что разработка сценариев и анализ безопасности находятся в тесном взаимодействии и должны выполняться параллельно при постоян. интерактив. увязке. Это требует четкой системы представления результатов, желательно в машин. форме.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Швеция

524. *An overview of performance assessment study by PNC for the geological isolation of HLW* = Исследования по оценке надежности изоляции в геологической среде высокоактивных отходов, выполненные корпорацией PNC: обзор / S. Masuda, N. Sasaki, H. Umeki et al. // Ibid. - P. 842-848.

Основ. цели НИОКР, выполняемых корпорацией по разработкам в обл. энергет. реакторов и ЯТ (PNC) в Японии, - это повышение надежности изоляции БАО в геол. среде и создание приемлемого для обществ. безопасности "образа" безопас. хранилища отходов. Одним из ср-в достижения этих целей является разработка генер. плана работ по оценкам надежности. План включает разработку сценария на основе систем. подхода и методологии анализа последствий; включаемые в сценарий имитац. модели в основ. относятся к процессам в ближ. зоне хранилища. Приведены крат. итоги послед. разработок по оценкам надежности. В рамках разработки сценария составлена диаграмма "взаимных влияний", позволяющая идентифицировать зависимость между событиями, включ. в сценарий. При анализе последствий рассчитывали потенц. радиол. эффекты на основе прогн. числ. моделирования и массивов данных.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; Япония

525. *Barinov A.S., Ozhovan M.I., Sobolev I.A. Potential Hazard of Solidified Radioactive Wastes* = Потенциальная опасность отвержденных радиоактивных отходов // Soviet Radiochem. - 1990. - Vol. 32, N 4. - P. 417-421.

526. *Berest P., Brevitz W. Review of selected radionuclide release scenarios and their consequences for the planning of HLW-repositories in salt formations* = Анализ некоторых сценариев высвобождения радионуклидов и последствий для проектирования хранилищ высокоактивных отходов в соляных породах // С. г. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 377-384.

Определение сценариев возмож. высвобождения радионуклидов из хранилища имеет важнейшее значение для проверки самой концепции захоронения, а также для общей оценки горных пород как среды долговрем. изоляции ВАО. Для оценки последствий утечки радионуклидов должно быть выполнено моделирование системы барьеров и их прорыва после закрытия хранилища, как при соврем. условиях хранения, так и с учетом их будущих изменений. Во Франции и Германии такие исслед. включают предполагаемое хранение в соляных породах. В деталях проработаны 2 сценария для такой среды: растворение ангидрита (изменение геол. барьера как следствие размещения хранилища) и нарушение хранилища человеком (как внешнее событие, практически не предсказуемое). Рассчит. индивидуальная доза составляет лишь часть естеств. радиац. фона.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; каменная соль

527. *Bonne A., Marivoet J.* Preliminary assessment of a HLV-repository in a stratiform argillaceous formation underlying the nuclear site of Mol-Dessel in Belgium = Предварительная оценка хранилища высокоактивных отходов в пластообразном теле глин под участком Мол-Дессел в Бельгии // *Ibid.* - P. 257-270.

Захоронения отходов проектируется в глинах свиты Бом в пределах учка Мол-Дессел. Методика оценки долговрем. безопасности захоронения включает 3 этапа: анализ сценариев, анализ последствий и оценка риска. При отборе релевант. сценариев использовали нетрадиц. способы. Для анализа последствий разработаны или адаптированы стохаст. и детерминист. способы. Результаты расчетов по наиболее вероят. сценариям с использ. наиболее надеж. данных по уч-ку свидетельствуют, что уровни доз гораздо ниже рекомендуемых эталон. значений. Общая безопасность хранилища в глинистых породах определяется характеристиками вмещающих глин.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; Бельгия; Мол-Дессел

528. *Determination des scenarios a prendre en compte dans l'appréciation de la sureté d'un site pour le stockage des déchets radioactifs en formation géologique profonde* = Определение сценариев с целью оценки безопасности участка для захоронения радиоактивных отходов в глубинных геологических образованиях / O.P. Escalier des, C. Devillers, A. Cernes, C. Izabel // *Ibid.* - P. 417-426.

Работы по выбору и описанию уч-ков для потенц. захоронения РАО в глубин. геол. образованиях впервые проводились во Франции в нач. 80-х гг. На 1 этапе усилиями ряда орг-ций и экспертов по предложению ANDRA были выделены 4 уч-ка с различ. типами потенц. вмещающих пород (граниты, глины, каменная соль, глинистые сланцы). На след. этапе продолжительностью 2 года один уч-к был отобран для сооружения под-зем. исслед. лаб. Оценка безопасности уч-ка выполнена с использ. сценариев эволюции хранилища и его окружения. Сценарии выбраны детерминистскими мето-

дами. Относительно детально проработаны "эталон." сценарий и сценарий со "случайными событиями".

охрана среды; захоронения отходов; радиоактивных; Франция

529. *Environmental change, disruptive events and human intrusion: models used at NRPB* = Изменения среды, разрушительные события и внедрение человека; модели, используемые в Национальном совете по радиологической защите (NRPB) / S.F. Mobbs, I.M. Barraclough, R.A. Klos et al. // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 866-869.

Эволюция подзем. хранилища ядер. отходов, рассматриваемая во врем. интервалах до 1 млн лет, существ. образом зависит от изменений климата (напр., уровня Мирового океана) и разруш. событий как естеств. (резкие изменения геол. обстановки), так и искусств. (напр., нарушения условий хранения в процессе деятельности человека) происхождения. Описаны соотв. форм. модели. К числу разрушит. геол. событий отнесены: изменения скорости потока подзем. вод; возникновение разрывных нарушений, резко влияющих на режим миграции; эрозия перекрывающих отложений придон. течениями или в результате ледниковой деятельности; развитие конвектив. циркуляции поровых вод. Из техн. нарушений обычно рассматривают непреднамер. вскрытие горными выработками неглубоко залегающего хранилища, а также ошибоч. вскрытие скв. отходов или сильно загрязнен. водонос. горизонта.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

530. *Etude d'un scenario default de scellement dans un site de stockage en milieu granitique* = Исследования сценария с нарушением герметичности хранилища в гранитах / D. Broc, M. Durin, M. Olivier, P. Raimbault // Ibid. - P. 870-876.

Сценарий поведения хранилища - часть оценок надежности хранения РАО в геол. среде. Он требует изучения основ. характеристик горных выработок (шахта, штреки, скв. с отходами), эффективности геол. барьера, а также анализа явлений, приводящих к ухудшению герметичности или ее нарушению. Изложены подход к разработке сценария и первые результаты, относящиеся к оптим. размещению экранов.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; граниты; экраны

531. *Etudes de sensibilites relatives aux equivalents de dose associes a un stockage de dechets nucleaires en formation geologique profonde* = Анализ чувствительности расчетов эквивалентной дозы для хранилищ ядерных отходов в глубинных геологических образованиях / J. Lewi, M.J. Mejon-Goula, A. Cernes, C. Brun-Yaba // Ibid. - P. 649-661.

Результаты расчет. оценок эквивалент. дозы включают широкие краевые зоны неопределенности, связ. с отсутствием детальной информ. в различ. компонентах, используемых при оценке безопасности. Для уменьшения неопределенности весьма полезен анализ чувствительности результатов по отношению к группам факторов: характеристики рассматриваемых сценариев; модели и числ. методы; значения параметров, используемые в расчетах. Описаны работы, выполн. в этом направлении в рамках проектов



PAGIS и PACOMA (Комис. европ. сообществ). Изложены подходы к анализу чувствительности и получ. результаты.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; геологические формации

532. *Geomorphic assessment of late Quaternary volcanism in the Yucca Mountain area, southern Nevada: implications for the proposed high-level radioactive waste repository* = Геоморфологическая оценка позднечетвертичного вулканизма площади Юкка-Маунтин, Южная Невада. Значение для предполагаемого хранилища высокоактивных отходов / S.G. Wells, L.D. McFadden, C.E. Renault, B.M. Crowe // *Geology*. - 1990. - Vol. 18, N 6. - P. 549-553.

Возможности повреждения проектируемого хранилища вследствие вулкан. деятельности могут быть оценены лишь на основе детального анализа картины четвертич. вулканизма. Предыдущими исслед. вулкан. поля Сима в юж. Калифорнии установлена согласованность данных К-Аг-датирования, геоморфол. и почв. данных. Комплекс. использ. этих данных позволяет оценивать возраст отд. вулкан. событий. Надежность К-Аг-датирования в пределах новейшей вулкан. зоны Латроп-Уэлс (20 км от площади Юкка-Маунтин) проблематична. Сравнение данных по вулкан. полю Сима и зоне Латроп-Уэлс показало возможность регион. корреляции морфометр., почв. и стратигр. характеристик и близость возрастов вулкан. аппаратов. Делается вывод, что ранее определ. возраст послед. извержения в зоне Латроп-Уэлс (0,27 млн лет) завышен на порядок величин и что послед. извержение имело место не ранее чем 20 тыс. лет назад.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; США; Юкка-Маунтин

533. *Grimwood P., Thegerstrom C. Assessment of the risks associated with human intrusion at radioactive waste disposal sites - some observations from an NEA workshop* = Оценка риска, связанного с антропогенным нарушением участков захоронения радиоактивных отходов. Некоторые комментарии к сборнику работ Агентства по ядерной энергии // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 385-395.

Освещены основ. пробл., связ. с оценкой риска антропог. нарушения уч-ка хранения и целостности хранилища РАО. Изложен опыт разработки сценариев, вероятност. оценок, расчетов последствий, а также создания норматив. документов. Даны прим. мер, снижающих вероятность и/или последствия антропог. нарушения. В указ. направлениях в течение послед. десятилетия выполнены большие объемы работ. Оценки последствий антропог. нарушения - часть общих заключений по безопасности хранилищ. Однако следует отдавать отчет о тех допущениях, к-рые лежат в основе такой оценки. В метод. плане разработка таких оценок должна базироваться на простых и очевид. моделях и заключениях, а каждое усложнение способно подрывать доверие к результатам.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

534. *Hodgkinson D.P., Sumerling T.J. A review of approaches to scenario analysis for repository safety assessment* = Обзор подходов на основе ана-

лиза сценариев для оценок безопасности хранилища // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 333-350.

Описаны подходы на основе анализа сценариев, используемые рабочей группой по сценариям Агентства по ядер. энергетике Великобритании. Анализ использует информ. по геологии уч-ка, характеристики отходов, сложившиеся представления о характере процессов, а также субъектив. мнения опыт. специалистов (экспертов). Важно, чтобы при таком анализе использовались стандарт. процедуры работы с информ., а каждый шаг развития сценария тщательно документировался. Требуются соглас. эксперт. процедуры идентификации, классиф. и разбраковки явлений, учитываемых в сценариях. Группой сформулированы 3 основ. подхода к слож. процедуре построения сценариев из явлений. Оценивается применимость каждого. В прил. приведен перечень явлений и факторов, существ. для построения сценариев эволюции подзем. хранилищ ядер. отходов.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Великобритания

*535. Identification of calculation hierarchy and information flow for postclosure performance assessment* = Определение иерархии расчетов и информационного потока в оценках надежности хранилища после его закрытия / H.I. Avci, J.C. Cunnane, A. Brandstetter, A. Bindocas // Ibid. - P. 792-802.

При решении задач оценки надежности хранилища ВАО в геол. среде разработано ср-во управления обработкой информ., включающее схем. иерархии расчет. процедур и диагр. информ. потока. Спец. диагр. разработаны для классиф. сценариев и концептуальных моделей. Методика построения указ. ср-в и содерж. получаемых документов иллюстрируются на прим. 1-го сценария и 1-й концептуальной модели. Одна из задач использ. опис. ср-в - определение потребностей в моделях и данных.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; моделирование

*536. Marivoet J.L., Zeevaert T., Bonne A.A. Deterministic performance assessment of a medium-level and alpha-bearing waste repository in clay* = Детерминистическая оценка воздействия на окружающую среду хранилища радиоактивных альфа-излучающих отходов средней активности в глинистых породах // Ibid. - P. 826-831.

Система оценки разработана в рамках проекта PACOMA. В Бельгии благоприят. потенц. местом захоронения РАО является глинистый пласт мощностью 110 м, залегающий на глубине от 160 до 270 м в местечке Мол-Дессел. Рассмотрены 4 сценария: естеств. эволюция хранилища при стационар. внешних процессах; уменьшение на 1/3 кол-ва выпадающих осадков; рассечение хранилища разломом; вскрытие гидрогеол. скв. выше-лежащего водонос. горизонта. Во всех рассчит. вариантах уровень радиоактивности, связ. с воздействием хранилища, оказывается ниже естеств. фона излучения.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; глины; Бельгия

*537. Matsuzuru H., Suzuki A. Models for performance assessment of engineered disposal facility for shallow-land disposal of low-level radioactive*

wastes = Модели для оценки надежности технических конструкций хранилища мелкого заложения для отходов низкой активности // С. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 137-144.

Разработана методика оценки надежности хранилища мелкого заложения для НАО. Она включает ряд сценариев вскрытия хранилища: вскрытие в процессе эксплуатации, вследствие миграции подзем. вод и технол. вскрытие при использ. уч-ка в др. целях. Методика основана на базовых моделях и позволяет оценить возмож. радиол. последствия в показателях эффект. дозовых эквивалентов. Результаты применения методики к анализу типового уч-ка показали, что конструкция хранилища в достаточ. степени препятствует 3 путям вскрытия хранилища.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; низкоактивные; моделирование

538. *Peaudcert P., Blanc P.L.* L'evolution a long terme de l'environnement des stockages: choix des scenarios et methodes = Долговременная эволюция окружения хранилищ; выбор сценариев и методов // Ibid. - P. 351-362.

Эволюция природ. условий на уч-ках захоронения - один из важнейших компонентов оценок долговрем. безопасности хранилища РАО. Показана необходимость повтор. обсуждения используемых при этом методов оценки, недостаточности информ. и обоснованности решений. С этих позиций обсуждаются сравнит. недостатки и достоинства детерминистских методов и сценариев. Освещены послед. разработки в обл. сценариев. Изученность уч-ков-кандидатов позволяет сделать лишь предвар. заключения. Для последующих фаз анализа необходимы такие ср-ва, как моделирование, сбор данных об эволюции уч-ка, обобщение информ. и построение сценариев.

охрана среды захоронение отходов; радиоактивных

539. *Performance assessment for a L/ILW repository in marl at the potential site Oberbauenstock* = Оценки надежности хранилища отходов низкой и средней активности в мергелях потенциального участка захоронения Обербауэншток / D.F. Van, C. McCombie, P. Zuidema, M. Hugi // Ibid. - P. 803-811.

По данным обследования указ. уч-ка, основ. св-вом мергелей, ограничивающим возмож. миграцию радионуклидов, является низкая водопроницаемость пород, играющая важную роль в масштабах ближнего и дальнего окружения хранилища. В совокупности с сорбц. св-вами этот фактор надежно предохраняет биосферу от миграции короткоживущих изотопов. Дополнительно получена также информ., необходимая для оптимизации самого процесса обследования, для проектирования техн. барьеров, процедур приема и размещения отходов.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Швейцария; Обербауэншток

540. *Possible radiation doses after disposal of dutch radioactive waste in salt formations* = Возможная доза облучения после захоронения радиоактивных отходов в соленосных породах Нидерландов / E.J. de Jong, H.W. Koster, J.F. Lembrecht, W.J. de Vries // С. r. Symp. anal. surete

depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 912-919.

В Нидерландах РАО предлагается хранить в соленос. породах. Как следствие нек-рых возмож. событий и процессов в хранилище и геосфере, часть радионуклидов может достичь земной поверхности и биосферы. Если вследствие наступления ледников и ледниковой эрозии будут вскрыты соленос. породы, индивидуальная доза излучения может составить 37 мкЗв/ч. Если на поверхность будут выведены отходы, а эрозия будет постоянной (напр., как следствие роста соляного купола), макс. доза излучения составит 2700 мкЗв/ч. При проникновении радионуклидов через геосферу в реч. воды макс. доза излучения составит 0,1 мкЗв/ч, в мор. воды 0,001 мкЗв/ч. Во всех случаях 95% доз облучения обусловлено  $^{237}\text{Np}$  (и его дочер. продуктами  $^{229}\text{Th}$  и  $^{225}\text{Ra}$ ), дочер. продуктами  $^{238}\text{U}$  ( $^{226}\text{Ra}$  и  $^{210}\text{Pb}$ ), а также продуктами деления  $^{135}\text{Cs}$  и  $^{99}\text{Tc}$ . Анализ параметров моделей показал, что расчет. дозы излучения вряд ли изменятся на порядок величин при самых разных типах биосферы.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; соль каменная; Нидерланды

541. *Prij J.* Safety evaluation of disposal concepts in rocksalt = Оценка безопасности ядерных захоронений в различных типах соленосных образований // *Ibid.* - P. 247-256.

В Нидерландах завершены исслед. по оценке пригодности различ. геол. формаций для размещения в их пределах хранилищ РАО. В числе исслед. структур - соляной купол, соляная подушка (раздвиг мощности соляного пласта), соляной пласт в основании толщи осадков. Рассмотрены 11 сценариев взаимодействия складир. отходов с вмещающей средой, включая 4 варианта вмешательства человека в процесс хранения. Соотв. модели создавались на основе полевых исслед. и обсчитывались с помощью специализ. пакетов прогр. Делается заключение о принцип. пригодности всех рассматр. структур для размещения отходов, однако наиболее безопас. по отношению к возмож. воздействию человека являются соляные пласты в основании осадоч. толщ.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Нидерланды

542. *Safety assessment of intermediate and low level radioactive waste disposal in Yugoslavia* = Оценка безопасности хранения отходов средней и низкой активности в Югославии / V. Jelavic, D. Tankosic, D. Skanata et al. // *Ibid.* - P. 852-859.

Предвар. оценка безопасности хранилища САО и НАО АЭС Кршко. Анализировали 2 концепции: засыпаемой свалки и захоронения в подзем. горных выработках. Обе концепции проверяли натур. исслед. на 2 уч-ках с хранилищами отходов 2 указ. типов. На основе детерминистского подхода произведен отбор сценария и выполнен анализ последствий. Результаты оценки безопасности свидетельствуют, что выбран. уч-к для сооружения эталон. хранилища отходов АЭС Кршко, а также принятые технол. схем. полностью соответствуют требованиям радиол. безопасности (допустимые дозы, принятые в Югославии и рекоменд. Междунар. комис. по радиац. защите).

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; среднеактивные; низкоактивные; Югославия; Кршко

543. *Stephens M.E., Goodwin B.W.* Scenario analysis for the postclosure assessment of the canadian concept for nuclear fuel waste disposal = Анализ сценариев для оценки хранилищ после закрытия в канадской концепции захоронения ядерных топливных отходов // С. г. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 405-415.

Предложена и реализована системат. процедура, с помощью к-рой идентифицируют и отбраковывают сценарии для оценки состояния хранилищ после закрытия. Процедура включает 6 шагов: идентификация; классиф. факторов; отбраковка факторов; построение сценариев; отбраковка сценариев; построение детальных сценариев. С ее помощью идентифицированы 4 сценария, подлежащие дальнейшей количеств. оценке. Один из них - базовый и включает свыше 100 факторов; остальные - альтернативные. Многие др. факторы и сценарии исключены из дальнейшего рассмотрения и количеств. оценок, т. к. они не могут существенно повлиять на риск нарушения системы хранения в течение длит. периода времени.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; хранилища; Канада

544. *Storek R.* Performance assessments for nuclear waste repositories in salt domes: results and experiences = Оценка работы хранилищ ядерных отходов в солевых доменах: результаты и опыт // Ibid. - P. 237-246.

Оценки надежности хранилищ ПАО в соляных куполах выполняли специалисты ФРГ в рамках нац. проекта PSE и европ. проекта PAGIS. Оценки ориентировались на потенц. уч-к сооружения ядер. хранилища Горлебен. В проекте PSE рассматривались неск-ко типов отходов и ряд сценариев прорыва вод к отходам. В проекте PAGIS рассматривалось больше сценариев, но применительно лишь к остекл. ВАО. Несмотря на нек-рые метод. различия проектов, ряд результатов поддается сравнению и обобщению. В 1-ю очередь, это касается ползучести соли как решающего фактора в обеспечении герметичности изоляции.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; соляные купола; ФРГ

545. *Zuidema P., Van D.F., Knecht B.* Gas formation and release in repositories for low and intermediate level wastes: an issue of potentially decisive importance = Образование газов в хранилищах ядерных отходов низкой и средней активности и угроза их высвобождения как фактор потенциально решающего значения // Ibid. - P. 581-594.

Ист. образования газов в хранилищах малой и средней активности являются р-ции взаимодействия вод и пород с материалами контейнеров и отходами, приводящие к коррозии металлов, микроб. деградации орган. в-ва и его радиолит. разложению. В процессе этих р-ций образуются водород, метан, двуоксид углерода и другие газообраз. компоненты. В изолир. хранилищах этот газ будет накапливаться и его давление будет возрастать, что может привести к разгерметизации изолирующих сооружений и выбросу части отходов в геосферу. Во избежание этого должны быть приняты

спец. меры, к категории к-рых относятся исполъз. спец. смесей в глинистых наполнителях и оборудовании контейнеров разгрузоч. вентиллями. Ведется их разработка. Газообразование в хранилищах весьма специфично и характерно лишь для опред. условий складирования. Проводятся эксперим. и теор. исслед. по выяснению факторов, оказывающих определяющее воздействие на кинетику р-ций образования газообраз. компонентов.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; среднеактивные

1991

*546. Demonstration of a repository performance assessment capability at the U.S. Nuclear Regulatory Commission = Демонстрация возможностей ядерной нормативной комиссии США оценивать перспективы развития хранилищ ядерных отходов / R. Codell, N. Eisenberg, T. McCartin, J. Park // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 908-914.*

С целью более глубокого рассмотрения лиценз. материалов для хранилищ ВАО Ядер. норматив. комис. США расширила свой состав и усовершенствовала возможности оценивания перспектив поведения захоронения РАО в геол. средах. На прим. туфового массива Юкка-Маунтин продемонстрирована методология процесса, состоящая в общем описании системы, анализе и выборе сценариев развития, последоват. исслед. каждого шага в избр. сценарии с исполъз. извест. пакетов прогр., комбинировании заключений по всем сценариям, оценке чувствительности прогноза как по отношению к вход. данным, так и прогнозируемому развитию р-на, анализе неопределенностей прогнозирования.

охрана при захоронении отходов; радиоактивных; США; Юкка-Маунтин

*547. Koide H. [Геолого-структурное] положение Японских островов и захоронение высокоактивных отходов в геологической среде // Тисицу тесасе гэппо = Bulletin of the Geological Survey of Japan. - 1991. - Vol. 42, N 5. - P. 235-248.*

Япон. о-ва представляют собой островную дугу в гранич. зоне 4 литосфер. плит: Евраз., Северо-Америк., Тихоокеан. и Филиппин. моря. Взаимодействие плит сформировало сложную геол. структуру, слож. преимущественно мелкими блоками осадоч. пород (терриген. и донных океан.), залегающих на зоне субдукции океан. плит вдоль края Евразийского континента. Хотя частые землетрясения и вулкан. извержения свидетельствуют об актив. коровых деформациях, актив. разломы и вулканы в регион. плане достаточно локализованы. Смещения со скоростью более 1 мм в год имеют место лишь вдоль границ плит и вблизи крупнейших актив. нарушений. В р-нах между вулкан. фронтом и зоной субдукции вулкан. активность не проявляется. С учетом этих факторов выбор места под хранилище является в Японии важнейшим этапом работ по захоронению. Обсуждаются сценарии для оценки долговрем. надежности хранилища ВАО применительно к геол. условиям Японии. Основ. геол. факторами надежности являются тектон. нарушения, оценка активности разрывов и трещин, оценка долговрем. результата взаимодействия вода-порода.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; Япония

*548. Scenario evolution: interaction between event tree construction and numerical analyses = Эволюция сценария: интерактивный обмен между конструированием дерева событий и результатами численного анализа / G.E. Barr, R.W. Barnard, A.T. Macintyre et al. // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 1480-1486.*

Конструирование дерева событий в р-не заложения хранилища в Юкка-Маунтин - метод, позволяющий проследить возможную последовательность процессов, следствие к-рых - негативное воздействие радионуклидов на среду обитания человека. Оценка весомости каждого сценария требует анализа эксперим. данных, получ. в ходе разносторон. исслед. предполагаемого уч-ка захоронения, и числ. моделирования возмож. последствий разыгрываемых событий. Последнее в состоянии выявить нек-рые тонкие моменты, не проявляющиеся при построении дерева. Схем. проиллюстрирована прим., имитирующими излияние базальтовых лав и распространение человек. деятельности на места захоронения.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; эволюция сценария

*549. Stockage des d'echets de haute activite: les etudes de l'IPSN = Хранение отходов высокой активности; исследования Института ядерной защиты и безопасности // Rev. Gen. Nucl. - 1991. - N 4. - P. 305-308.*

Ин-т ядер. защиты и безопасности (Institut de Protection et de Surete Nucleaire), получивший реальную независимость в 1990 г., занимается разработкой и экспертизой способов обеспечения безопасности человека и среды. Участие ин-та в работах по проектированию хранилищ отходов сводится к экспертизе и контролю документов, разрабатываемых ANDRA (основ. исполнитель). Различаются официальная экспертиза и экспертиза по требованиям общественности. Чтобы быть независимым от ANDRA, ин-т выполняет фундам. исслед. по механизмам переноса радионуклидов в хранилище и биосфере. Приведены нек-рые результаты исслед. по указ. направлению.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивных

*550. Taffet M.J., Lamarre A.L., Oberdorfer J.A. Performance of a mixed-waste landfill amid geologic uncertainty-learning from a case study: Altamont Hills, California, U.S.A. = Контроль за захоронением смешанных отходов в условиях геологической неопределенности - уроки конкретного события в [хранилище] Алтамонт, Калифорния, США // Environ. Geol. and Water Sci. - 1991. - Vol. 18, N 3. - P. 185-194.*

Описано событие в окрестности засып. захоронения смеш. отходов, содержащих небольшие кол-ва трития, урана, свинца и бериллия в смеси с инерт. материалами - гравием, древесиной, пластмассой, иллюстрирующее влияние неучт. (в силу неизбежной ограниченности полевых исслед.) геол. факторов на процесс хранения. Вследствие очень интенсив. дождей уровень ГВ поднялся более чем на 10 м, и вода просочилась в основание засыпки. После этого в 2 ключах вблизи хранилища были обнаружены высо-

кие содерж. трития. Очевидно, что приемную траншею следовало бы заложить выше по склону или выкопать на меньшую глубину.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Алтамонт

551. *The integrated performance assessment in SKI Project-90* = Комплексная оценка надежности по проекту SKI-90 / J. Andersson, K. Andersson, T. Carlsson et al. // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 1166-1173.

Проект SKI-90 включает работы по комплекс. оценке надежности системы хранения в кристал. породах, проект к-рой разрабатывается компанией KSB (Швеция). Главные усилия направлены на идентификацию и описание неопределенностей и сценариев. Задачи решают, в частности, классич. путем анализа чувствительности моделей высвобождения и переноса радионуклидов из хранилища. В подавляющем числе ситуаций может высвободиться лишь небольшое кол-во радионуклидов, однако имеется ряд обл. неопределенности, ставящих под сомнение надежность хранилища. Как в ближней, так и в дальней зонах хранилища решающее значение для высвобождения важнейших радионуклидов имеют сорбц. и диффуз. характеристики матрицы пород, к-рые, в свою очередь, зависят от ряда геохим. и гидрогеол. характеристик. Обл. неопределенности относятся либо к концептуальным компонентам, либо связаны с огран. возможностями изучения необходимых параметров. На них накладываются дополнительно неопределенности вероятности таких событий, как тектон. нарушения или нарушения герметичности хранилища.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Швеция

1992

552. *Andersson J. Scenarios for the geological evolution of a deep radioactive waste repository* = Геологический сценарий радиоактивных отходов на глубине // 29th Int. Geol. Congr., Kyoto, 24 Aug. - 3 Sept., 1992. - [Kyoto], 1992. - P. 15.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

553. *Berg H.P. Fire Protection Measures in the Planned Konrad Repository* = Методы огневой защиты в планируемом хранилище [радиоактивных отходов] // Nucl. Eng. and Des. - 1992. - Vol. 135, N 3. - P. 403-411.

554. *Boulton G.S. Predicting the future: the probability of future glaciation and its hydrogeological consequences for nuclear waste disposal sites* = Прогноз на будущее: вероятность предстоящих оледенений, гидрогеологические последствия для места захоронения ядерных отходов // 29th Int. Geol. Congr., Kyoto, 24 Aug. - 3 Sept., 1992. - [Kyoto], 1992. - P. 15.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; гидрогеология

555. *Dudley W.W. Multidisciplinary hydrologic investigations at Yucca Mountain, Nevada* = Комплексные гидрогеологические исследования участка Юкка-Маунтин, Невада // Int. J. Rock Mech. and Mining Sci. and Geomech. Abstr. - 1992. - Vol. 29, N 2. - P. 132A.



Указывается на сложность пробл. прогноза поведения хранилища РАО в реальной геол. среде. Должны быть четко определены геол. и гидрогеол. характеристики уч-ка и оценено взаимодействие гидрогеол. систем с геотерм., климат. и тектон. процессами. Обсуждается необходимый комплекс исслед. Охарактеризована изученность уч-ка в различ. аспектах и оценены преимущества комплексирования разноаспект. информ.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; гидрогеология; США

556. *Kinoshita N., Ishii T., Kuroda H.* Prediction of Permeability Changes in an Excavation Response Zone = Предсказания изменений проводимости в зоне разработанного карьера // Nucl. Eng. and Des. - 1992. - Vol. 138, N 2. - P. 217-224.

1993

557. *Вишневский Ю.Г., Ковалевич О.М., Букринский А.М.* Обеспечение ядерной и радиационной безопасности в России / НТЦ Госатомнадзор России // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. - М.: ВИНТИ, 1993. - Вып. 10. - С. 49-51.

Дан крат. обзор состояния обеспечения ядер. и радиац. безопасности в России с учетом соврем. реальных условий.

радиационная безопасность, Госатомнадзор, Росатомэнерго

558. *Helton J.C., Iuzzolino H.J.* Construction of Complementary Cumulative Distribution Functions for Comparison with the EPA Release Limits for Radioactive Waste Disposal = Стандарт ЭПА по геологическому размещению радиоактивных отходов // Reliability Eng. & System Safety. - 1993. - Vol. 40, N 3. - P. 277-293.

1994

559. *Евтерев Л.С., Лоборев В.М., Паншин А.А.* Проект захоронения радиоактивных отходов на основе ядерной взрывной технологии // 6 Рос. науч. конф. по защите от ионизирующих излучений ядер.-техн. установок, Обнинск, 20-23 сент., 1994: Тез. докл. - Обнинск, 1994. - Т. 1. - С. 196-197.

При 1-м взрыве с эквивалент. мощностью 100000 т тринитротолуола может быть перемешано с горными породами и остекловано до 750 м<sup>3</sup> РАО с общей активностью более 1 млн Кюри. В результате реализации проекта возникает захоронение в геол. формациях на глубине ок. 650 м, не уступающее по радиоэкол. безопасности "рукотворным" захоронениям. Проект рассчитан на 1994-2000 гг. и ориентирован на реальные возможности Новоземельского полигона. За указ. время должно быть пройдено 15 км штолен, произведено 29 взрывов и осуществлено надежное захоронение 15000 м<sup>3</sup> отходов.

560. *Kabakchi S.A., Zagainov V.A., Lushnikov A.A.* Hypothetical Accidents at Disposal Facilities for High Level Liquid Radioactive Wastes and Pulps =

### **4.3. Математическое моделирование и прогнозирование миграции радионуклидов в окружающей среде**

1985 - 1989

561. *Andress D., McLeod N.B., Joy D.S.* Modeling the nuclear waste stream for the department of energy = Моделирование потоков ядерных отходов в системе DOE США // Trans. Amer. Nucl. Soc. - 1989. - Vol. 60. - P. 162-163.

Для анализа пробл., возникающих при обращении с РАО, в США разработана модель анализа потоков РАО гражд. пр-в (waste stream analysis-WSA), к-рая воспроизводит все операции по перемещению и контейнеризации ОЯТ, включая разработку транспорт. контейнеров, уплотнение ОЯТ и т. д. WSA при вводе соотв. первич. информ. (объемы выгрузки ОЯТ из коммерческих ЯР, физ. и радиол. характеристики ОЯТ) из банков данных Управления информ. по энергетике (EIA) США ORNL позволяет произвести оперативный сопостав. анализ альтернат. вариантов федер. системы обращения с РАО в части типа контейнеров и вида транспорт. ср-в, технологии уплотнения ОЯТ, использ. промежуточ. хранилищ и могильников ОЯТ и т. д. При сравнении вариантов используются стандартиз. формы представления результатов по выбору стратегии обращения с ОЯТ в табл. или граф. виде.

562. *Fearn H.S.* Natural analogues in radioactive waste disposal. Report of a CEC symposium held at Brussels, 28-30 April 1987 = Природные аналоги удаления радиоактивных отходов. Сообщение симпозиума Совета Европейского сообщества, состоявшегося в Брюсселе 28-30 апреля 1987 г. // Radiol. Prot. Bull. - 1987. - N 86. - P. 22.

Возрос интерес к исслед. природ. аналогов удаления РАО в связи с тем, что многие из процессов и явлений, обуславливающих длит. пригодность эксплуатац. характеристик геол. хранилищ для хранения РАО, наблюдаются и в природе и могут быть изучены в естеств. системах. На семинаре обсуждали: мат. моделирование аналоговых данных и его возможная полезность для оценки безопасности; существующие аналоги - нельзя заранее оценить применимость конкрет. аналога; изучение природ. рудных тел. Общей точкой зрения участников семинара является то, что аналоги могут внести полезный вклад в исслед. безопасности. Маловероятно, что аналоги могут дать точные значения для основ. характеристик геосфер, но они должны быть полез. для обеспечения надежности результатов мат. моделирования. Необходимо учитывать и существование негатив. аналогов.

радиоактивные отходы; удаление; аналоги; природные объекты; природные процессы; природные системы; хранилища; математическое моделирование; конференции; Брюссель; 1987

563. *Grogan H., Van D.F.* The reliability of environmental transfer models applied to waste disposal = Достоверность моделей переноса [радиоактивных веществ] в окружающей среде применительно к ликвидации отходов // Reliab. Radioact. Transf. Models.: Proc. Workshop "Meth. Assess. Reliab. Environ. Transf. Model Predict. - L.; N.Y., 1988. - P. 276-284.

Приведены сведения о структуре и степени сложности моделей для оценки радиоактив. загрязнения ОС, а также о сферах и путях их практ. применения. Наибольшее внимание уделено пробл. использ. моделей для характеристики выделения в биосферу радиоактивности из действующих ее ист. и захоронений РАО. Основ. факторами, осложняющими оценку и прогнозирование радиоактив. загрязнения из действующих ист., являются его сезон. характер, хранение и широкая транспортировка радиоактив. материалов. Аналогичное прогнозирование для захорон. отходов затрудняется очень длит. характером высвобождения радионуклидов. Изучение воздействия эрозии, осадков и процессов формообразования на освобождение и перенос радионуклидов находится на начальном этапе.

инженерная геология; охрана среды; модели

564. *Hartley R.W.* Release of Radionuclides to the Geosphere from a Repository for High-Level Waste, Mathematical Model and Results = Утечка радионуклидов в геосферу из хранилищ высокордиоактивных отходов. Математическая модель и результаты // EIR-Ber. - 1985. - N 554. - P. 34.

Описание мат. модели для расчета скорости утечки нуклидов ВАО за счет подзем. грунтового стока. В модели учитывается утечка нуклидов за счет растворения из стабилизирующего матрикса, растворимость различ. нуклидов, и, при наличии неск. изотопов, средняя растворимость для данного элемента. Приведены прим. использ. модели.

радионуклиды; утечка; подземные воды; моделирование

565. *Jakob A., Hadermann J., Rosel F.* Radionuclide chain transport with matrix diffusion and non-linear sorption = Модель миграции радионуклидов в горных породах // PSI Ber. - 1989. - N 54. - P. 1-64.

Обзор. Предложена 2-мерная модель миграции радионуклидов в неоднород. горных породах, разработ. с учетом диффуз. и сорбц. процессов, а также радиоактив. распада радионуклидов. Дано мат. описание модели с представлением системы исход. уравнений переноса радионуклидов, получ. с допущением эффективной поверхность. сорбции, учитывающей определ. способом матрицу диффузии радионуклидов. Описана методика числ. решения уравнений, обеспечивающая эффективность и надежность расчетов при достаточно нестрогих требованиях к соблюдению начал. и гранич. условий, а также к механизму взаимодействия миграц. р-ра с породой. Представлены результаты расчет. анализа в отношении  $^{135}\text{Cs}$  и  $^{238}\text{U}$ . Установлено, что продолжительность переноса  $^{135}\text{Cs}$  до попадания в биосферу существенно превышает период полураспада этого радионуклида. Обсуждены вопр., связ. с проверкой прогр. RANCHMDNL, использ. при расчет. анализе.

566. *McCartney M., Baxter M.S., Scott E.M.* Carbon-14 discharges from the nuclear fuel cycle: 1. Global effects = Выделение  $^{14}\text{C}$  из цикла ядерного топлива: 1. Глобальные эффекты // *J. Environ. Radioact.* - 1988. - Vol. 8, N 2. - P. 143-155.

Приведены результаты мат. моделирования уровней  $^{14}\text{C}$ , выделяющегося в процессе переработки ЯТ. Расчеты конц-ий проводили с помощью 3, 8 и 25-уровневых моделей, позволяющих предсказать изменение конц-ий  $^{14}\text{C}$  и их влияние на радиол. обстановку в окружающ. атм. Расчеты проводили для короткого (1980-2050) и длит. (1800-2050) периодов времени. Представлены граф. зависимости изменения уд. активности (Бк/кг С) во времени. Макс. величины активности приходятся на 1960-1970 гг. Оценки показали, что основ. ист. радиоактив.  $^{14}\text{C}$  являются антропог. выбросы.

радиоактивность; математический анализ; углерод; радиоактивная доза; ядерное топливо; Великобритания

567. *Millard A., Jamet P.* Thermo-mechanical analysis of high level nuclear waste in various rocks = Анализ термомеханических эффектов высокоактивных отходов в различных породах // *Trans. 10th Int. Conf. Strukt. Mech. React. Technol., Anaheim, Calif., 14-18 Aug., 1989.* - Los Angeles (Calif.), 1989. - P. 141-146.

Оценены возможности моделей вязкоупругого и хрупкого поведения для прогноза термомех. эффектов разогрева камен. соли, глины, гранита и глинистых сланцев. Используются опубл. данные по результатам исслед. эксперим. горных выработок (проекты SANDIA и COSA). Делаются выводы, что разработ. для указ. целей компьют. модели нуждаются в дальнейшем развитии, в частности, по направлениям: введение ортотроп. упругой модели для глинистых сланцев; введение трещин. модели для вязкоупругих материалов типа камен. соли; учет давления воды в нек-рых глинах; учет термогидромех. связей и др. Для материалов, снижающих твердость при нагрузках (гранит), могут возникнуть пробл. устойчивости и однообразия получаемых решений.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные

568. *Ohnuki Toshihiko, Takebe Shinichi, Yamamoto Tadatoshi.* Development of migration prediction system (MIGSTEM) for cationic species of radionuclides through soil layers = Разработка системы прогнозирования миграции радионуклидов // *J. Nucl. Sci. and Technol.* - 1989. - Vol. 26, N 8. - P. 61-70.

569. *Smith G.M.* Modelling the radiological impact of release of radionuclides into the biosphere from solid waste disposal facilities = Моделирование последствий освобождения радионуклидов в биосферу из захоронений твердых радиоактивных отходов // *Reliab. Radioact. Transf. Models.: Proc. Workshop "Meth. Assess. Reliab. Environ. Transf. Model Predict.* - L.; N.Y., 1988. - P. 299-304.

На основании крит. обзора методов прогнозирования последствий утечки радиоактивности из захорон. отходов обсуждаются основ. причины, обуславливающие низкую достоверность оценок. Предложены способы повышения их эффективности посредством более тщат. анализа факторов

ОС, к-рые могут влиять на освобождение радионуклидов, их массоперенос и включение в отд. компоненты биосферы, в т. ч. в живые организмы. Рассматриваются 3 категории таких факторов: кратковрем. и длит. природ. воздействия и влияние человек. деятельности, а также пути их использ. в различ. типах мат. моделей и причины, ограничивающие практ. применение послед. вследствие недостаточно надежной прогнозируемости указ. факторов. Для повышения их прогност. ценности рекомендуется проводить соотв. полевые и лаборатор. эксперименты и использовать природ. или иные аналоги с целью формирования БД для сопоставления с ними тестируемых биосфер. моделей. Обсуждаются метод. аспекты работы.

подземные воды; динамика; массоперенос; подземные воды загрязнение; радиоактивное; гидрогеология; охрана среды; экология

570. *Smith P.A. Modelling of diffusion - sorption experiment on sandstone* = Модель миграции радионуклидов в песчаных грунтах // PSI Ber. - 1989. - N 53. - P. 1-28.

Представлен обзор результатов расчетно-эксперим. исслед. механизма миграции радионуклидов в песчанике. На основе анализа опыт. данных лаборатор. эксперимента с имитацией ГВ подачей р-ра с изотопами  $^{125}\text{I}$ ,  $^{85}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  предложен подход к моделированию механизма миграции (1-мерная модель) с описанием сорбц. процесса изотермами Фрейндлиха. В случае линейности изотермы исх. ур-я переноса, использ. для описания модели, могут быть решены аналитически, а для нелинейных изотерм - с применением расчет. прогн. RANCHDIFF. Демонстрация предлож. метода сопровождается значит. объемом количеств. информ.

571. *Trace cobalt sorption on 21 sediment types from the Hanford site, Washington* = Сорбция микроколичеств кобальта на 21 типе отложений из района Ханфорд, Вашингтон [США] / R.C. Routson, G.S. Barney, C.H. Delegard et al. // Nucl. and Chem. Waste Manag. - 1987. - Vol. 7, N 2. - P. 87.

Изучали сорбц. св-ва кобальта-60 в р-не Ханфорд, где с 1944 г. хранили РАО. Отмечается трудность теор. описания процесса сорбции, включающего реакции ион. обмена, осаждения, замещения и др. поверхность явления. С этой целью может применяться эмпирически найден. коэф. распределения, значение к-рого является ф-цией типа грунтов и равновес. конц-и всех микроионов (натрия, калия, магния и кальция). Проведен анализ проб грунта (21 тип отложений из 5 скв.), дана характеристика уч-ков и скв. (глубина, состав грунта и др.). Приведены схем. геол. разрезов. Применяли упрощ. модель переноса радионуклидов через грунт. Представлены данные о статист. обработке, коэф. корреляции.

радиоактивные отходы; хранение; радионуклиды; кобальт-60; миграция; сорбция; распределение; коэффициенты; грунты; исследования; США

572. *Winograd I.J. Archaeology and public perception of a transscientific problem-disposal of toxic wastes in the unsaturated zone* = Археология в экологическом аспекте, как транснаучная проблема-размещение токсичных отходов в зоне несмешивания // US Geol. Surv. Circ. - 1986. - N 990.

Отдал. последствия захоронения токсич. отходов для ОС формулируются, как междисциплинар. пробл. Их прогнозирование на период 1 тысячелетие-неск. тыс. лет невозможно мат. и инж. методами. Значимые результаты количеств. анализа толщ захорон. токсич. отходов (особенно ВАО) достигаются на основе подхода, принятого в археологии. Детальными исслед. почв. физики, геохимии, механики грунтов в зоне несмешиваемости твердых токсич. отходов, провед. в ун-тах и НИИ "Сандия" (Лос-Аламос), лаб. Лоуренса и Ливерморской, нац., а также Geological Survey МВД США, устанавливаются новые места захоронения РАО. Исполыз. зоны несмешивания толщ позволит по США получить на прогнозируемый горизонт мин. объемы захоронений ок. 22 тыс. м<sup>3</sup>. Традиц. концепция захоронения (витрификация и др. техн. изоляция отходов) не гарантирует от загрязнения среды на длит. перспективу. Эти данные подтверждены на 3 полигонах ВАО: захоронение в соляных пластах пермского возраста к ю.-в. от Нью-Мексико, захоронение в третичных базальтах Ханфорда (шт. Вашингтон) и испытат. полигон в зоне несмешивания третич. туфа в горах Юкка (шт. Невада), с помощью моделирования. С др. стороны, данные археологии показали надежную изоляцию захоронений человека позднего палеолита (40-10 тыс. лет до н. э.) и эпохи железа (ок. 8-1 тыс. лет до н. э.). Анализируются пробл. вскрытия РАО в ист. перспективе: их маркировки и т. п.

токсичные отходы; захоронение; утечка; прогнозирование; США; обзоры

1990

573. *Albrecht K.A., Fenster D.F., Van Camp S.G.* Reducing groundwater flow model uncertainties at Yucca mountain = Устранение недостоверности в модели геофильтрации для гор Юкка: ([Pap.] Conf. "Model CARE 90: Calibr. and Reliab. Groundwater Modell.", The Hague, 3-6 Sept., 1990) // IAHS Publ. - 1990. - N 195. - P. 301-309.

Уч-к в горах Юкка (юж. Невада) рассматривается Мин-вом энергетики США как возмож. геол. склад ОЯТ и РАО. Проект уникален по пространств. и врем. масштабу и жестким требованиям к надежности обоснования. Полигон и зона отчуждения займут площадь 100 и 10000 км<sup>2</sup>. Время первого выхода радиоактив. частиц за пределы контрол. зоны должно превышать 1000 лет, проект рассчитан на 10000 лет. Существующая концептуальная модель гидрогеол. системы в горах Юкка состоит из ненасыщ. и насыщ. зон. Ненасыщ. зона большой мощности - гл. барьер для миграции из захоронений. Планируются эксперименты на почве, в скв. и на предполагаемой глубине захоронения для дополн. информ. по проверке этой концепции. Описаны геология уч-ка, все эксперименты.

гидрогеология; охрана среды; захоронение отходов; радиоактивность; гидрогеология; Невада; Юкка (юж. Невада); Министерство энергетики США

574. *Boulton G.S.* Time-dependent modelling of environmental change: the effect of quaternary glaciations = Моделирование изменений среды во времени; эффект четвертичных оледенений // C. r. Symp. anal. surete depots

dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 363-375.

Информ. по амплитудам и частоте глоб. климат. изменений в послед. 3 млн лет позволяет реконструировать такие изменения с высокой точностью. Более сложно, но возможно реконструировать и экстраполировать на перспективу эффект регион. и лок. факторов. Несмотря на затруднения в интерпретации связей между лок. и регион. климат. вариациями, выработался определ. подход к моделированию такой связи, основ. на характеристиках процессов осадконакопления. После построения прогноза будущих регион. и локальных климат. вариаций отбираются те из них, к-рые по природе и масштабам могут повлиять на условия хранения отходов и целостность хранилищ.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование

575. *Chapman N.A., Come B.* Long-term predictions: making proper use of geological evidence = Долговременное прогнозирование на основе геологических факторов // *Ibid.* - P. 318-329.

Понимание процессов, протекающих в геол. среде, позволяет говорить, что такие простые инвариант. модели, как отношение доза/логарифм времени, пригодны лишь для оценок качеств. природы. В основе долгосроч. прогноза должен лежать прогноз геол. процессов конкрет. уч-ка; в этом случае можно выйти на количеств. оценки. Вероятност. моделирование системы глубин. хранилища имеет принципиальные ограничения в прогнозировании состояния геол. среды, и требуется разработка других методов, позволяющих снять большую неопределенность вероятност. прогнозов. Прогнозы доза-риск для периодов, больших чем неск. сотен лет, имеют очень огранич. ценность, независимо от метода прогнозирования. Они должны быть дополнены или заменены сравнит. анализом выбросов радиоактивности в среду по различ. сценариям. Степень долговрем. стабильности условий лучше определять через выбросы или "доступность" радионуклидов, а не через дозу. Геол. прогнозы могут опираться на изучение объектов-аналогов, и таким путем могут быть выявлены крит. факторы.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; охрана среды, общие вопросы; теория

576. *Chemval* - an international research initiative for the verification and validation testing of chemical speciation and chemical transport computer programs = Тестирование геохимических моделей радиоактивных захоронений / T.W. Broyd, D. Read, B. Come, N. Harisson // *Ibid.* - P. 737-748.

Дан крат. обзор и подведены итоги деятельности в рамках 3-летней междунар. прогр. CHEMVAL по оценке достоверности моделей и верификации расчет. прогр., предлагаемых для прогнозирования геохим. характеристик могильников РАО. Детально описана структура прогр. НИОКР, представлены и обсуждены результаты законч. исслед. и проработок. Последние включают обшир. контрольный тест, к разработке к-рого было привлечено 12 НИИ Европы, а также результаты измерений на 4 площадках. Всего же в реализации прогр. задействовано 18 орг-ций из 8 стран, а

сама она является состав. частью более комплекс. прогр. НИОКР MIRAGE 2, финансируемой КЕС и, частично, Мин-вом ООС Великобритании.

577. *Dalrymple G.J.* The use of expert opinion in specifying input distributions for use in probabilistic risk analysis of radioactive waste disposal = Использование мнений экспертов о распределениях входных параметров при вероятностном анализе риска хранения радиоактивных отходов // С. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 683-695.

В рамках работ, финансируемых Королевской инспекцией загрязнений (Мин-во ООС Великобритании), сотрудниками компании YARD разработана методика использ. мнений экспертов о характере распределения вход. параметров при вероятност. оценках радиол. риска. Методика базируется на разработках SRI International и рассчитана на случаи недостаточности вход. измер. данных. Из субъектив. суждений выводится сглаж. плотность распределения вероятности бета-функций. По мере накопления измерит. информ. субъектив. распределения вероятности могут дополняться объектив. информ., для чего можно использовать модифицир. байесовский подход. Обсуждаются св-ва процедуры.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование; Великобритания

578. *Etude du couplage thermique, mecanique, hydraulique dans le cas d'un stockage de dechets en milieu granitique* (Etude effectuee dans le cadre du projet CCE-MIRAGE = Исследование взаимодействия термических, механических и гидравлических факторов для случая хранилищ отходов в гранитах (проект CCE-MIRAGE) / A. Millard, A. Stietel, M. Durin et al. // Ibid. - P. 964-971.

Ставилась задача определения важности гидротермомех. взаимодействия при оценках безопасности захоронения ВАО в кристал. породах. Предлож. модель исследует параллельную эволюцию след. факторов: тем-ра, рассеиваемая в отходах энергия, термомех. нагрузки, а также влияние этих факторов на трещиноватость и изменение гидравл. параметров, на характеристики потока подзем. вод. Схем. реализована в 2-мерном варианте применительно к обобщ. характеристикам гранитов. Обобщ. характер использ. параметров не позволяет судить об эффективности модели в конкрет. случаях.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; граниты

579. *Evaluation des performances des depots pour l'isolation des dechets 'альфа' enfouis dans les formations geologiques profondes projet PACOMA - option granite* = Оценка пригодности пород для изоляции отходов в глубинном хранилище. Проект PACOMA, вариант гранитов / С. Brun-Yaba, A. Cernes, J.P. Mangin, P. Goblet // Ibid. - P. 818-825.

Европ. проект PACOMA, начатый в 1987 г., посвящен изучению пробл. захоронения отходов, иммобилиз. с помощью цемента. Фр. орг-циями СЕА и IPSN прорабатывается версия захоронения в гранитах. Составлен пред-



ставит. каталог отходов указ. типа. В рамках задач моделирования в пакете прогр. числ. моделирования безопасности MELODIE модифицирован модуль CONDIMENT (модуль ближ. зоны) с учетом отличий цементир. отходов от остекл. Выполнены сравн. оценки 2 типов гранит. уч-ков (граниты прибреж. зоны и граниты с осадоч. чехлом) в сравнении с эталон. фр. уч-ком (Орья). С использ. 2-мерного моделирования выполнен анализ чувствительности и неопределенности моделей. Из основ. результатов приведены дозы облучения, получ. детерминистскими методами, и важнейшие модельные параметры геосреды.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; граниты; Франция

*580. Grambow B. Status in understanding and modeling radionuclide release from high level waste glass and spent fuel = Моделирование процессов выделения радионуклидов из высокорadioактивных отходов стекла и отработавшего топлива // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 439-458.*

Предсказание долговрем., в течение десятков тыс. лет стабильности матриц для ВАО требует полной характеристики используемых для этих целей материалов, особенно их хим. устойчивости, а также теор. знаний и развития методов экстраполяции данных, получ. в лаборатор. условиях. В будущем должны быть исследованы механизмы растворения матриц для ВАО. При этом, поскольку конц-я растворимых радионуклидов на поверхности жидкость-твердое в-во контролируется не растворением матриц, сопровождающимся образованием  $UO_2$ ,  $SiO_2$  или продуктов их взаимодействия, а скоростью коррозии матриц, весьма важным элементом долгосроч. прогнозирования является изучение кинетики коррозии. Приведены крат. данные по коррозии материалов в условиях реальных полигонов (с учетом влияния состава и скорости подзем. потоков, тем-ры, окисл.-восстанов. потенциала и наличия изолирующих материалов) для ВАО-стекла и отработавшего топлива. Сравнение результатов коррозии стекла и отработавшего топлива показывает, что нельзя использовать эти данные в кач-ве аргументов как за, так и против переработки ВАО.

высокорadioактивные отходы; радионуклиды, выделение; моделирование; обзоры

*581. Grundfelt B., Lindbok B., Andersson K. HYDROCOIN - findings from level 2: model validation = HYDROCOIN - оценка дееспособности модели, результаты исследований второго уровня // Ibid. - P. 717-724.*

С 1984 по 1987 г. велась исслед. по междунар. проекту "Сопоставление гидрол. пакетов прогр. HYDROCOIN", в рамках к-рого решалась задача углубления понимания стратегий моделирования подзем. течений в связи с проектированием хранилищ РАО. Тематика исслед. акцентировалась на 3 уровнях - оценке состоятельности программных продуктов, оценке дееспособности исход. моделей, анализе чувствительности и неопределенности итоговых расчетов. В проекте участвовали 13 нац. орг-ций из 10 стран и 2 междунар. группы. Подведены итоги работ по 2-му уровню.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование; хранилища

582. *Haworth A., Sharland S.M., Tweed C.J.* Modelling chemical interactions in the near-field of a lower intermediate-level nuclear waste repository = Моделирование химических реакций в ближней зоне хранилища отходов низкой и средней активности // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 902-911.

Эволюция хим. условий в ближ. зоне хранилища имеет очень важное значение для масштабов миграции радионуклидов в дальнюю зону. Разработана прогр. числ. моделирования CHEQMATE, предназнач. для изучения одноврем. ионной миграции и процессов установления хим. равновесия, что определяет основ. особенности химизма ближ. зоны. Приведено описание прогр. и полож. в ее основу мат. модели. Даны 2 прим. моделей хим. взаимодействия под влиянием 2 факторов: эволюции значений pH поровых вод закладоч. материала и разложения цемента за счет выщелачивания водой.

охрана среды; захоронения отходов; радиоактивных; низкоактивные; среднеактивные

583. *INTRAVAL* as an integrated international effort for geosphere model validation - a status report = Отчет о состоянии работ по реализации проекта INTRAVAL - международная интегрированная оценка дееспособности моделей описания геосферы / K. Andersson, T. Nicholson, B. Grundfelt, A. Larsson // Ibid. - P. 725-736.

Инициатива развертывания работ по проекту принадлежит Швед. инспекции по ядер. энергии. Цель проекта углубить понимание, как различ. геофиз., гидрогеол. и геохим. процессы могут влиять на перенос РВ из мест их захоронения; подготовить комплекс моделей для числ. количеств. оценки их влияния. Выполнение проекта рассчитано на 3 года. В прогр. включено 15 темат. лаборатор. и полевых эксперим. работ, ведущихся различ. группами специалистов в разных странах, в числе к-рых анализ миграции радионуклидов в ненаруш. породах, трещин. зонах, насыщ. и ненасыщ. порах и трещинах, в кристал. и эффузив. породах, в солях, почвах пустынь и др. образованиях.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; проект INTRAVAL; Швеция

584. *Jackson C.P., Lever D.A., Porter J.D.* Far-field modelling: work for UK Nirex LTD = Моделирование дальней зоны [окружения хранилища] для компании UK Nirex Ltd // Ibid. - P. 893-901.

Описан подход, используемый Группой оценки безопасности хранилищ компании Nirex, в моделировании потока подзем. вод и переноса радионуклидов через дальнюю зону глубин. хранилища в геол. среде. Используются как детерминистские, так и вероятност. модели. В аналит. расчетах используются модели непрерыв. потока (потока-континуума) и переноса. Поток подзем. вод рассчитывается с помощью многомер. конечно-разност. модели, перенос радионуклидов представляется 1-мерной моделью, основ. на числовой инверсии преобразований Лапласа. Особое внимание уделено совместимости и сходимости различ. частей оценки. Значения параметров в

детерминистских расчетах определяли на основе ф-ций распределения вероятности, описывающих неопределенность параметров вероятностного моделирования. С др. стороны, детерминистские расчеты использованы для калибровки простых вероятност. моделей. Приведены предвар. результаты, выделены важнейшие пробл.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование

585. *Johansson G., Haegg C.* The disposal of high level radioactive waste and the need for assessing the future radiological impact = Размещение радиоактивных отходов высокой активности и необходимость оценки их будущего радиологического воздействия // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 309-317.

При прогнозировании взаимодействия хранилища ПАО со средой вмещения исследователь сталкивается с многочисл. неопределенностями, возникающими и на этапе разработки сценариев развития такого взаимодействия, и при последующих построениях концептуальной и мат. моделей, и при оценке характерных параметров процессов, заложен. в этих моделях, и при интерпретации результатов их обсчета. Только часть этих неопределенностей может быть уменьшена или снята с помощью детализации исслед. Оценка уровня неопределенностей и их роли в принятии или неприятии разрабатываемых концепций развития должна принадлежать ученым-специалистам в обл. взаимосвяз. пробл. складирования отходов.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; моделирование

586. *Laurens J.M., Thompson B.G.J., Sumerling T.J.* The development and application of an integrated radiological risk assessment procedure using time-dependent probabilistic risk analysis = Разработка и применение процедуры оценки комплексного радиологического риска с использованием анализа зависящего от времени вероятностного риска // Ibid. - P. 627-638.

В течение последнего 10-летия Мин-во энергетики Великобритании финансировало разработку процедуры оценки комплекс. радиол. риска, основой к-рой является вероятност. анализ методом Монте-Карло, позволяющий учитывать эффекты неопределенности значений параметров, включая эффекты, определяемые изменением среды во времени. Рассматриваемый интервал времени составляет около 1 млн лет после закрытия хранилища. Кратко описана числ. модель VANDAL, в к-рую включены эффекты врем. изменений. Даны прим. использ. модели для представления пространственно-сложных систем хранения и гидрогеол. систем, эволюционирующих под влиянием климат. вариаций.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование

587. *Liew S.K., Mawbey C.S., Read D.* The application and testing of chemical transport models used in radiological risk assessment = Использование и тестирование моделей химического переноса, предназначенного для оценок радиологического риска // C. r. Symp. anal. surete depots

dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 954-961.

В ряде стран разрабатываются ср-ва для оценки радиол. риска, возникающего после закрытия хранилищ РАО. Сопряж. модели хим. переноса являются важным компонентом этих ср-тв и успешно использовались при моделировании как ближ., так и дальней зон хранилища. Рассмотрена одна из числовых компьютер. моделей CHEMTARD, разработ. в Великобритании для исслед. пробл. загрязнения подзем. вод. Даны прим. мод. расчетов, описаны продолжающиеся работы по тестированию модели. Подчеркнуты достоинства механист. представления сорбции в сравнении с простыми коэф. распределения при оценках задержки радионуклидов в моделях переноса в пористом водонос. горизонте.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Великобритания

*588. Little R.H., Mancarrow D.J.* Surface hydrology modelling for safety assessment of radioactive waste repositories = Гидрогеологическое моделирование (поверхностные воды) для оценки безопасности хранилищ ядерных отходов // Ibid. - P. 947-954.

Основ. задачей гидрогеол. моделирования (поверхност. воды) для оценки радиол. безопасности является понимание механизмов и описание количеств. параметров вод. потоков. Модель является компонентом концепции сложного взаимодействия биосферы и геосферы и включается в систему др. моделей в виде результатов (сток, потоки). Одной из основ. задач, решаемых с использ. опис. модели, является долгосроч. прогнозирование поведения гидрогеол. параметров. Графически показаны структура модели и ее место в наборе ср-в, используемых для радиол. оценок.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; гидрогеология; моделирование

*589. Modelisation du transport de radioelements dans la geosphere: une revue des modeles disponibles* = Обзор известных моделей переноса радионуклидов в геосфере / M.C. Sacas, E. Cordier, A. Coudrain-Ribstein et al. // Ibid. - P. 501-512.

Среди моделей, предлож. для описания переноса радионуклидов в ОС из хранилищ РАО, выделены схем.: описания поровой среды; систем трещин для 3-мерного анализа течения флюида, переноса в-ва и тепла и развития напряжений в среде; геомх. взаимодействий между переносимыми элементами и матрицей пород; учитывающие перекрест. явления типа термодиффузии и термогравитац. эффекта. Рассмотрена роль каждой из перечисл. групп моделей в оценке безопасности хранилищ.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование

*590. Nancarrow D.J., Ashton J., Little R.H.* Overview of the development of a biosphere modelling capability for UK DoE (HMIP) = Развитие средств биосферного моделирования для Министерства охраны среды Великобритании (программа HMIP) // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 940-946.

Прогр. НМІР, начата в 1982 г. по инициативе и при финансировании Мин-ва ОС Великобритании, предусматривает разработку процедуры оценки радиол. безопасности подзем. хранилища НАО и САО после его закрытия. Система хранения рассматривается в общепринятом подходе: как система техн. барьеров, геол. уч-ка и поверхность биосфер. условий. Основ. требование к модели послед. компонента (биосфер. условий) - способность дать прогноз масштабов поступления в биосферу конкрет. радионуклидов, дозы или врем. ф-ции распределения макс. индивид. дозы. Рассмотрена эволюция ср-в биосфер. моделирования в контексте развития др. ср-в оценки.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование

591. *Nies A.* State of the art on modelling repository performance in salt domes = Состояние моделирования надежности хранилищ в соляных куполах // *Ibid.* - P. 569-580.

Высвобождение радионуклидов из хранилища обусловлено различ. факторами. Их компьютер. моделирование является важной частью оценок надежности. Обзор ряда моделей свидетельствует, что св-во "оплывания" камен. соли благоприятно для плотного включения отходов в породы, за исключением случая, когда присутствует случайный (аварийный) интенсив. приток подзем. вод. В последнем случае моделирование включает процессы: перераспределение давления, перенос рассолов, выделение газов вследствие процессов коррозии и радиолиза, свобод. конвекция рассолов, осаждение. Несмотря на значит. достижения в моделировании надежности хранилищ, недостаточно ясными остаются процессы "оплывания" камен. соли, долговрем. проницаемость перегородок, геохимия ближ. зоны.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; соль каменная; моделирование

592. *Nilson R.H., Lie K.H.* Double-porosity modelling of oscillatory gas motion and contaminant transport in a fractured porous medium = Моделирование колебательных перемещений газов и переноса загрязнителей в трещиноватой пористой среде с помощью принципа двойной пористости // *Int. J. Numer. and Anal. Meth. Geomech.* - 1990. - Vol. 14, N 8. - P. 565-585.

Цикл. колебания атмосфер. давления (до 1/30 атм для периода в 200 ч) приводят к интенсив. газообмену между атм. и толщей пород на глубину до 400 м (по данным опыт. станции в шт. Невада). Это сопровождается и миграцией загрязнителей (процесс существенно отличается от их переноса подзем. водами). Принцип двойной пористости позволяет моделировать среду, в к-рых пути движения флюидов определяются преимущественно одним видом пористости (трещиноватостью), тогда как сам флюид содержится большей частью в собственно порах. Задача рассматривается на примере 2-слойной среды с двумя вертикал. разломами, по к-рым снизу вверх перемещается (в периоды пониж. атмосфер. давления) радиоактив. газ из подзем. хранилища ядер. отходов. Перемещение носит 1-мерный характер и включает как фильтрацию, так и диффузию в стенки трещин. Обсуждаются результаты.

трещинные воды динамика; массоперенос; трещинные воды загрязнение; гидрогеология охрана среды; захоронение отходов; радиоактивность; США гидрогеология; шт. Невада

593. *Piepel G.F., Mellinger G.B.* Statistical aspects of compliance with the WAPS radionuclide release specification = Статистические аспекты надежности спецификации высвобождения нуклидов в программе WAPS // Nucl. Waste Manag. III. - Westerville (Ohio), 1990. - P. 483-494.

Обсуждаются вопр.: интерпретация критерия 95%/95% в прогн. WAPS; использ. верхних доверит. интервалов 95%/95% для демонстрации надежности; кол-во актов опробования и испытаний на утечку, соотв. требованиям демонстрации надежности, и оптим. последовательности этих работ; альтернат. подходы к демонстрации надежности, не требующие больших объемов опробования и испытаний конеч. формы отходов.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; статистические аспекты

594. *Pigford T.H.* Analytical methods for predicting contaminant transport = Аналитические методы прогноза переноса загрязнителя // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 521-531.

Крат. обзор выполн. в разное время в ун-те Калифорнии ср-в аналит. решений задач переноса загрязнителей в пористых и трещиноватых геол. средах. Основ. внимание уделено теориям переноса в ближ. зоне хранилища ядер. отходов, к-рая сама является нестационар. во времени ист. радионуклидов, важнейшим в задачах прогнозирования надежности хранилища. К числу новых разработок относятся модели огранич. растворимостью выноса радионуклидов через буфер. материал, переноса в ближ. зоне цепей радиоактив. распада, интерактив. переноса коллоидов и раствор. материала, переноса  $^{14}\text{C}$  в фазе  $\text{CO}_2$  в неводонасыщ. породах, потока газа в канистру и из канистры через трещины и проколы в стенках.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

595. *Probabilistic simulation of the long-term evolution of radioactive waste disposal sites* = Вероятностное моделирование долговременной эволюции участков захоронения радиоактивных отходов / P.S. Ringrose, A.F. Chadwick, F.A.T. Kleissen et al. // Ibid. - P. 427-436.

В Великобритании обследован ряд подходов к моделированию геол. уч-ков в периоды продолжительностью от тыс. до млн лет. В кач-ве наиболее ценного подхода признано вероятност. моделирование, позволяющее количественно оценить пределы неопределенности, зависящие от соврем. уровня изученности поведения природ. систем. История такого подхода иллюстрируется описанием моделей GSM (Geologic Simulation Model) и FFSM (Far Field State Model), разработ. в США, а также моделей TIME2 и TIME4 Великобритании. Модель TIME4 дополнена прогн. врем. вероятност. анализа VANDAL. Применение моделей к изучению конкрет. уч-ков мелкого и глубин. захоронения иллюстрируется на прим. моделей TIME2 и TIME4.

Обе модели основаны на стохаст. моделировании будущих климат. циклов, построен. путем изучения изменений климата за последний 1 млн лет. Показаны ограничения и достоинства моделей, ориентир. на анализ различ. условий среды, различ. глубин и различ. состава пород.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование; Великобритания; США

596. Pruess K., Wang S.Y., Tsang Y.W. On thermohydrologic conditions near high-level nuclear wastes emplaced in partially saturated fractured tuff = О термогидрологических условиях вблизи хранилища высокоактивных отходов, размещенного в частично водонасыщенных трещиноватых туфах. Ч. 1. Модельные исследования с учетом эффектов трещин // Water Resour. Res. - 1990. - Vol. 26, N 6. - P. 1235-1248.

Выполнено моделирование одноврем. переноса тепла, воды, водяного пара и воздуха в частично водонасыщ., трещиноватых пористых породах на прим. туфов Юкка-Маунтин (Невадский полигон, США). Моделировалась обл. вокруг канистры с учетом как дискрет. трещин, так и пористой матрицы. Показано, что термогидрол. условия вблизи ячейки отходов в сильной степени зависят от проницаемости и капилляр. давления в трещинах; эти параметры в данный момент изучены слабо. Если жидкость, удерживаемую на шероховатых стенках трещин, рассматривать как подвижную, возникают сильные эффекты тепловой трубы. При этих условиях 2-фазное состояние сохраняется вблизи от скв. с отходами, и пластовая тем-ра может достигать 100°C. Если предположить, что жидкость не может двигаться по трещинам, зона вокруг ячейки отходов будет сухой, и пластовые тем-ры могут превышать 200°C. Значит. часть генерируемого отходами тепла может уходить, если скв. с отходами имеет открытое устье и вентилируется. Проводится ряд параллелей в получ. результатах и результатах Zimmerman R. Metal. (1983-1986).

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; туфы; США; Юкка-Маунтин

597. Pruess K., Wang S.Y., Tsang Y.W. On thermohydrologic conditions near high-level nuclear wastes emplaced in partially saturated fractured tuff = О термогидрологических условиях вблизи хранилища высокоактивных отходов, размещенного в частично водонасыщенных трещиноватых туфах. Ч. 2. Аппроксимация эффективного континуума // Ibid. - P. 1249-1261.

Ставится вопр. об аппроксимации эффектив. континуума (среды) при моделировании потоков флюидов и тепла в трещиноватых пористых породах. Предлож. аппроксимация основана на результатах детального моделирования с эксплицит. учетом эффектов трещин (см. пред. реф.). Для аппроксимации эффектив. термогидрол. континуума ключевым является представление о локальном термодинам. равновесии между трещиной и матрицей пород. Там, где этот подход применим, он позволяет упростить описание потоков флюидов и тепла в трещин. пористой среде. Выведены формулы для характер. кривых (относит. проницаемость и капилляр. давление) с использ. св-в континуума трещин и матрицы. Числ. моделирование показало, что при благоприят. условиях аппроксимация эффектив. конти-

нуума дает результаты, близкие к прогнозированию на основе эксплицит. моделирования эффектов трещин. Показаны также ограничения аппроксимации, неприменимой при очень плот. матрице пород. На основе представлений о диффуз. процессах предложен простой критерий применимости подхода; его пригодность проверена результатами числ. моделирования.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; туфы

*598. Slot A.F.M., Glasbergen P., Nijhoff-Pan I. Geosphere migration of radionuclides released from a rock-salt repository = Миграция в геосфере радионуклидов, высвобождающихся из хранилища в каменной соли // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 920-927.*

Методики оценки мест захоронения и безопасности хранилищ в камен. соли, используемые в Нидерландах, учитывают возможность высвобождения радионуклидов во вмещающие породы, миграции их в геосфере и с подзем. водами, а также последствия попадания радионуклидов в биосферу. Для моделирования поведения радионуклидов в геосфере разработана компьютер. прогн. METROPOL. Построена серия 1-мерных моделей типич. траекторий миграции к земной поверхности с учетом явлений радиоактив. распада и адсорбции радионуклидов матрицей пород. Типич. траектории, в свою очередь, получены из 2-мерных гидрогеол. моделей для 3 случаев: статифицир. соль, соляные линзы, неглубоко залегающие соляные купола. Параметры моделей привязаны к геол. условиям изучаемой площади. Для всех радионуклидов результаты представлены в виде кривых поступлений на земную поверхность во времени.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; соль каменная; Нидерланды

*599. Tasker P.W., Wisbey S.J. Source-term modelling for the disposal of low- and intermediate-level radioactive waste = Моделирование фактора источника для хранения отходов низкой и средней активности // Ibid. - P. 459-469.*

Моделирование фактора ист. в задачах оценки долговрем. радиол. безопасности хранилища исходит из ключевого значения лишь неск. процессов в надежности оценки. Для идентификации этих процессов и для получения полного описания ближ. зоны хранилища выполнены детальные мод. исслед., учитывающие, в частности, коррозию, хим. преобразования и равновесие, генерирование и миграцию газов и др. Учет всех факторов в вероятности. радиол. оценках нежелателен и невозможен из-за чрезвычайной сложности моделей. Обсуждается моделирование фактора ист. в глубин. хранилищах НАО и САО в заполнителях на основе цемента. Обсуждаются процессы и явления, необходимые и достаточ. для включения в модели радиол. оценки. Приведен ряд результатов сравнит. оценок, выполн. при отборе уч-ков для послед. детальных исслед.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; низкоактивные; среднеактивные



600. *The AREST code: a near-field performance model* = Программа AREST для моделирования ближней зоны [хранилища] / A.M. Liebetrau, M.J. Ap-ted, D.W. Engel et al. // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 928-939.

Система техн. барьеров представляет собой 1-й комплекс. экран на пути миграции радионуклидов из хранилища отходов в геол. среде. Прогр. AREST разработана для количеств. оценки надежности ячейки хранения и техн. барьеров. Она использует в кач-ве входа результаты др. прогр., моделирующих тепловое, хим. и мех. поле после размещения отходов, а также гидрогеол. окружение ячейки хранения. Прогр. AREST позволяет на этой основе изучать процессы коррозии, приводящие в определ. момент к нарушению целостности контейнера с отходами. Далее моделируется вынос радионуклидов, контролируемый процессами массопереноса. Тип отходов различ. (использ. топливо или остекл. отходы).

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование

601. *Winograd I.J. The Yucca Mountain project: another perspective* = Проект Юкка-Маунтин - другая перспектива // Environ. Sci. and Technol. - 1990. - Vol. 24, N 9. - P. 1291-1293.

Отклик на статью Ч. Мэйлона о полигоне для захоронения ВАО в р-не Юкка-Маунтин (шт. Невада, США). Рассматривается предположение Мэйлона о связи геол. условий полигона с возможностью создания адекват. мат. моделей и осуществления на Юкка-Маунтин постоянн. мониторинга за состоянием подзем. вод, тем-рой вмещающих пород, конвекцией воздуха, а также альтернатив. геол. захоронению способы удаления ВАО: в ледники, в глубин. морской ил, выброс в космос и назем. захоронение в бетонир. могильниках. Помимо мат. оценки должна учитываться и техн. оценка р-на для размещения полигона по выбору его уч-ка, на к-ром присутствуют множеств. барьеры для миграции радионуклидов.

радиоактивные отходы; захоронение; полигоны; исследования; США; район Юкка-Маунтин (шт. Невада)

1991

602. *Анализ безопасности захоронения отвержденных радиоактивных отходов в геологические формации* / А.Е. Козлов, В.Т. Сорокин, А.Л. Федоров, Е.В. Фоминенко // Изв. ВНИИ гидротехники. - 1991. - Т. 225. - С. 124-132, 154.

Рассматриваются основ. вопр., связ. с вероятност. оценкой безопасности захоронения отвержд. РАО в геол. формации. Анализируются случайные факторы, возмож. отказы, приводится прим. расчета.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; геологические формации.

603. *Analysis of evaporation in nuclear waste boreholes in unsaturated rock*: [Pap.] Winter Meet., San Francisco, Calif., Nov. 10-14, 1991 = Анализ эвапорации из скважин с ядерными отходами в ненасыщенных [водой] породах / W. Zhou, P.L. Chambre, W.W.-L. Lee, T.H. Pigford // Trans. Amer. Nucl. Soc. - 1991. - Vol. 64. - P. 164-165.

Начаты работы по анализу роли неводонасыщ. туфов в эвапорации из скв. с ядер. отходами. Не исключено, что благодаря эвапорации контейнеры могут оставаться сухими в течение длит. времени. Предложена 1-мерная аналит. мат. модель.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные

604. *Analysis of gaseous contaminant discharge from a nuclear waste container: [Pap.] Winter Meet., San Francisco, Calif., Nov. 10-14, 1991 = Анализ выделения газообразного загрязнителя из контейнера с ядерными отходами / E.D. Zwahlen, P.L. Chambre, W.W.-L. Lee, T.H. Pigford // Ibid. - P. 165-167.*

С помощью аналит. моделей газового потока оценен процесс выделения газообраз. радионуклидов из частично разрушен. контейнеров. Приведены получ. врем. зависимости в виде графиков (скорость выделения суммар. потока газа в скв., доля высвободившегося и удерживаемого газа на прим.  $^{14}\text{CO}_2$ ).

охрана среды; захоронения отходов; радиоактивных

605. *Arter H.E., Hanselmann K.W., Bachofen R. Modeling of Microbial-Degradation Processes - The Behavior of Microorganisms in a Waste Repository = Поведение микроорганизмов в хранилище радиоактивных отходов // Experientia. - 1991. - Vol. 47, N 6. - P. 578-583.*

606. *Ashbee K.H.G. The buildup of confined pressure et salts in decaying radioactive waste = Кристаллизация жидких радиоактивных отходов при длительном хранении // Nucl. Technol. - 1991. - Vol. 95, N 3. - P. 366-371.*

Обзор. При длит. хранении жид. РАО процессы кристаллизации в них солей приводят к изменению их объема под воздействием роста внутр. давления согласно ур-нию Клапейрона  $dP/dT = \Delta S/\Delta V$ , где: P - давление, T - тем-ра,  $\Delta S$  и  $\Delta V$  - изменение соответственно энтропии (уменьшение) и объема (возрастание) при малом инкременте кристаллизац. воды. На основе анализа опубл. данных проведено их обобщение и представлены результаты расчетов ( $dP/dT$ ),  $\Delta S$  и  $\Delta V$  для солей различ. групп металлов: щелоч. металлы - 19 солей, редкоземельные - 9, актиниды - 5, переход. металлы 3 подгрупп - 16, 14 и 1.

607. *Badie A., Wang M.C. Three-dimensional thermal analysis for temperature distribution in geological formation = Трехмерный анализ распределения температуры в геологических средах // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 1594-1601.*

Разработана вычисл. прогн. SIM для 3-мерного анализа распространения тепла от линейных ист. (вертик., горизонт., комбинир.) с экспоненц. убыванием интенсивности во времени, размещ. в однород. орган. среде. Прогн. представляет самостоят. пакет, написана на фортране и предназначена для исполыз. на РС, XT, AT IBM и совместимых с ними устройствах. При задан. тепловых параметрах и геометрии среды она позволяет рассчитать тем-ру в любой ее точке в любое время после включения ист., и мо-

жет быть, в частности, использована для исслед. теплового воздействия хранилищ РАО на вмещающие породы. Реализ. в программных кодах метод расчета базируется на общем ур-и теплопроводности и использует композицию из квадратур Гаусса для вычисления интегралов. Прогр. проверена при решении модельных задач на основе сопоставления с аналогич. прогр. (SUPER 7T, TEMP 3D, HEFF). Это сопоставление показало, что прогр. SIM способна быстро и эффективно решать задачи, связ. с контролем за воздействием подзем. хранилищ на вмещающую среду.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; исследование; ЭВМ

608. *Baner S.J., Hardy M.P., Lin M.* Predicted thermal and stress environments in the vicinity of repository openings = Прогноз тепловых условий и распределения напряжений вблизи выработок хранилища // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 564-571.

Прогноз тепловых условий и распределения мех. напряжений необходим при проектировании горных работ с точки зрения обеспечения безопасности работ и здоровья персонала. Представлены результаты 2- и 3-мерного мат. моделирования указ. условий для типич. подзем. выработок. Показано, что в целом выработки, близкие к ист. тепла (им являются генерирующие тепло отходы), находясь под значит. влиянием теплового поля и соответственно поля мех. напряжений. Тем-ра в отдельных случаях достигает 100°C, перепады напряжений имеют локальный характер. На удал. выработках сказывается общее расширение объема пород вследствие прогрева.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; США; Юкка-Маунтин

609. *Barometric pumping of contaminated gases through fractured permeable media* = Барометрическая откачка загрязненных газов через трещиноватую пористую среду / R.H. Nilson, E.W. Peterson, K.H. Lie et al. // Ibid. - P. 861-868.

Загрязн. газы могут переноситься в вертик. направлении через трещиноватую среду за счет процесса "качания", связ. с цикл. изменениями барометр. давления. Выполнено аналит. и числ. моделирование процесса. Показано, что масштабы переноса загрязнителей газами за счет барометр. откачки могут быть на порядки величин больше, чем переноса за счет молекул. диффузии.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; моделирование

610. *Beard T.C., Perry C.J., Fox T.C.* Naymik-TG Shanahan-P Iterative Approach to Groundwater-Flow Modeling of the Martinsville Alternative Site, Under Consideration for Low-Level Radioactive Waste Storage in Clark-County, Illinois, USA = Итеративный подход к моделированию грунтовых вод под площадкой с низкоактивными отходами // Environ. Geol. and Water Sci. - 1991. - Vol. 18, N 3. - P. 195-207.

611. *Bimodal filtration coefficient for radiocolloid migration in porous media:* [Pap.] Winter Meet., San Francisco, Calif., Nov. 10-14, 1991 = Коэффициент бимодальной фильтрации радиоактивного коллоида в пористой среде / Y. Hwang, P.L. Chambre, W.W.-L. Lee, T.H. Pigford // Trans. Amer. Nucl. Soc. - 1991. - Vol. 64. - P. 160-161.

В процессе растворения ПАО в хранилище может образовываться мигрирующая коллоид. фаза. Приведено ур-е, описывающее миграцию радиоактив. коллоидов в пористой среде с преобладанием адвекции. Для определения коэф. фильтрации в ур-и выполнен соответств. эксперимент, анализируются его результаты. Коэф. фильтрации определяется через предл. бимод. логарифмически равномерную ф-цию распределения вероятности. Бимодальность отражает различ. фильтрац. св-ва частиц различ. размеров.

охрана среды; захоронения отходов; радиоактивных

612. *Bogorinski P., Porter J.D., Jackson C.P.* The effect of salinity on dispersion: [Pap.] Eur. Geophys. Soc. 16th Gen. Assem. "Atmos., Hydros. and Space Sci.", Wiesbaden, 22-26 Apr., 1991 = Влияние солености на рассеяние // Ann. geophys. - 1991. - Vol. 9. - P. 501.

Применительно к пробл. захоронения отходов в камен. соли экспериментально изучено влияние минерализации вод на масштабы рассеяния раствор. компонентов. Описываются физ. модель и методика эксперимента. Показана пригодность модели для изучения потока с постоян. плотностью. Ранее установл. и математически предсказ. эффект уменьшения рассеяния с ростом минерализации проявился только при высоких конц-ях солей. Требуется продолжение исслед.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; каменная соль

613. *CALIBRE and CRYSTAL: near-field and geosphere models for Project-90* = CALIBRE и CRYSTAL: модели ближнего и дальнего полей для Проекта-90 / P.C. Robinson, K.J. Worgan, W.T. Shaw, S. Wingefors // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 1174-1180.

В рамках Проекта-90 (Швеция) разработаны компьютериз. модели CALIBRE (для 2-мерного описания процессов распространения радионуклидов в обл. "ближнего поля" при их взаимодействии с материалом контейнера (медью) и бентонитовой оболочкой) и CRYSTAL (для 1-мерного описания распределения радионуклидов в субгоризонт. трещинах кристал. вмещающих пород). Первая модель исследует перемещение фронта окисления-восстановления, и ее выход. данные используются на входе 2-й модели. Вторая описывает процесс перемещения радионуклидов с учетом адвекции, продольной и попереч. диффузии и сорбции изотопов стенками породы. В моделях учтены условия проводимости, связ. с взаимодействием радионуклидов со средой лишь вдоль нек-рых траекторий. Подчеркнуто, что при одном и том же значении параметра проводимости в обеих моделях его эффект оказывается более существ. в схем. расчета ближ. поля.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование; Швеция

614. *Castaing R.* Simple-Model for Migration of Colloid Transported Radionuclides Along a Fracture = Простая модель миграции радионуклидов вдоль трещин // *J. Hydrol.* - 1991. - Vol. 125, N 1-2. - P. 55-92.

615. *Duwe R., Jansen P.* Computer-Tomography of Barrels with Radioactive Contents = Компьютерная томография цилиндров (бочек) с радиоактивными отходами // *Nucl. Eng. and Des.* - 1991. - Vol. 130, N 1. - P. 89-102.

616. *DyKhuizen R.C., Eaton R.R.* Effect of material heterogeneities on flow through porous media = Влияние неоднородности материала на поток в пористой среде // *High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (III.); N.Y., 1991.* - P. 529-534.

Выполнено мат. моделирование потока воды в горных породах с целью определения эффектов неоднородности. Числ. расчеты допускали случайные вариации пространств. распределения св-в материала. Определялось влияние этих вариаций на такие параметры, как сопротивление потоку, мех. рассеяние и каналирование. Результаты числ. моделирования сопоставлены с данными, получ. с помощью линейной аналит. модели. Для большинства исслед. случаев получено хорошее совпадение.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; моделирование

617. *Eikenberg J., Hoehn E., Frick U.* Migration experiments at the Grimsel Test Site, Switzerland = Эксперименты по изучению миграции на полигоне Гримзель, Швейцария // *Ibid.* - P. 176-181.

Эксперименты запроектированы как комплекс. многометод. проверка мат. моделей переноса раствор. в-ва в трещиноватой среде. Глав. задачи - оценка экстраполируемости лаборатор. и расчет. результатов на полевые условия и разработка методик описания уч-ков захоронения. Кратко рассмотрено состояние работ по полевым экспериментам с индикаторами и приведены новые данные по поведению таких индикаторов, как На-флюоресцеин,  $^{82}\text{Br}$  и  $^4\text{He}$ . Определения  $^4\text{He}$  в потоке выполнялись с помощью пром. гелиевого течеискателя и специально разработ. метода вакуум. диализа. По результатам тестов на гидрогеохим. уравнивание могут быть получены важные сорбц. характеристики водопроводящей трещины.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; Швейцария; Гримзель

618. *Field investigations for seismic effects on mechanical and geohydrologic response of underground structures in jointed rock* = Полевые исследования сейсмических эффектов в механическом гидрогеологическом поведении подземных конструкций в трещиноватых породах / *S.H. Haiung, S.D. McKinnon, A.H. Chowdhury et al.* // *High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (III.); N.Y., 1991.* - P. 822-829.

Прогр. исслед. сейсм. механики пород (финансируемая ядерн. нац. комис. США) ориентирована на оценки воздействия повторяющихся динам. нагрузок на подзем. хранилища. Ставятся 2 задачи: выделение ключевых параметров оценки мех. состояния хранилища; оценка возможности расчета указ. эффектов. При этом используются 2 основ. группы методов: полевые инструмент. наблюдения и аналит. мат. моделирование. Обсуждаются вопр. выбора и разработки инструмент. ср-в применительно к конкрет. геол. условиям, выбора уч-ка для метод. работ (уч-к действующей шахты), результаты изучения сейсм. эффектов в расслоен. и трещиноватых породах.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США

619. *Henshaw J., Hock A.R., Shanland S.H.* Modelling studies for the assessment of the advanced cold process canister = Модельное изучение защитных свойств улучшенной холодно-процессной канистры // *Ibid.* - P. 953-960.

Канистра состоит из стальной капсулы с толщиной стенок 50-55 мм, заключ. в медную оболочку со стенками толщиной 60 мм. Вместимость канистры от 1148 до 1188 л. Предназначена для заполнения ВАО и САО. Моделируются хим. процессы во внутр. капсуле канистры, обусловл. взаимодействием азота, кислорода и воды и приводящие к образованию азот. кислоты. Отмечается небольшой риск разрушения канистры, связ. с этими процессами. Рассмотрены процессы корродирования стальной капсулы при возникновении бреши в медной оболочке. Оценены связ. с ними интенсивность образования водорода и мин. срок разрушения канистры.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

620. *Kim C.-L., Kim J.* Source term model for radioactive waste repository = Модель фактора источника для хранилища радиоактивных отходов // *Ibid.* - P. 1049-1053.

Модель разработана для прогнозирования масштабов утечки радионуклидов из ячейки хранения твердых РАО, размещ. в подзем. хранилище. Скорость утечки, приравниваемая к дозе радионуклидов, поступающего в подзем. воды, является фактором ист. в моделях гидрогеол. переноса радионуклидов. В модель фактора ист. включен ряд субмоделей выщелачивания: высвобождение, огранич. растворимостью; конгруэнтное высвобождение; высвобождение, контролируемое диффузией в твердой фазе и др. Предварит. расчеты показали, что ролью площади поверхности отходов в моделях высвобождения из контейнера нельзя пренебрегать.

охрана среды; захоронение; радиоактивных; моделирование

621. *Lu N., Amter S., Ross B.* Effect of a low-permeability layer on calculated gas flow at Yucca Mountain = Влияние низкопроницаемого пласта на расчетный поток газа применительно к участку Юкка-Маунтин // *Ibid.* - P. 853-860.

Для оценки потока газа и пара в разрезе, являющегося следствием разогрева пород, рельефа местности и др. причин, делается попытка использовать ранее разработ. мат. модель TGIF. Системат. исслед. чувствительно-

сти модели к различ. факторам показало, что модель применима в широком диапазоне значений потока. Траектории потоков и скорость фильтрации в сильной степени зависят от тем-р в зоне хранилища и от перепада значений проницаемости, наблюдаемого на границах пачки спекшихся туфов Пейнтбраш с неспекшимися разностями. С учетом задержки может быть оценено время миграции  $^{14}\text{C}$ . Если это время меньше 10000 лет, требуется дополн. детальный анализ соответствия разреза норматив. требованиям Агентства по ОС США.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Юкка-Маунтин

622. *McGraw M.A., Miley T.B., Langford D.W.* Flow and transport around a noncontinuous horizontal layer at Yucca Mountain = Поток и перенос вокруг прерывистого горизонтального слоя применительно к участку Юкка-Маунтин // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 513-519.

На основе упрощ. концептуальной модели построены мат. модели и выполнено компьютер. моделирование влияния прерывистого горизонт. слоя на поле потока и перенос загрязнителя. Среда состояла из 4 типов материала, причем выклинивающийся горизонт имел водопроницаемость на порядок величин меньше, чем 3 др. зоны. Показано, что гранич. условия влияют на результаты и являются важным фактором моделирования. Как следствие, 1-мерные модели не могут адекватно представлять систему.

охрана среды; захоронения отходов; радиоактивных; высокоактивные; США; Юкка-Маунтин

623. *Meling K., Taivassalo V.* Three-dimensional groundwater flow modelling for a potential repository site = Трехмерное моделирование подземного потока на участке возможного заложения хранилища ядерных отходов // Ibid. - P. 1299-1306.

В Финляндии исследуются 5 уч-ков с целью оценки возможностей размещения хранилищ ОЯТ. Представлены результаты 3-мерного моделирования потока подзем. вод на базе детальных геол., геофиз. и гидрогеол. исслед. на площади Вейтсиваара [Финляндия]. Расчеты осуществляли числ. методами на базе FEFLOW, реализующей 3-мерный вариант метода конеч. элементов с дополнением ее схем. 2-мерного описания трещин. зон. Для задан. строения напорной поверхности оценены направления и расходы потока на глубине 500 м, в месте предполагаемого складирования отходов. Предполагается в дальнейшем откорректировать оценки на основе гидродинам. испытаний скв. метода пробных откачек. Исследуется оценка возможного воздействия хранилища на ОС.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; гидрогеология; Финляндия; Вейтсиваара

624. *Near-field transport of radioactive chains* = Перенос радиоактивных изотопов в области ближнего поля / C.-H. Kang, P.L. Chambre, T.H. Pigford, W.W.-L. Lee // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 1054-1059.

Поставлена задача и получено аналит. решение, описывающее 1-мерный процесс перемещения радиоактив. изотопов, освобождаемых из складированных ОЯТ при их растворении ГВ, через буфер. набивку в ближайшую обл. окружающего пространства. В кач-ве упрощающей посылки использовано представление о конгруэнт. растворении изотопов, т. е. о пропорциональности скорости их растворения содерж. в материале отходов. Разработана компьютер. схем. расчета получ. соотношений. Представлен прим. расчета распространения изотопов цепи  $^{234}\text{U} \rightarrow ^{230}\text{Th} \rightarrow ^{226}\text{Ra}$ .

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование

625. *Oliver H.W., Ponce D.A., Sikora R.F.* Major results of gravity and magnetic studies at Yucca Mountain, Nevada = Основные результаты гравиметрических и магнитометрических исследований в районе Юкка-Маунтин, Невада // *Ibid.* - P. 787-794.

С начала работ на площади в 1978 г. выполнены гравиметр. наблюдения примерно в 4000 точках. С использ. данных по смеж. р-нам (~ 29000 точек) построена серия карт аномалий Буге и остаточ. силы тяжести. Путем построения 2-мерных моделей глубина докайнозойских пород в р-не будущего хранилища оценена в  $1220 \pm 150$  м; она подтверждена бурением (1244 м). По данным 3-мерного моделирования, суммар. мощность кайнозойских вулкан. пород и аллювия в зоне Крейтер-Флат составляет 3000 м. В зоне кальдеры Сайлент-Каньон мощность вулкан. разреза до геол. картирования оценена примерно в 5 км. В 1978-1979 гг. выполнены аэромагнит. съемки. Выявлена серия круговых магнит. аномалий в зоне Крейтер-Флат и на сев. пустыни Амаргоса, что свидетельствует о наличии здесь погреб. вулкан. центров. Если эта интерпретация подтвердится бурением, то с привлечением радиометр. датирования можно повысить кач-во прогноза возмож. вулканизма. По аэромагнит. данным уточнены формы и размеры частично вывед. на поверхность крупных разрывных нарушений.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; США; Юкка-Маунтин

626. *Ostlund P., Hallberg R.O.* Plutonium in sediments - apparent half-lives = Плутоний в осадках. Кажущиеся периоды полураспада // *Environ. Geol. and Water Sci.* - 1991. - Vol. 17, N 3. - P. 195-200.

Поверхность осадков, накапливающихся в водоеме, рассматривается как плоский ист. ионизирующего излучения, интенсивность к-рого постепенно снижается при захоронении и перемешивании осадков. Предложена модель оценки радиол. риска. Она основана на гипотезе, что снижение активности плутония по мере погружения и захоронения нек-рой поверхности может быть аппроксимировано р-циями хим. кинетики I порядка. На основе этой модели можно оценить врем. параметр снижения радиоактивности до половины начальной величины (кажущийся период полураспада). Для изуч. 3 разрезов осадков Балтийского моря кажущийся период полураспада плутония составил от 7 до 20 лет.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; осадки морские; Балтийское море



627. Plecas I.B., Peric A.D., Drijaca J.D. Mathematical-Modeling of Physicochemical Characteristics of Concrete in Immobilization of Radioactive Waste = Математическое моделирование физико-химических характеристик бетона при иммобилизации радиоактивных отходов // Cement and Concrete Research. - 1991. - Vol. 21, N 5. - P. 941-946.

628. Plecas I., Peric A., Kostadinovic A. Determination of Retardation Factors of Cs-137 in Migration Process in Concrete = Определение ингибирующих факторов процесса миграции цезия-137 в бетоне // J. Radioanalyt. and Nucl. Chem.-Letters. - 1991. - Vol. 154, N 2. - P. 121-131.

629. Preliminary calculations of release rates from spent fuel in a tuff repository = Предварительные расчеты скорости высвобождения из отработанного топлива в хранилище в туфах / M.J. Apted, W.J. O'Connell, K.H. Lee et al. // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 1080-1090.

Рассчитаны зависящие от времени скорости высвобождения  $^{99}\text{Tc}$ ,  $^{129}\text{I}$ ,  $^{135}\text{Cs}$ ,  $^{237}\text{Np}$  через техн. барьер проектируемого хранилища ядер. отходов в неводонасыщ. туфах. Учитывались различ. состояния влажности. Описаны способы контакта с водой и высвобождения раствор. радионуклидов в механически неповрежд. вмещающие породы. Представлены соответ. расчет. модели. Приведены исполыз. при моделировании значения параметров, основ. получ. числовые результаты, обосновано направление дальнейших работ.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; в туфах

630. Rautman C.A., Treadway A.H. Characterization uncertainty and its effects on models and performance = Описание неопределенности в оценках свойств среды предполагаемого захоронения ядерных отходов и учет ее влияния на моделирование воздействия хранилища на среду вмещения и осуществление проекта по его созданию // Ibid. - P. 1491-1495.

Описание св-в среды по точеч. их измерениям в пределах проектируемого захоронения РАО в Юкка-Маунтин по необходимости является неполным и содержит элемент неопределенности. Геоостатист. подход позволяет сконструировать набор моделей, описывающих исследуемую среду, согласов. с измер. значениями св-в в точках опробования. Эти модели можно рассматривать как статистически неразличимые, и степень расхождения между ними считать за меру неопределенности в описании среды. Оценены расхождения в значениях  $\alpha$ -параметра Van Genuchten, контролирующего скорости насыщения породы влагой и ее дренирования, и на основе чего определен разброс в расчет. временах просачивания влаги от глубин складирования отходов до поверхности зеркала ГВ. Мин. оценка времени просачивания по исполыз. методике оказалась на 21% ниже, чем та, что была рассчитана из оценки среднего  $\alpha$ -параметра. В случае очень высокого разброса оценок рекомендуется провести дополн. опробование и переоценку св-в среды.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Юкка-Маунтин

631. Schmidt B. Thermomechanical Interactions in Repository Design = Проектирование хранилищ для радиоактивных отходов // Nucl. Eng. and Des. - 1991. - Vol. 129, N 1. - P. 13-19.

632. Smoot J.L., Wurstner S.K., Freshley M.D. Unsaturated flow through a variable aperture fracture in Topopah Spring welded tuff = Ненасыщенный поток через трещину переменной апертуры в спекшихся туфах Топопах-Спринг // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 542-546.

Разработана компьютер. схем. числ. счета, моделирующая течение влаги через трещину перемен. апертуры в метровом блоке спекшихся туфов Топопах-Спринг. Исход. характеристики трещины и межтрещ. матрицы определены по данным лазер. сканирования блока. Результаты моделирования показали, что при импульсном поступлении влаги к основанию трещины скорость ее распространения в полости сильно зависит от влагонасыщенности матрицы. Так, при 90%-й насыщенности и при интенсивности осадков 1 см/ч напор увеличился до 250 см, а фронт увлажнения проник на расстояние до 8 см по вертикали и 2 см по горизонтали. При аналогич. интенсивности поступления влаги к основанию трещины, но при 50%-м насыщении напор возрос до 400 см, а фронт распространился на 3 и 0,5 см по вертикали и горизонтали соответственно.

охрана среды; захоронения отходов; радиоактивных; высокоактивные; США; Топопах-Спринг

633. Young D.S. Risk assessments for the design of subsurface openings = Оценка степени риска при проектировании подземных выработок // Ibid. - P. 1110-1119.

Предложен вероятност. подход для оценки степени неустойчивости горных масс вследствие их естеств. трещиноватости в окрестностях подзем. выработок (шахт, штолен, штреков, камер для складирования РАО). Введено специф. понятие "вероят. ключевой блок" в массиве пород, с помощью к-рого модели естеств. систем трещин адаптируются в анализе устойчивости выработок, оценивается уровень неопределенности проект. расчетов из-за изменчивости структуры пород и ошибок измерений и результаты этих оценок учитываются в конеч. инж. решении подзем. сооружения. Подход позволяет на ранних стадиях подготовки проекта провести испытания его уязвимости по отношению к тем или иным особенностям структуры горного массива и соотв. образом его оптимизировать.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; подземные выработки

1992

634. Моделирование процессов миграции радионуклидов при подземном захоронении высокоактивных отходов / Nakayama Shinichi, Ahn Joonhong, Ikeda Takao, Ohe Toshiaki et al. // Nihongenshiryoku gakkaiishi = J. Atom. Energy Soc. Jap. - 1992. - Vol. 34, N 4. - P. 54-76.

Представлен обзор результатов выполнения I этапа комплекс. исслед. в рамках прогр. подзем. захоронения ВАО. По завершении этого этапа исслед. предполагалось получить достаточ. информ. для разработки концепции эксперим. могильника, предусмотр. прогр. обоснования безопасности захоронения РАО. Получ. данные позволили разработать исход. вариант гидрогеохим. модели миграции Тс-99, Cs-135 и Np через систему техн. барьеров могильника в ОС. Отмечены следующие возможности разработ. модели: анализ поведения ГВ в ближ. зоне захоронения, оценка динамики выщелачивания остекл. РАО в условиях перманент. захоронения, анализ процесса миграции редокс-чувств. компонента, оценка влияния геометрии упаковки РАО на миграцию радионуклидов. Приведена подробная информ. об особенностях модели и ее разработке. Самостоят. интерес могут представить приводимые здесь систематизир. данные о термехим. характеристиках р-ций, сопутствующих процессам миграции радионуклидов.

*635. Analyses of mass transport in a nuclear waste repository in salt =* Анализ массопереноса на участках захоронения радиоактивных отходов в соляных отложениях / Y. Hwang, T.H. Pigford, P.L. Chambre, W.W.-L. Lee // *Water Resour. Res.* - 1992. - Vol. 28, N 7. - P. 1857-1868.

Цель исслед. - разработка аналит. методов прогнозирования скорости распада и миграции радионуклидов, погреб. в соляных отложениях. На основании теории массопереноса был проведен анализ миграции рассолов под воздействием градиента напоров; скорость фильтрации в рассматриваемых условиях не превышает неск. мкм в год. Т. о., до момента полного распада радионуклиды переносятся водой на расстояние не более неск. метров от контейнера. Получены также оценки скорости диффузии РАО в соляных отложениях, рассмотрены нек-рые ситуации их неоднород. строения.

подземные воды динамика; массоперенос

*636. Chiou S.-L., Li S.-H. Radionuclide migration in fractured rock: Analytical solution with Cauchy boundary conditions: [Pap.] Annu. Meet. Amer. Nucl. Soc., Boston, Mass., June 7-12, 1992 =* Миграция радионуклидов в трещиноватой породе. Аналитическое решение с граничными условиями Cauchy // *Trans. Amer. Nucl. Soc.* - 1992. - Vol. 65. - P. 76-77.

Показаны различия решений с гранич. условиями Дирихле (Dirichlet) и Коши (Cauchy). Для послед. случая предложена модель переноса радионуклидов в единич. трещине, анализируются результаты компьютер. расчетов. охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; обработка на ЭВМ

*637. Ebadian M.A., Yang G., Bigzadeh E. Analysis of Heat and Mass-Transfer to Determine Heat Loss and the Rate of Condensation of the Mvsts Off-Gas Ducts =* Анализ тепло- и массопереноса для определения потерь тепла и скорости конденсации в газопроводе Mvsts Off-Gas Ducts // *Nucl. Eng. and Des.* - 1992. - Vol. 138, N 3. - P. 389-401.

*638. Emery R., Jeannette M., Sprau D. Characterization of Low-Level Radioactive Waste Generated by a Large University Hospital Complex =*

Идентификация отходов с низким уровнем радиации, генерируемых большим университетским больничным комплексом // Health Phys. - 1992. - Vol. 62, N 2. - P. 183-185.

639. Frick U., Alexander W.R., Drost W. The radionuclide migration experiment at Nagra's Grimsel underground test site. A comprehensive programme including field, laboratory and modelling studies = Экспериментальные исследования миграции радионуклидов на подземном испытательном участке Гримзель (компания Nagra). Полная программа полевых, лабораторных и модельных исследований // Isotope and Techn. Water Resour. Dev., 1991. - Vienna, 1992. - P. 463-476.

Основ. цель выполняемых исслед. - экстраполяция лаборатор. данных на полевые условия. Изучалось (в т. ч. с бурением 8 подзем. скв. длиной 6-24 м) крупное единич. разрыв. нарушение в аспектах структур. положения, минералогии, гидрохимии и гидрологии. Гидродинамика трещины проста, водопроницаемость составляет  $\sim 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с. Для простых радиоиндикаторов (Na и Sr) основ. механизм удержания - катион. обмен. С изотопом <sup>24</sup>Na (T<sub>1/2</sub> = 15 ч) выполнены эксперименты по импульс. закачке для определения мин. задержки Na. С изотопом <sup>22</sup>Na (T<sub>1/2</sub> = 2,6 года) выполнены эксперименты по продолжительности (10 сут.) непрерыв. закачки с регистрацией индикаторов в течение 65 сут. Синтез разнотипных данных показал, что модель двойной пористости позволяет прогнозировать достаточно адекватные значения коэф. сорбции. На основе моделей переноса, прокаливов. на Na, были построены детальные прогнозы поведения <sup>85</sup>Sr. Эксперименты с этим изотопом находятся в стадии реализации и имеют принцип. значение с точки зрения возможностей прогноза.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Швейцария; Гримзель

640. Henshall G.A. Modeling Pitting Corrosion Damage of High-Level Radioactive Waste Containers Using a Stochastic Approach = Использование стохастического подхода при моделировании питтинга коррозионного повреждения контейнеров для высокоактивных отходов // J. Nucl. Mater. - 1992. - Vol. 195, N 1-2. - P. 109-125.

641. Ho Chin-Hsiang. Rick assessment for the Yucca Mountain high-level nuclear waste repository site: Estimation of volcanic disruption = Оценка риска для хранилища высокоактивных отходов Юкка-Маунтин; возможность вулканического извержения // Math. Geol. - 1992. - Vol. 24, N 4. - P. 347-364.

Мат. моделирование вероятности вулкан. извержения в р-не Юкка-Маунтин выполнено на основе: оценки частоты мгнов. рекурсии с использ. неоднород. пуассоновского процесса с вейбуллов. интенсивностью; использ. однород. пуассоновского процесса для прогноза будущих извержений. Затем количественно оценивалась вероятность того, что нек-рое одинок. извержение является разрушит. в терминах априорного распределения вероятности, т. к. не каждое извержение может иметь разрушит. последствия для хранилища. Для оценки риска при вулкан. извержении использо-

вался байесов. анализ. На основе анализа четвертич. истории 90%-й доверит. интервал для частоты мгнов. рекурсии составляет  $1,85 \cdot 10^{-6}$ /год,  $1,26 \cdot 10^{-5}$ /год. С использ. указ. доверит. границ соотв. 90%-й доверит. интервал для риска (вероятность как минимум одного разрушит. извержения) при времени изоляции отходов  $10^4$  лет составляет  $1,0 \cdot 10^{-3}$ ,  $6,7 \cdot 10^{-3}$  в предположении, что интенсивность остается постоянн. в течение времени изоляции.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Юкка-Маунтин

642. *Khoury H.N., Salameh E., Clark I.D.* A Natural Analog of High pH Cement Pore Waters from the Maqarin Area of Northern Jordan. 1. Introduction to the Site = Международный проект по испытанию моделей для анализа безопасности хранилищ жидкого и среднего уровня активности в Иордании Ч. 1. Выбор площадки // *J. Geochem. Exploration.* - 1992. - Vol. 46, N 1. - P. 117-132.

643. *Krishnamoorthy T.M., Nair R.N., Sarma T.P.* Migration of Radionuclides from a Granite Repository = Миграция радионуклидов через гранитный депозитарий // *Water Resour. Res.* - 1992. - Vol. 28, N 7. - P. 1927-1934.

644. *Modeling the transport and fate of radioactive noble gases in very dry desert alluvium: Realistic scenarios: [Abstr.] AGU Fal Meet., San Francisco, Calif., Dec. 7-11, 1992* = Моделирование переноса и скорость выделения радиоактивных инертных мобильных газов из аллювия пустынь; реалистический сценарий / F.T. Lindstrom, D.E. Cawfield, M.E. Donahue et al. // *Eos.* - 1992. - Vol. 73, N 43. - P. 233.

По моделям проведены мат. расчеты интенсивности выделения радиоактив. компонентов типа радона-220 и -222 при их захоронении с целью определения возмож. уровня загрязнения атм. Установлены связь выделения радона-222 со св-вами пород, выбран. для захоронения, и влияние глубины захоронения РАО с невысоким содерж. радона-222. Модель построена с учетом диффузии и барометр. адвекции N-цепей радионуклидов при допущении линейной обратимой и линейной необратимой кинетики сорбции для каждого их них.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

645. *Pigford T.H., Chambre P.L., Lee W.W.-L.* A review of near-field mass transfer in geologic disposal systems = Обзор процессов массопереноса в ближней зоне геологических систем захоронения // *Radioact. Waste Manag. and Nucl. Fuel Cycle.* - 1992. - Vol. 16, N 3-4. - P. 175-276.

Оценки надежности систем захоронения РАО в геол. среде имеют радиол. характер и должны включать прогнозы скоростей высвобождения радионуклидов из отходов во вмещающие породы, масштабов переноса в пористой геол. среде, масштабов поступления в доступную часть среды обитания и макс. конц-ий радионуклидов в водах, используемых населением. Дан обзор теории прогнозирования высвобождения радионуклидов из

захоронений отходов в ближ. зоне хранилища. Рассматриваемые при этом скорости высвобождения являются вход. данными для анализа надежности. Для каждого из подходов охарактеризованы: концептуальная модель, основ. ур-ния, аналит. решения и числовые иллюстрации решений, использующих типичные для хранилищ РАО значения параметров. Обсуждаются границы применимости теории массопереноса. Рассмотрен ряд практ. вопр. моделирования цепей радиоактив. распада, хранения в камен. соли и неводонасыщ. породах.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; охрана среды  
общие вопросы; теория

646. *Plecas I.B., Peric A.D., Drljaca J.D.* Mathematical-Modeling of Physicochemical Characteristics of Cement-Waste Composites in Radioactive Waste Management = Математическое моделирование физико-химических характеристик композиции цемент-отходы при обработке радиоактивных отходов // J. Radioanal. and Nucl. Chem.-Articles. - 1992. - Vol. 157, N 1. - P. 95-104.

647. *Plecas I., Peric A., Glodic S.* Comparative Interpretation of Leach Rate of Cs-137 and Co-60 from Cement Matrix = Сравнительная интерпретация скоростей выщелачивания Cs-137 и Co-60 из цементных матриц // Ibid. - Vol. 165, N 6. - P. 377-384.

648. *Put M.J.* Improved mathematical model for the interpretation of the flow-through type diffusion test with influence of filterplates = Усовершенствованная математическая модель для интерпретации диффузионных испытаний типа "протекания" с учетом влияния ограничивающих фильтров // Int. J. Rock Mech. and Mining Sci. and Geomech. Abstr. - 1992. - Vol. 29, N 2. - P. 88A.

Испытания типа "протекания" (flow-through test) широко используются при оценке диффуз. параметров водонасыщ. пористых материалов. Как правило, при этом для удержания материала используются 2 ограничивающие пластинки с хорошими фильтрац. св-вами (ограничивающие фильтры). Предложена мат. модель диффуз. системы, включающей ограничивающие фильтры. Исследован эффект фильтров и показано, что их учет может привести к ошибке до 40%. Одним из св-в модели является независимость результатов от продолжительности испытаний.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; математическая модель

649. *Seveque J.L., Decayeux M.D.* Mathematical-Modeling of Radioactive-Waste Leaching = Математическое моделирование выщелачивания радиоактивных отходов // Cement and Concrete Research. - 1992. - Vol. 22, N 2-3. - P. 477-488.

650. *Thompson B.G.J.* UK: Application of probabilistic risk analysis to the post-closure radiological assessment of underground disposal of solid radioactive wastes = Великобритания: вероятностная оценка утечки радиоактивных материалов в подземных хранилищах // IAIA'92: 12th Annu.

Meet. Int. Assoc. Impact Assess. "Ind. and Third World Environ. Assess.: Urgent Transit. Sustainabil.", Washington, D.C., Aug. 19-22, 1992: Conf. Program Abstr. and Invit. Pap. - Belhaven (N.C.), 1992. - P. 14.

В Великобритании используется вероятность. метод выполнения утечки радиоактив. материалов в р-нах захоронения или подзем. хранилищах, предназнач. для хранения в течение долгого периода времени. Оценивается отклонение в показателях. Сделан вывод о том, что большое значение имеют условия внешней ОС. Предлагается модель для выполнения расчетов.

*651. Williams M.M.R.* Stochastic problems in the transport of radioactive nuclides in fractured rock = Стохастические аспекты переноса радионуклидов в трещиноватой породе // Nucl. Sci. and Eng. - 1992. - Vol. 112, N 3. - P. 215-230.

Перечислен ряд физ. и мат. задач, требующих решения в связи с пробл. хранения РАО. С выводом ряда новых соотношений и ур-ний показано, что многие из них могут решаться на основе извест. задач реактор. физики. Выделена группа задач с пространственно случайными характеристиками среды, такой как трещиноватая или пористая породы. Описаны 3 различ. процедуры моделирования: классич. ур-ние адвектив. рассеяния и его интрепретация как стохаст. дифференц. ур-ния; чисто адвектив. подход, в к-ром скорость подзем. вод и коэф. запаздывания являются случайными ф-циями; аналогия с переносом нейтронов, позволяющая рассматривать движение по трещине и последующее отклонение как процесс псевдорассеяния. Описаны мат. методы решения стохаст. задач, включая теорию возмущений, теорему Новикова. Кратко обсуждены 2 новые модели.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование

1993

*652. Литвинцев С.А.* Использование информации панорамных изображений стенок скважин при решении инженерно-геологических и экологических задач // Междунар. геофиз. конф. и выст., SEG-EАГО, Москва, 16-20 авг., 1993 г.: Сб. реф. 1. - М., 1993. - С. 50.

Наибольший интерес для решения инженерно-геол. и экол. задач представляют результаты телефотометрии скв., т. к. они обладают высокой разрешающей способностью и достаточно крупным масштабом для детального изучения структуры геол. разреза вдоль скв. Автоматизир. технология обработки этой информ. (ВЗГЛЯД) позволяет вычислить пространств. положение каждого структур. элемента, рассчитать графики интенсивности их проявления вдоль скв., выделить системы структур. элементов и вычислить их параметры, рассчитать на этой основе коэф. фильтрации, представить на разрезе или в плане положение единич. структур. элементов (пластов, зон дробления, разломов) или их систем. Для инженерно-геол. целей наиболее ценная информ. представляется в виде графиков интенсивности трещиноватости вдоль скв., ориентировки систем трещин и параметров систем, кол-ва, интенсивности и ориентировки зон дробления, ориентировки пластов, даек, разломов и т. д. Одной из важнейших экол. пробл. явля-

80

ется проектирование резервуаров под захоронение РАО. Данные панорам. изображений стенок скв. позволяют определить наличие разломов и зон дробления в изучаемом объеме горных пород, получить информ. о системах трещин, их характеристиках (сред. раскрытие, сред. расстояние и т. д.) и спрогнозировать основ. направления и величины фильтрации из резервуаров.

каротаж методы; телефотометрия; технология обработки ВЗГЛЯД; экология; захоронение радиоактивных отходов

653. *Ahn J., Suzuki A.* Diffusion of the Am-241→Np-237 Decay Chain Limited by Their Elemental Solubilities in the Artificial Barriers of High-Level Radioactive-Waste Repositories = Математический анализ диффузии Am-241→Np-237 в хранилищах высокорadioактивных отходов // Nucl. Technol. - 1993. - Vol. 101, N 1. - P. 79-91.

654. *Helton J.C.* Uncertainty and Sensitivity Analysis Techniques for Use in Performance Assessment for Radioactive Waste Disposal = Неопределенность и чувствительный метод анализа для оценки мест захоронения радиоактивных отходов // Reliability Eng. & System Safety. - 1993. - Vol. 42, N 2-3. - P. 327-367.

655. *Leo C.J., Booker J.R.* Boundary element analysis of contaminant transport in fractured porous media = Пограничный элементный анализ загрязняющих веществ и их транспортировка в пористых средах // Int. J. Numer. and Anal. Meth. Geomech. - 1993. - Vol. 17, N 7. - P. 471-492.

Предлагается 2-мерная интеграц. модель погранич. анализа примесей в пористых средах. Метод предполагает, что фракции обеспечивают каналы наименьшего сопротивления продвижения примесей в модели, т. к. имеются как бы "ядра конц-и и хранения" примесей, куда происходит диффузия примесей. Предлагается услов. модель погранич. проникновения для определения конц-и того или иного вида примеси в пористых средах. Способ инверсии позволяет определить врем. характеристики предлагаемой модели. Метод позволяет проанализировать поведение РАО и хим. отходов при захоронении. В 1-ю очередь это определяется уменьшением конц-и загрязняющих в-в при массовом их передвижении в пористых сосед. структурах.

радиоактивные отходы; химические вещества; захоронение; миграция; пористые среды; модели; Австралия

656. *Nies A.* Towards Verification of Computer Codes for the Performance Assessment of Radioactive Waste Disposal = К проверке компьютерных кодов для оценки мест размещения радиоактивных отходов // Reliability Eng. & System Safety. - 1993. - Vol. 42, N 2-3. - P. 261-270.

658. *Williams M.M.R.* Radionuclide Transport in Fractured Rock - A New Model Application and Discussion = Модель для прогнозирования концентрации радионуклидов, проникающих через трещиноватые породы // Ann. Nucl. Energy. - 1993. - Vol. 20, N 4. - P. 279-297.



1994

659. *Dierckx A., Maes A., Vancluysen J.* Mixed Complex-Formation of  $\text{Eu}^{3+}$  with Humic-Acid and a Competing Ligand = Смешанное комплексообразование  $\text{Eu}^{3+}$  с гуминовой кислотой и конкурирующим лигандом // *Radiochim. Acta.* - 1994. - Vol. 66, N 7. - P. 149-156.

1995

660. *Daily W., Ramirez A.* Environmental Process Tomography in the United-States = Томография процессов, происходящих в окружающей среде, в Соединенных Штатах // *Chem. Eng. J. Biochem. Eng. J.* - 1995. - Vol. 56, N 3. - P. 159-165.

#### 4.4. Проверка и оценка различных моделей - гарантия качества оценки надежности

1986 - 1989

661. *Delow C.E., Mobbs S.F.* The development of a particle scavenging model for use in assessments of sea disposal of radioactive waste = Развитие модели выноса частиц для использования ее при оценке удаления радиоактивных отходов в море // Appl. Distrib. Coeffic. Radiol. Assess. Models Proc. Int. Semin. Louvain-la-Neuve, 7-11 oct., 1985. - L.; N.Y., 1986. - P. 400.

Распределение радиоизотопов РАО, сбрасываемых в океан, определяется как процессами физ. дисперсии, так и взаимодействием изотопов со взвеш., осаждающимися в вод. среде и выпавшими в осадок частицами. Важность этого взаимодействия в определении распределения реакционно-способ. в-в в океане уже достаточно хорошо обоснована и поэтому состав частиц должен учитываться в любой океан. модели, используемой для предсказания конц-и радиоизотопов в воде и донных осадках, особенно по истечении длит. периода времени. Обычно, в случае сбрасывания РАО в океан, для радиол. оценки используется дисперс. равновес. модель, базирующаяся на допущении, что активность частиц в воде постоянно находится в равновесии с активностью их растворения в ней. Для доказательства правомерности использ. такой модели авторы создали и испытали 1-мерную, реакционно-скорост. модель выноса частиц, учитывающую взаимодействие их с водой за счет протекания обратимых кинет. процессов. Исполыз. обеих моделей для определения в вод. столбе конц-ий  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$  показало хорошую сопоставимость получ. данных и доказало возможность использ. для радиол. оценок более простой равновес. модели.

радиоактивные отходы; подводное захоронение; моделирование; дисперсия; радиоизотопы; концентрации; прогнозы; Великобритания

662. *Findlay D.J.S.* Photofission assay of 500 litre drums of cemented intermediate level aste. Experimental measurements = Количественный анализ фотораспада в отходах со средним уровнем заражения, зацементированных в стандартные 500-литровые бочки // U. K. Atom. Energy Auth. Harwell Rept. - 1989. - N 12863. - P. 1-30.

С целью управления САО проведено имитац. моделирование: в стандарт. 500-литровую бочку из нержавеющей стали зацементировали 2 гранулы актинидов. Получ. бетон. блок рассматривается как аналог пром. отходов АЭС. Разработана процедура анализа энергет. пучка нейтронов, фотопродуцир. из дейтерия воды, связ. бетоном. Эта процедура при выполнении ряда условий (напр., исполыз. блока из 5 датчиков вместо 1) может быть внедрена в практику.

радиоактивные отходы; управление; анализ; моделирование

663. Ghoreychi M., Berest P. Thromomechanical modeling of radioactive waste disposal in salt formations = Моделирование термомеханических эффектов захоронения радиоактивных отходов в соляных породах // Trans. 10th Int. Conf. Struct. Mech. React. Technol., Anaheim, Calif., 14-18 Aug., 1989. - Los Angeles (Calif.), 1989. - P. 159-164.

Набор моделей, необходимых для полного анализа указ. пробл., разделен на 2 группы: для изучения лок. и переход. эффектов; глоб. и долго-врем. явлений. Это позволяет анализировать поведение как самого хранилища, так и выше- и нижележащих толщ. Принималась конструкция хранилища, при к-рой вмещающие отходы соляные породы отделены от выше-лежащих водонос. пород непроницаемым пластиковым экраном. Поэтому одной из задач моделирования являлся анализ условий, приводящих к разрыву экрана под действием нагрузок, вызв. разогревом за счет генерируемого отходами тепла. Основ. фактор - пластичность экрана в сравнении с упругой сжимаемостью солей; вязкоупругие св-ва солей имеют меньшее значение.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; соль каменная

664. Goodwin F.E., Guenther R.J. Corrosion of lead and lead alloys in simulated repository environments = Коррозия свинца и свинцовых сплавов в условиях, имитирующих окружающую среду хранилищ для высокорadioактивных отходов [США] // Sci. Basis Nucl. Waste Manag. XI: Symp., Boston, Mass., Nov. 30 - Dec. 3, 1987. - Pittsburgh (Pa), 1987. - P. 783-792.

International Lead Zinc Research Organization, Inc. субсидировало проведение Battelle Northwest исслед. по коррозии Pb и его сплавов для получения информ. о целесообразности их применения в матрицах для удаления ВАО. Легир. и нелегир. сплавы свинца подвергались в течение года воздействию условий, имитирующих ОС в характер. для США базальтовых, солевых (NaCl или NaCl/MgCl<sub>2</sub>) и туфовых хранилищах при 55-200°C. Определяли скорости коррозии различ. сплавов свинца, анализировали образующиеся при этом в-ва, измеряли конц-и Pb в соотв. продуктах выщелачивания. Для всех сплавов свинца (при недостатке кислорода) в условиях, адекват. базальтовым и солевым (только NaCl) породам, скорость коррозии не превышает 5 мм в год, а для нелегир. сплавов свинца в туфовых породах (при избытке кислорода) - 50 мм в год, способствует уменьшению этого значения до 10 мм в год. Применение же соединений Pb для укрепления матриц, располагающихся в хранилищах, содержащих Mg, нецелесообразно из-за высоких показателей скорости коррозии в такой среде.

высокорadioактивные отходы; захоронение; свинец; свинцовые сплавы, использование; коррозия; исследования; США, International Lead Zinc Research Organization, Inc., Battelle Northwest

665. Joshi S.R., Bobba A.C. Finite element modelling of transport of radium-226 and uranium from Port Granby radioactive waste management site to Lake Ontario = Моделирование методом конечных элементов переноса радия-226 и урана с участка работ с радиоактивными отходами в порту Гранби, озеро Онтарио // Reliab. Radioact. Transf. Models. - L.; N.Y., 1988. - P. 193-200.

Результаты разработки и опробования модели конеч. элементов для оконтуривания языков радиоактив. загрязнения за счет переноса подзем. вод использовали для прогнозирования миграции  $^{226}\text{Ra}$  и  $\text{U}$  в воды оз. Онтарио от располож. на побережье уч-ка хранения отходов уранового пр-ва. Одним из результатов моделирования является прогноз, что постоян. миграция указ. загрязнителей в воды озера за счет переноса подзем. вод будет продолжаться и после удаления отходов с уч-ка.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование; Канада; озеро Онтарио, порт Гранби

666. *Malone Charles R.* The Yucca Mountain project = Проект захоронения высокорadioактивных ядерных отходов // *Environ. Sci. and Technol.* - 1989. - Vol. 23, N 12. - P. 1452-1453.

Мин-во энергетики США приступило к созданию геол. хранилища для безопас. захоронения ВАО на ю.-з. шт. Невада, вблизи от места испытаний 1-й атом. бомбы. В соответствии с действующими в стране критериями безопасности последующие геол. и гидрогеол. изменения в зоне хранилища не должны (по крайней мере в течение первых после его закрытия 10 тыс. лет) привести к распространению радиоизотопов в ОС. Перечислены трудности прогнозирования и моделирования возмож. вулканотектон. и геогидрол. изменений в р-не. Необходимо создание новых методов исслед. и геофиз. аппаратуры, пригодных для оценки соответствия условий выбр. места действующим в США законодат. требованиям.

высокорadioактивные отходы; хранилища; проектирование; геогидрологические изменения, моделирование; прогнозирование; США, Министерство энергетики США, шт. Невада

667. *McGrail B.P.* Modeling the dissolution behavior of defense-waste glass in a salt repository environment = Геохимическая модель поведения остеклованных радиоактивных отходов военной промышленности при захоронении в соляных формациях // *Sci. Basis Nucl. Waste Manag. XI: Symp.*, Boston, Mass, Nov. 30 - Dec. 3, 1987. - Pittsburgh (Pa), 1987. - P. 595-606.

668. *Natural analogues in performance assessments for the disposal of long lived radioactive wastes* = Природные аналоги при оценке характеристик захоронения долгоживущих радиоактивных отходов // *Techn. Repts Ser. / IAEA.* - 1989. - N 304. - P. 1-57.

Отчет как часть прогр. МАГАТЭ по подзем. захоронениям РАО содержит обзор исслед. природ. аналогий, определяемых как долгосроч. естеств. неконтролируемые эксперименты, с целью подтверждения экстраполяции краткосроч. полевых, лаборатор. и опытных данных в обоснование их - к подзем. хранилищам РАО. Роль природ. аналогий охарактеризована на прим. основ. процессов и сценариев миграции радионуклидов в кристал. породах, глинистых и соляных образованиях. Исполыз. аналогий рассмотрено применительно к коррозии контейнеров РАО, растворению РАО в различ. формах, физ. и хим. стабильности заполняющих и заделоч. материалов, переносу радионуклидов в глинах, окисл.-восстанов. условиям в

ГВ, процессам сорбции и удержания радионуклидов, перемещение радионуклидов в биосфере и т. д.

669. *Ohe T.* Results of the EC round robin test performed in Central Research Institute of Electric Power Industry = Результаты испытаний хранилища радиоактивных отходов // Quart. Abstrs. / Cent. Res. Inst. Elec. Power Ind. - 1989. - N 48. - P. 6.

Изложены результаты испытаний хранилища РАО, провед. в CRIEP1. Были выполнены эксперименты по выщелачиванию при 90°C и атмосфер. давлении в течение времени до 1 г. Использовалось стекло SON 68 17 вместе с наполнителем, имитирующим РАО. Результаты сопоставлялись с ранее получ. в проекте JSS, где использовались РАО. Утверждается, что нет больших различий между сериями данных.

670. *Pigford T.H, Chambre P.L.* Near-field mass transfer in geologic disposal systems: A review = Обзор методов расчета массопереноса радионуклидов из радиоактивных отходов, удаленных в геологические формации // Sci. Basis Nucl. Waste Manag. XI: Symp., Boston, Mass., Nov. 30 - Dec. 3, 1987. - Pittsburgh (Pa), 1987. - P. 125-141.

Дан обзор теор. подходов к задаче прогнозирования выхода радионуклидов в зону, прилегающую к захорон. твердым РАО. Решение этой задачи позволяет определить параметр ист. выброса для оценки последствий выбросов в более широких масштабах. Рассмотрены методы оценки транспортировки радионуклидов через геол. формации в ОС, методы расчета скорости прохождения радионуклидов в скальных породах, геол. структурах и оценки макс. скопления радионуклидов в грунтовых и поверхност. водах.

671. *Ranking remedial action technologies* = Технологии важнейших восстановительных мер [в местах захоронения опасных отходов] / S.R. Pack, T.J.P. Witherspoon, D.B. Hunsaker et al. // Hazardous Waste and Hazardous Mater. - 1987. - Vol. 4, N 4. - P. 376.

Хранилища отходов, в т. ч. и РАО, опасны для ОС. При восстанов. работах в таких местах захоронения необходимо оценить эффективность намеч. к исполъз. технологий, воздействие окончат. результатов на здоровье населения и ОС, а также стоимость работ по внедрению таких технологий. Одним из возмож. способов выбора оптим. варианта технологии, является исполъз. модифицир. аналит. иерарх. процесса, позволяющего в качестве исход. данных использовать как количеств., так и качеств. характеристики отходов и технологий с учетом их воздействия на ОС. Применение аналит. иерарх. процесса предполагает: 1 - развитие иерархии критериев, используемых для определения степени риска и выгоды от применения альтернатив. способа переработки отходов; 2 - определение степени значимости каждого критерия; 3 - развитие альтернатив. по отношению к критерию решений; 4 - определение экон. эффективности для каждого альтернатив. варианта. Целесообразность применения аналит. иерарх. процесса продемонстрирована на прим. 4 закрытых мест захоронения традиц. типов хранилищ для твердых и жид. РАО. Исследовалось 2 альтер-

натив. варианта: экскавация всей массы отходов и сохранение хранилищ в существующем виде. Получ. результаты показали, что оба варианта примерно равноценны, если отсутствует миграция загрязняющих в-в. Иначе они подтвердили, что там, где загрязнение, по крайней мере в течение ближайших 10 лет, не представляет особого вреда для здоровья населения и ОС, усилия должны концентрироваться не на разработке способов удаления отходов, а на разработке методов для их переработки на территориях существующих мест захоронения.

радиоактивные отходы; опасные отходы; места захоронения; восстановление; технологии; оптимизация; аналитические методы; выбор; степень риска; экономическая эффективность; США

672. *Reliability of radioactive transfer models*: Proc. Workshop "Meth. Assess. Reliab. Environ. Transf. Model Predictions" = Надежность моделей переноса радиоактивности / Ed. Desmet G. - L.; N.Y.: Elsevier, 1988. - 354 p.

Обзор общих методов и оценок надежности предсказаний распространения радиоактивности. Нек-рые разделы посвящены обмену радиоизотопами между землей и воздухом, анализу переноса радионуклидов в назем. условиях, в пресновод. назем. и подзем. резервуарах, в мор. и океан. водах с участием соотв. экосистем.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование

673. *Rzyski B.M., Suarez A.A. Evaluation of homogeneity of radioactive waste forms: statistical criteria* = Оценка гомогенности форм радиоактивных отходов: статистические критерии // Nucl. and Chem. Waste Manag. - 1988. - Vol. 8, N 3. - P. 211-215.

Целью солидификации отходов, в т. ч. РАО, является преобразование их в стабильную монолит. форму, обеспечивающую минимизацию вероятности утечки радиоактив. изотопов в ОС во время промежуточ. складирования, транспортировки и окончат. удаления РАО. Солидифицир. РАО должны быть химически, механически, термически и радиолитически стабильны, для обеспечения сохранности формы в течение времени, необходимого для разложения до уровня входящих в их состав радиоизотопов. Одно из наиболее важных физ. св-в, необходимых для создания любой иммобилизующей матрицы, - гомогенность, играющая большую роль в процессе солидификации и длит. хранения РАО. Такие св-ва иммобилиз. РАО, как плотность, пористость, степень выщелачиваемости, распад матрицы, проницаемость, прочность на сжатие, теплопроводимость и т. п. не могут быть достаточно просто и точно исследованы, если матрица не гомогенна. Предлагается набор статист. тестов для оценки хим. гомогенности матриц РАО, основывающийся на использ. в кач-ве меченых атомов, по конц-ям к-рых в различ. уч-ках формы определяется ее гомогенность, природ. ториевых и урановых соединений ( $UO_2(NO_3)_2$ ,  $ThO_2$ ), имитирующих растворимые и нерастворимые РАО.

радиоактивные отходы; химическая гомогенность; оценка; статистические критерии; отверждение; Бразилия

674. *Tait J.C., Hayward P.J.* Technologies for the containment, immobilization, and disposal of radioactive wastes = Технологии герметизации, нейтрализации и удаления радиоактивных отходов // Can. J. Civ. Eng. - 1989. - Vol. 16, N 4. - P. 444-458.

Обсуждаются реализуемые Atomic Energy of Canada Limited программы по переработке и безопас. удалению РАО широкого спектра образования. Описаны материалы и процессы для нейтрализации и герметизации ВАО, изучен состав, микроструктура и механизмы растворения компонентов ОЯТ в условиях, соотв. природ.; эксперименты по изучению выщелачиваемости образцов в различ. вод. средах при 25-150°C и опыты с различ. комбинациями контейнер., буфер. и скальных материалов для изучения возмож. взаимодействий этих компонентов. Для отверждения РАО испытаны: боросиликат. стекло ( $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{X}$ , где X - отходы топлива и второстеп. добавки); алюмосиликат. стекло ( $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{X}$ ) и стеклокерамика на основе  $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Ca}-\text{TiO}_2-\text{SiO}_2-\text{X}$ . Рассмотрены прогр. по удалению НАО и САО с объемом в Канаде свыше 50 тыс. м<sup>3</sup> и ежегод. приросте ~ 3 тыс. м<sup>3</sup>. Превалируют 3 концепции удаления: захоронение в песчаных траншеях для РАО с временем распада < 150 лет; использ. интрузионно-устойчивых подзем. структур для РАО с временем распада < 500 лет; захоронение в полостях горных пород - для РАО с временем распада более 500 лет. Описаны критерии выбора мест для их удаления отходов и требования к конструкциям полигонов.

радиоактивные отходы; герметизация; нейтрализация; удаление, захоронение; программы; Канада; обзоры; Atomic Energy of Canada Limited

1990

675. *Bemer U.* A thermodynamic description of the evolution of pore water chemistry and uranium speciation during the degradation of cement = Термодинамическая модель захоронения низко- и среднеактивных цементированных отходов // PSI Ber. - 1990. - N 62. - P. I VIII, 1-68.

Обзор. Предложена методология термодинам. подхода к долгосроч. прогнозированию изменения характеристик цементосодержащих компонентов могильников НАО и САО (матрица РАО, элементы конструкции, буфер. материалы). В рамках этой методологии разработан целый ряд моделей, описывающих отд. техн. аспекты эволюции могильника, включая гидратацию цемента, термодинам. характеристики  $\text{Ca}/\text{Si}$ -гидратов, деградацию гидратир. цементов под воздействием ГВ, комплексобразование с участием радионуклидов и др. Приведено крат. описание этих моделей с установлением взаимосвязей между ними для их кооптации в интегрир. модель могильника. Произведена оценка достоверности модельных представлений о механизмах хим. процессов в зоне захоронения и намечены пути по дальнейшему совершенствованию модели.

676. *Berg H.P., Ehrlich D., Illi H.* The German waste repository Konrad = Хранилище отходов Конрад в Германии // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989. - Paris, 1990. - P. 167-174.

Описан подход к оценке безопасности уч-ка проектируемого хранилища отходов Конрад (заброш. железоруд. шахта в Ниж. Саксонии). Задача

оценки показать безопасность хранилища как на стадии загрузки, так и после его закрытия, а также обосновать достаточность ср-в для этого. Приводится обоснование безопасности хранилища после его закрытия на основе описания геол. и гидрогеол. условий, а также различ. моделей для расчета динамики подзем. вод. В расчетах использованы различ. прогр. числ. моделирования. Конеч. этапом мат. моделирования является прогнозирование масштабов миграции радионуклидов в биосферу.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Германия; Конрад; Нижняя Саксония

677. *Bestimmung toxischer organischer Bestandteile in radioaktiven Abfällen* = Определение токсичных органических компонентов в радиоактивных отходах / J. Forschungszentrum, J. Fachinger, S. Dix et al. // Ber. - 1990. - N 2383. - P. I-IV, 1-129.

В ФРГ 99% РАО - НАО. В основ. это сточные воды. Исследована пробл. РАО на прим. модельных соединений. Использовали модельные в-ва, отвержд. цементом. Часть проб облучали гамма-дозами и исследовали влияние РИ. Затем пробы измельчали и продукты распада исследовали методом газовой хроматографии и масс-спектрометрии. Установлено, что экстракция орган. в-в н-гексаном после 2 часов заканчивается. Описано распределение РАО, состав их, методы отверждения, радиоактив. распад орган. в-в. Охарактеризованы модельные в-ва -  $CCl_4$ , ТБФ, гексахлорциклогексан, ПАУ, хлорир. аромат. соединения. Описан анализ газовой фазы облуч. проб, количеств. анализ необлуч. проб с моделир. субстанцией на основе ТБФ, гексахлорбензола, фторидов, пирена, трихлорбензола. Предлож. метод анализа эффективен для определения микроколичеств орган. в-в.

низкорadioактивные отходы; сточные воды; токсичные органические вещества, содержание; методы определения; исследования; ФРГ

678. *Borgesson L. Laboratory testing and computer simulation of clay barrier behaviour*: [Pap.] 9th Int. Clay Conf., Strasbourg, 1989 = Лабораторные испытания и компьютерное моделирование поведения глинистого барьера // Sci. geol. - 1990. - N 87. - P. 117-126.

Поведение глинистого буфера в хранилище и взаимодействие между буфером, вмещающей породой и канистрой моделировали математически методом конеч. элементов. Предварительно в лаборатор. условиях были получены данные на физ. (материальных) моделях и определены факторы мат. моделей. Результаты нек-рых расчетов проверяли испытаниями на крупномасштаб. физ. моделях. Приведены результаты определения реолог. и физ. св-в обогащ. смектитом глин. Описан ряд физ. моделей, могущих служить базой расчетов методом конеч. элементов. Рассмотрено влияние движения пород на глины и канистру и влияние ползучести на положение канистры в глине.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование

679. *Carnahan C.L. Modeling of coupled geochemical and transport processes: an overview* = Обзор моделей по совместному описанию процессов геохимических превращений и переноса веществ // C. r. Symp. anal.



surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 557-567.

Оценка безопасности хранилищ РАО зависит от способности исследователей учитывать процессы превращений в-в, входящих в состав вмещающих пород и флюидов, материала упаковок и контейнеров и отработ. горячего и их переноса в естеств. процессах обмена. Рассмотрены фундам. соотношения, связывающие процессы распространения компонентов в полифаз. открытой системе с гомог. и гетерог. хим. и фазовыми переходами. Отмечаются 2 направления в решении нек-рых част. задач. 1-й из этих подходов именуется 2-шаговым, 2-й - 1-шаговым. В 1-м сначала решается транспорт. задача для консерватив. компонента, и решение используется для анализа хим. превращений. К числ. схем., реализующим этот подход, отнесены пакеты CHEQMATE, DYNAMIX, TRANQL. Во 2-м - процессы переноса и превращения рассматриваются одновременно. Среди извест. пакетов, реализующих этот подход, отмечены THCC и CHEMTRN. Специф. пробл. возникают при учете процессов теплопереноса и неравновесности развития хим. (фазового) превращения. Подчеркивается, что ценность построений в огром. степени зависит от возможности получения и доступности эмпир. оценок констант переноса и р-ций. Успеш. использ. систем зависит от глубины сотрудничества исследователей-теоретиков и экспериментаторов.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; геохимия; моделирование

680. *Chino K., Funabashi K., Kikuchi M.* Diffusion Behavior of Cesium, Strontium and Cobalt in Pellet Waste Package = Диффузия цезия, стронция и кобальта в гранулированных отходах // J. Nucl. Sci. and Technol. - 1990. - Vol. 27, N 11. - P. 1033-1040.

681. *Development of the LISA code* = Развитие программы LISA / A. Saltelli, T. Homma, P. Prado, C. Torres // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 639-648.

Изложена история создания и использ. пакета прогр. числ. моделирования LISA, применяющихся при оценке глин как среды захоронения (Бельгия), в исслед. Рабочей группы по океан. дну, в создании новых программных продуктов для моделирования (Испания) и др. Описаны дополнения пакета: submodule VAULT и новый модуль "Геосфера". Особенностью submodule VAULT является возможность оценивать растворимость хим. элемента с учетом изотоп. состава. Модуль "Геосфера" используется взамен прежней прогр. TROUGH. Разрабатывается более дружеств. драйвер, к-рый считывает вход. файл и генерирует высказывания на Фортране, необходимые для последующих шагов обработки. Ощущается потребность в усовершенствовании модульной структуры пакета и в более строгих процедурах оценки кач-ва результатов.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование

682. *Eikenberg J.* On the problem of silica solubility at high pH = Растворимость кремния в водных растворах с высокими значениями pH // PSI Ber. - 1990. - N 74. - P. 1-54.

Дан обзор состояния пробл. прогнозирования геохим. характеристик среды при ее контактировании с НАО и САО в захоронениях, при орг-ции к-рых использованы цементосодержащие материалы (матрицы РАО, строит. сооружения). На основе крит. анализа многочисл. опублик. данных предложена геохим. модель вод. системы  $\text{Na}_2\text{O}-\text{H}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ , описывающая поведение кремнезема и кварца в вод. р-рах с высокими значениями pH (вплоть до 13). Описан концептуальный подход к ее разработке, учитывающий различ. формы связывания кремния. Предлож. модель и составл. на ее основе расчетная прогр. применены при параметр. исслед. растворимости кремния в водных р-рах при различ. значениях pH, результаты к-рого представлены и детально обсуждены.

683. *Fukui Masami.* Факторы, определяющие коэффициенты распределения при оценке воздействия на окружающую среду могильников радиоактивных отходов // Нихон гэнсиреку гаккайси Jap. = J. Atom. Energy Soc. - 1990. - Vol. 32, N 2. - P. 30-36.

Обсуждены вопр. определения коэф. распределения для оценки миграции радионуклидов в твердо-жидкост. средах из могильников РАО. Коэф. распределения - слож. ф-ция, зависящая от различ. факторов хим. и физ. процессов: отношение твердых и жид. фаз, pH-Eh, наличия оксидов, биол. сред, возраст. показателей сред и т. п. Представлены результаты определения подоб. коэф. в лаборатор. условия.

684. *Knowles N.C., Lowe N.J.S.* On the reliability of predictions of geomechanical response - project COSA in perspective = О надежности предсказаний геомеханической реакции [соли] в рамках перспектив реализации проекта COSA // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 749-759.

Проект COSA претворяется в жизнь по инициативе Комис. ЕС как узловой элемент испытания компьютеризир. пакетов прогр., ориентир. на описание термомех. поведения соляных пород в окрестности камер складирования ядер. отходов. Сопоставлялись 10 пакетов независимых групп исследователей из разных стран Европы. На 1-м этапе пакеты проверяли на мат. корректность. В дальнейшем оценивали способность каждого пакета предсказывать термомех. изменения в соли с помощью полевых испытаний в шахте Ассе, Германия. Группы исследователей, прогнозирующие это поведение, имели полную исход. информ. об условиях эксперимента, но не имели доступа к текущему его результатам. Достигнута сходимость прогноза результатов на длит. времена. Исслед. в рамках проекта продолжаются.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; проект COSA

685. *Langer M.* Geowissenschaftliche und geotechnische Aspekte der Langzeitsicherheit von Endlagern = Научные и технические аспекты проблем безопасности при захоронении радиоактивных отходов // Atomwirt.-Atomtechn. - 1990. - Bd 35, N 3. - S. 142-147, A56, A58.

Исходя из принципа многобарьер. защиты (упаковки, засыпки и уплотнения буровых скв., геол. образования) удаляемых РАО, проанализированы науч. и техн. аспекты пробл. безопасности при захоронении их в геол. формациях. Отмечено при этом, что практ. осуществление и проведение подобных концептуальных исслед. связано с многочисл. сложностями и привлекает к себе внимание в междунар. масштабе (прогр. Gru Si, проект Eurocodes, концепция SIA 260). Рассмотрены особенности разработки SIA 260 (Инж.-архитектур. о-ва Швейцарии), анализирующей на основе использ. геомех. моделей и прогр. расчета ANSALT соврем. состояние пробл. безопасности при захоронении РАО как в буровых скв., так и в расщелинах геол. формаций. Показано, что большинство концепций предусматривает: исслед. эффективности отдельных защит. барьеров на основе вероятност. анализа фактора риска для техн. систем, оценки мех. устойчивости горно-проходческих сооружений, а также прогнозирования геохим., гидрогеол. и тектон. процессов в геол. формациях; изучение физ. и геохим. процессов при хранении РАО, в т. ч. явлений коррозии упаковок, влияние разогрева, выщелачивания, термомех. деформаций горных пластов; сравн. анализ совмест. воздействия различ. барьеров при определении теорет. мыслимых чрезвычайных аварийных происшествий, могущих привести к выбросам радиоактивности в ОС.

*686. Marsily G. de. Sources of errors and uncertainty in the prediction of the geologic behaviour of a nuclear waste repository = Источники ошибок и неопределенности в предсказаниях результатов взаимодействия хранилища ядерных отходов с вмещающей геологической средой // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 621-626.*

Приведены прим. сопоставления гидродинам. расчетов взаимодействия хранилища ядер. отходов с ОС и практ. наблюдений такого взаимодействия за 10-летний срок хранения. В результате анализа и обобщения результатов в кач-ве основ. ист. погрешностей предсказаний названы: 1) невозможность прогнозирования климат. условий и деятельности человека, приводящих к изменению гидравл. уклонов напор. поверхности и трансформации систем подзем. течений; 2) недоучет влияния на процессы перераспределения флюидов и в-ва образований малой проводимости, к-рые могут находиться в состоянии релаксации от воздействий на них, имевших место тысячелетия назад, 3) неполнота в оценках значений параметров системы, в частности, недоучет их вариаций во времени и изменчивости в пространстве.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование

*687. Matalucci R.V. In situ testing at the U.S. department of energys waste isolation pilot plant = Экспериментальная программа WIPP, США // Tunnel. and Underground Space Technol. - 1990. - Vol. 5, N 1-2. - P. 119-139.*

Дан развернутый обзор прогр. НИР, разработ. применительно к эксперим. могильнику WIPP для обоснования безопасности захоронения РАО воен. пром-сти в подзем. соляных пластах. Площадка WIPP находится в 40 км юго-восточнее Карлсбада (шт. Нью-Мексико, США) на глубине 659 м. Прогр. предусмотрено 3 основ. направления исслед.: термомех. характеристики; характеристики контейнеров РАО; обработка технологии консервации

92

могильника. Ряд планируемых испытаний практически дублирует лаборатор. эксперименты, что позволяет проверить правильность ранее сдел. прогнозов. Др. часть испытаний связана с оценкой эффективности предлагаемой конфигурации реального могильника. Реализация прогр. рассчитана гл. обр. на 90-е гг., но не исключается возможность исполъз. WIPP для обработки и совершенствования др. концепций могильников.

*688. Modelling heat transfer near a deep underground nuclear waste repository: A discussion of boundary conditions:* [Pap.] Conf. "ModelCARE 90: Calibr. and Reliab. Groundwater Modell." The Hague, 3-6 Sept., 1990 = Моделирование теплопередачи вблизи глубинных подземных хранилищ для радиоактивных отходов: обсуждение граничных условий / J.M. Bодenes, L. Dewiere, P. Oustriere et al. // IAHS Publ. - 1990. - N 195. - P. 373-384.

При описании моделей теплопередачи в условиях подзема. захоронения РАО не всегда приводятся гранич. условия, хотя важность их правильного выбора очевидна. Основ. вопр., относящимися к гранич. условиям и процессам, контролирующим поле тем-р, являются: тип гранич. условий на поверхности (фиксир. тем-ра или слож. энергет. баланс); изменение геотерм. потока в зависимости от глубины (вследствие мест. выделения тепла при распаде РВ); мин. расстояние, соотв. боковым границам; роль процессов циркуляции в вышележащих водонос. горизонтах; значение конвективной теплопередачи в условиях низкой проницаемости трещиноватых формаций. Установлено, что при удалении РАО в глубин., насыщ. породы должна применяться кондуктив. модель процесса теплопередачи с гранич. условиями: фиксир. среднегодовая тем-ра на зем. поверхности; нулевой поток на боковых границах и геотерм. поток на ниж. границе (расположение границ является ф-цией требуемой точности вычислений).

радиоактивные отходы; глубинные подземные хранилища; теплопередача; граничные условия; моделирование; исследования; США

*689. Morner N.-A. The Swedish failure in defining an acceptable bedrock repository for nuclear waste deposition = Шведская концепция вмещающих пород для захоронения радиоактивных отходов несостоятельна // Geol. foren. Stockholm forhandl. - 1990. - Vol. 112, N 4. - P. 375-380.*

На нац. и междунар. уровнях заявлялось, что Швеция имеет концепцию безопас. хранения ВАО в кристал. породах, что поддерживается руководством швед. ядер. энергетики. Эти заявления ошибочны. Многочисл. факты свидетельствуют о том, что реальные геол.-геодинам. характеристики кристал. массивов Швеции сильно отличаются от моделируемых и прогнозируемых. Критикуется кач-во выполн. ранее долгосроч. сейсм. прогнозов, отмечается слабая изученность неотектоники и геодинам. последствий ледниковой деятельности. Уровень изученности недостаточен для качеств. прогнозирования надежности среды захоронения.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Швеция

*690. Natural analogues in performanse assessments for the disposal of long lived radioactive wastes = Естественные аналоги подземных захоронений радиоактивных отходов // Nucl. Energy. - 1990. - Vol. 29, N 3. - P. 168.*

Дан крат. обзор основ. положений техн. докл. МАГАТЭ, посвящ. пробл. прогнозирования длит. безопасности подзем. захоронения РАО. Основ. внимание в докл. уделено обсуждению вопр. правомочности испльз. в этом случае информ. о характеристиках естеств. аналогов захоронения, в частности: затопл. старин. медные пушки - аналог поведения медных контейнеров с РАО типа KBS-3; залежи урановой руды под оз. Cigar (Канада) аналог захоронения ЯТ; исслед. переноса изотопов урана ГВ - аналог механизма миграции радионуклидов.

691. *Quality assurance for safety assessment of radioactive waste repositories* = Гарантия качества при оценке безопасности хранилищ радиоактивных отходов / I. Hill, H. Unsworth, N. Cadelli, B. Thompson // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 767-776.

Необходимо формирование уровня доверия ко всем операциям оценки радиац. безопасности хранилища, в т. ч. компьютеризир. моделям, прогнозирующим взаимодействие хранилища со средой вмещения. В рамках моделирования основ. внимание должно быть уделено адекватности мат. схем. исход. физ. процессам, соответствию программных пакетов мат. модели и профессион. уровню испльз. пакетов. На прим. показано, с какими трудностями сталкивается обеспечение гарантией кач-ва программного пакета оценки, базирующейся на схем. вероятност. риска.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование

692. *Rastogi R.C., Marayan P.K., Mathur R.K. Safety assessment of shallow and deep repositories for radioactive solid waste storage/disposal* = Оценка безопасности сооружений неглубокого и глубокого захоронения твердых радиоактивных отходов // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 145-155.

Изложены сведения о системах хранения и захоронения РАО, многобарьер. концепции, характеристиках хранилища неглубокого и глубокого заложения. Изложен подход к радиологии хранилищ указ. типов, принятый в Бомбейском центре ядер. исслед. (Индия). Показано испльз. аналит. моделей миграции радионуклидов, приведен ряд результатов.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; твердых; Индия; Бомбейский центр ядерных исследований

693. *Robeau D., Laporte J., Peres J.H. Analyse de sensibilite de la dose aux parameters radiologiques associes a une biosphere* = Анализ чувствительности дозы излучений радионуклидов к параметрам переноса и распределения в биосфере // Ibid. - P. 978-986.

Изложены попытки проанализировать чувствительность оценок скорости распространения радиоактивности вследствие миграции радионуклидов  $^{79}\text{Se}$ ,  $^{99}\text{Tc}$ ,  $^{135}\text{Cs}$ ,  $^{237}\text{Np}$  в биосфере к изменчивости коэф. переноса и распределения этих изотопов в различ. средах и определить возникающую в связи с этим размытость оценок. Выявлены наиболее существ. пути распространения этих радионуклидов в биосфере, и оценена относит. роль различ. процессов переноса в моделировании. Неясны масштабы переноса

рассматриваемых радионуклидов в процессах миграции рыб и очень ненадежны - оценки коэф. их распределения между пресными водами и их осадками.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

694. *Ruckel H.* Konzepte für Abschluss von Einlagerungskammern = Заключение о камерах-хранилищах по захоронению радиоактивных отходов в Германии // Veroff. Inst. Grundbau, Bodenmech., Felsmech. und Verkehrswasserbau RWTH, Aachen. - 1990. - N 18. - S. 136-156.

В процессе захоронения в течение неск. 10-летий твердых РАО на шахте Конрад (Германия) отработана технология сооружения подзем. камер-хранилищ в старых горных выработках по добыче желез. руды на глубинах 800-1300 м с нек-рой их подработкой. Благоприят. фактором для хранения РАО на шахте является наличие вмещающих пород с низк. коэф. фильтрации подзем. вод ( $10^{-7}$  м/с), а также перекрывающих почти водонепроницаемых плотных глинистых пород. Описывается схем. подзем. горных выработок на шахте, где размещаются автомат. датчики слежения за температур. режимом. Разработаны 2 модели подзем. камер-хранилищ, различающиеся методом бетонир. закладки пустых пространств, анкер. креплением, размером молотой горной породы и мощностью перекрывающих слоев над контейнерами.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Германия; Конрад

695. *Sargent F.P., McKinly I.G.* Geochemical and chemical data and modelling for the safety assessment of geological disposal of high-level nuclear waste = Геохимические и химические данные и моделирование для оценки безопасности геологического размещения высокоактивных ядерных отходов // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 543-556.

Обзор последоват. поведения высокоактивных радионуклидов в инж. изолирующем сооружении (контейнер-уплотн. бентонит-глинистый наполнитель) в зоне ближ. поля, где рН и окисл.-восстан. потенциал стабилизируются влиянием бентонита и упаковки, и в случае нарушения герметичности инж. защиты при взаимодействии радионуклидов с подзем. водами. Рассмотрена роль растворимости отдельных изотопов, их сорбции и десорбции при транспортировке в р-не ближ. и дальнего поля, оценивается влияние органики в процессах комплексобразования и формирования коллоидов, отмечена возможность влияния на перенос радионуклидов бактерий. деятельности, а также состава вод. р-ров. Оценено состояние БД по термодинам. константам, необходимым для расчетов по прогнозированию геохим. поведения радионуклидов. Несмотря на достижения в обл. формирования БД, существует еще широкое поле неопределенности при моделировании взаимодействия радионуклидов с природ. средами.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные

696. *Secondary phase formation during nuclear waste-glass dissolution* = Образование вторичной [минеральной] фазы при растворении стекла с

ядерными отходами / T.A. Abrajano, J.K. Bates, A.B. Woodland et al. // Clay and Clay Miner. - 1990. - Vol. 38, N 5. - P. 537-548.

При эксперим. моделировании выветривания стекла, предназнач. для фиксации ядер. отходов, образующиеся вторич. минералы идентифицировали методами аналит. электрон. микроскопии. Изучали стекло из зоны, огранич. поверхностью раздела (прямой контакт с растворителем) и фронтом замет. хим. изменений, вызываемых мигрирующим в стекло растворителем. На поверхности растворяемого стекла осаждаются оксиды и гидроксиды Fe и Mn, а также сапонит. В виде полос на неск. уровнях от поверхности в стекле зафиксированы Fe-содержащий смектит, серпентин, оксиды и гидроксиды Mn и U-Ti; эти фазы формировались *in situ*. Для указ. полос наблюдается отчетливая тенденция усиления степени структур. орг-ции и кристалличности вторич. минералов в направлении к поверхности; кристалличность связана со временем формирования минералов и отсутствует на свежих поверхностях стекла. Помимо поглощения U осаждающимися фазами, существует и отдельная U-содержащая осажд. фаза. Образование стабильных актинидных фаз - альтернатива ион. обмену в механизмах задержки радионуклидов.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; методы исследования

697. *Sinclair J.E.* Probabilistic safety assessment: work for UK Nirex Ltd = Наиболее вероятные оценки безопасности работы для компании NIREX Ltd, Великобритания // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 987-994.

Оценки выполнены спец. пакетом прогн. MASCOT-3, ориентир. на анализ распространения загрязнений в процессах вод. миграции. С помощью пакета специально для компании Nirex Ltd выполнены расчеты изменения радиоактивности в окрестности характерных уч-ков складирования, включающих захоронение в древних комплексах в условиях слабо расчлен. рельефа, в прибрежных р-нах с наклоном пластов в сторону моря, на небольших необитаемых островах, в породах фундамента в пределах акваторий. Изучалось распространение изотопов  $^{129}\text{I}$ ,  $^{126}\text{Sn}$ ,  $^{135}\text{Cs}$ ,  $^{238}\text{U}$  и продуктов их распада ( $^{226}\text{Ra}$  и  $^{233}\text{U}$ ) на территориях и акваториях с аркт., мор. и субконтин. климатом. Из предвар. заключений следует, что лишь часть радионуклидов вносит существ. вклад в распространение радиоактивности и что этот процесс очень чувствителен к вариациям параметров переноса, в частности, к периоду обращения воды. Радиоактив. заражение в окрестности мор. захоронений на 3-4 порядка ниже, чем в окрестности назем.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование; Великобритания

698. *The influence* of penetrating gamma radiation on the reaction of simulated nuclear waste glass in tuff groundwater = Влияние проникающего гамма-излучения на взаимодействие остеклованных ядерных отходов (имитация) и подземных вод туфов / W.L. Ebert, J.K. Bates, T.A.(Jr) Abrajano,

T.J. Gerding // Nucl. Waste Manag. III. - Westerville (Ohio), 1990. - P. 155-164.

Влияние гамма-излучения изучалось в ходе стат. эксперимента (т. е. с неподвиж. жид. фазой) по выщелачиванию стекла подзем. водами при 90°C. Исследован состав как продуктов выщелачивания, так и измен. стекла. Показано, что гамма-облучение повышает кислотность р-ра, однако высокие исход. содерж. бикарбонатов предупреждают падение рН ниже 6,4. Р-ции со стеклом способствуют повышению рН. Сравнивается 2 вида использ. стекол (SRL 165 и PNL 76-68). В 1-м случае влияния облучения практически нет, а само стекло химически устойчиво. Устойчивость стекла PNL гораздо ниже, причем она снижается при увеличении дозы облучения, что объясняется снижением рН.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; остеклованные

699. *The use of expert judgments in performance assessment of HLW repositories* = Экспертиза расчетно-экспериментального обоснования безопасности захоронения радиоактивных отходов [США] / E.J. Bonano, S.C. Hora, R.L. Keeney, W.D. Von // C. r. Symp. anal. surete depots dechetsn radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN - AIEA - CCE. - Paris, 1990. - P. 665-672.

Обобщен опыт практ. применения эксперт. оценок при прогнозировании характеристик могильников ВАО и дана оценка их роли при расчетно-эксперим. обосновании безопасности могильников. Эксперт. оценки касаются вопр.: оценка числ. параметров, фактол. оценка, идентификация доминирующих факторов, селекция концепций и сценариев и т. п. Обсуждены методол. аспекты регламентации процедур эксперт. оценок применительно к 5 основ. этапам расчетно-эксперим. обоснования безопасности захоронения РАО; разработка и селекция сценариев, разработка геотехн. модели, оценка неопределенности параметров, сбор информ., концептуальные решения.

700. *Thorne M.C., Laurens J.-M. The development of an overall assessment procedure incorporating an uncertainty and bias audit* = Разработка общей процедуры оценки, включающей неопределенность и проверку смещения // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 673-681.

В оценках радиол. безопасности хранилищ после их закрытия часто не учитывают наличие концептуальной неопределенности и системат. ошибок (смещений). Это касается и расчет. моделей, включ. в сценарии. Предложена процедура оценки, включающая полную проверку неопределенности и смещения. С помощью процедуры показаны возможности исслед. широкого диапазона вероятностей, повышения эксплицитности моделей. Ведется дальнейшее опробование процедуры.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

701. *Transient diffusion from a waste solid into water-saturated, fractured porous rock* = Диффузия в переходном режиме из твердого вещества отходов в насыщенную трещиноватую пористую породу / J. Ahn, P.L. Chambre, T.H. Pigford, W.W.-L. Lee // Ibid. - P. 886-892.



Приведены числ. иллюстрации переход. массопереноса из бесконечно длин. цилиндра, пересеч. плоской трещиной. За основу взяты точные аналит. решения Chambres P.L. (1982-1983). Конц-я на поверхности цилиндра ограничивается растворимостью. В трещине загрязняющий компонент диффундирует в радиальном направлении. В матрице породы диффузия принята 3-мерной в цилиндр. координатах. Адвекция отсутствует, радиоактив. распад и сорбц. равновесие учитываются. Радиоактив. распад усиливает массоперенос от цилиндра. Из-за наличия трещины массоперенос от цилиндра в породу уменьшается, однако эффект трещины ограничен в пространстве и времени.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

702. *Tsang C.-F.* A broad view of model validation = Широкий взгляд на оценку дееспособности модели // *Ibid.* - P. 707-716.

Оценка безопасности хранилищ РАО базируется на исслед. моделей, призван. отразить реальное строение среды в окрестности хранилища и текущие в ней процессы. Каждая из использ. моделей требует спец. оценки репрезентативности отражения. Для этого тщательно анализируются все шаги в процессе формирования модели: обобщение факт. материалов по уч-ку предполагаемого захоронения, создание концептуальной схем. и разыгрывание возмож. сценариев развития уч-ка, введение схем. инж. решения хранилища, формулировка систем количеств. описания процессов в сформиров. человеком природ. среде, решение этих систем, оценка неопределенности решений и сопоставление результатов расчетов с полевыми наблюдениями. Анализ репрезентативности включает оценку уровня коррелированности наблюдений, участие неск. независимых групп исследователей в формировании моделей, ознакомление заинтерес. общественности с результатами моделирования.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование

703. *Vovk L.F., Cramer J.J., Curtis D.B.* New coordinated research in geochemistry of long-lived transuranic actinides and fission products = Новая скоординированная программа исследований геохимии долгоживущих трансураниевых актинидов и продуктов деления // *C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact.*, Paris, 9-13 oct., 1989 / AEX-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 972-977.

В 1987 г. МАГАТЭ приняло междунар. прогр. (длительностью 5 лет) исслед. "Геохимия долгоживущих трансураниевых актинидов и продуктов деления". Ее основу составляют 3 направления: разработка рабочей гипотезы, применительно к лаборатор. исслед.; проверка рабочей гипотезы преимущественно на основе полевых исслед.; моделирование переноса. В прогр. задействованы коллективы и ученые из 10 стран (Австралия, Канада, Китай, Германия, Япония, Нидерланды, Польша, Швеция, Великобритания, США). 1-е координац. совещ. состоялось в 1988 г. при Геол. службе Великобритании. Выделены важные направления: геохимия и механизмы миграции Тс, I, Np и Pu в геол. среде; взаимодействие р-ров с породами; коллоид. перенос, влияние радиолитиза на рН и подвижность многовалент-

ных радионуклидов; диффузия в матрицу; роль минералов и орган. компонентов вмещающих пород в миграции.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; геохимия

704. *Wilson C.N., Bruton C.F.* Studies of spent fuel dissolution behavior under Yucca Mountain repository conditions = Изучение процессов растворения использованного топлива в условиях, имитирующих условия хранилища Юкка-Маунтин // Nucl. Waste Manag. III. - Westerville (Ohio), 1990. - P. 423-441.

Сравнивались эксперим. и расчет. данные по конц-ям раствор. радионуклидов. Эксперим. данные получены при испытаниях на растворимость образца использ. топлива ЯР в воде, отобр. из скв. f-13 на полигоне в Неваде. Расчет. равновес. конц-и получены на основе числовой геохим. модели EQ3/6. Установившиеся конц-и актинидов в лаборатор. экспериментах ниже, чем в требованиях Ядер. нац. комис. (NRC). Обсуждаются различия эксперим. и расчет. конц-ий актинидов как следствие таких факторов, как тем-ра (от 25 до 90°C), фильтрация в образце, летучесть кислорода, осаждение вторич. фазы, кач-во термодинам. данных. В противоположность актинидам конц-и продуктов деления в лаборатор. экспериментах имеют тенденцию к постеп. росту со временем.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США

705. *Wohanka A.E.* Untersuchungen zum Transport von Radionukliden im Bereich der Kammerabschlussbauwerke = Исследования транспортировки радионуклидов применительно к бункерам для хранения в горных породах // Veroff. Inst. Grundbau, Bodenmech., Felsmech. und Verkehrswasserbau RWTH, Aachen. - 1990. - N 18. - S. 94-135.

Проведены детальные исслед. размерности зерен РАО, поступающих в бункеры для их дальнейшего захоронения в глубоких подзем. горных выработках железоруд. шахты Конрад в Германии. Кроме изучения гранулометр. состава РАО, выясняли сыпучесть зерен, коэф. сцепления частиц, плотность и др. физ.-мех. св-ва. При исслед. применяли новейшую лаборатор. технику, в частности, растровый спектрометр. При изучении фракционности зерен РАО использовали сухие и мокрые методы. Поступающий материал имел размерность более 45 мкм (100%). Разработаны 2 модели хранения РАО. Описаны их конструкции, даны прогноз. расчеты.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; горные породы; Германия; Конрад

1991

706. *Анисимова Л.И., Рогачевская Л.М.* Оценка миграции радионуклидов из могильника радиоактивных отходов // Геоэкология: проблемы и решения. - М., 1991. - С. 115-116.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; геохимия

707. *Графическое* представление компьютерной информации в задачах захоронения высокоактивных отходов в геологической среде / Y. Ut-sugida, H. Sakurai, M. Matsubara et al. // FAPIG. - 1991. - N 127. - P. 55-59.

Представлен и описан ряд способов граф. вывода геол. и техн. информ., используемой при проектировании хранилищ ВАО в геол. среде. Для геол. задач большой интерес представляют 2-мерные проекции объем. геол. тел (блок-диаграммы).

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; геологические формации; обработка на ЭВМ

708. *Apted M.J., Engel D.W.* Validation of source-term models using natural analogues = Проверка моделей фактора источника с использованием природных аналогов // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 1061-1065.

Сравнивались расчет. и измер. значения конц-ий меди вокруг бронзовой пушки, захорон. в глинистом грунте более 310 лет назад. Расчет. значения получены с помощью числовой модели фактора ист. AREST, разработ. для вероятност. оценок высвобождения радионуклидов из РАО. Предложено полуколичеств. выражение для оценки согласия результатов, основ. на ожидаемых значениях коэф. сорбции меди и извилистости капилляр. каналов в глинистом грунте. Выяснены ограничения данного способа оценки согласия и предложен альтернатив. способ. Выполн. работы важны с т. зр. развития методик оценки мат. моделей типа фактора ист. путем сравнения с природ. аналогами. Достоинством указ. класса моделей является возможность учета пространств. неоднородности среды.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование

709. *Barnard R.W., Dockery M.A.* Performance assessment calculational exercises (PACE-90): overview and summary = План расчетных оценок надежности (PACE-90) - обзор и итоги // Ibid. - P. 1189-1197.

План PACE-90 в рамках проекта Юкка-Маунтин имеет целью наработать опыт в применении вычисл. методов и помочь в идентификации крит. элементов и процессов для оценки надежности. С помощью 1- и 2-мерных числ. моделей анализировали поток подзем. вод и перенос нек-рых радионуклидов в разрезе уч-ка Юкка-Маунтин для периода ~ 100 тыс. лет. При потоке фильтрации 0,01 мм в год и в рамках новой интерпретации гидростратиграфии уч-ка установлено, что загрязнения не достигнут вод. зеркала. Однако эти результаты следует использовать с осторожностью, поскольку расчеты базировались на непровер. концептуальных моделях. Разрабатывались пробл. моделирования нарушений условий хранения (внедрение человека, климат. изменения, вулканизм).

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Юкка-Маунтин

710. *Bates J.K.* Disposal of vitrified waste in an unsaturated environment = Хранение остеклованных отходов в неводонасыщенной среде // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 700-707.

Описана прогр. экспериментов по изучению роли отд. независимых факторов во взаимодействии стекла с ОС в отсутствие полного водонасыщения. Прогр. реализуется как система простых и комплекс. испытаний. Для 2 типов стекол, испытывавшихся в течение 140 сут., не установлено важных отличий процесса растворения, хотя отмечены нек-рые тенденции, требующие дальнейшего изучения. Показатель П/В (отношение поверхности стекла к объему воды) влияет на структуру кристал. фаз, образующихся на поверхности стекла. Изучено влияние облучения на интенсивность взаимодействия. Результаты имеют предварит. характер.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; остеклованные

711. *Berest P.* La mesure des grandeurs d'etat dans lecontexte d'un ouvrage souterrain original: L'enfouissement de dechets radioactifs = Измерение параметров состояния горной выработки в связи с захоронением радиоактивных отходов // Entropie. - 1991. - Vol. 27, N 161. - P. 65-73.

Пробл. захоронения ядер. отходов в камен. соли изучается в неск. странах. Камен. соль отличается очень низкой проницаемостью, но легко растворяется; выбор конкрет. пласта для размещения отходов тесно связан с поиском гидродинамически застойных зон, в к-рых не наблюдается движения подзем. вод. Кроме того, эти условия должны сохраняться и после вскрытия пласта горными выработками и под влиянием прогрета в результате радиоактив. распада. Построить реолог. модели долгосроч. поведения соли весьма сложно; в частности, при использ. числ. моделирования возникает ряд метод. пробл. Обработка эксперим. данных должна производиться во взаимосвязи с данными расчет. моделирования и проект. характеристиками.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; каменная соль

712. *Chun K.S., Park G.I., Park H.S.* Dissolution of spent fuel under the conditions of wet storage and disposal = Растворение использованного ядерного топлива при влажных условиях хранения // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 96-102.

Экспериментально изучали: выщелачивание Со и Cs в деминерализ. воде из топлив. стержней с 3 типами искусств. дефектов; растворение U необлуч. таблеток  $UO_2$  для реакторов типа CANDU. Скорость выщелачивания Cs из стержней зависит от растворимости  $UO_2$ . На скорость выщелачивания Со дополнительно влияют процессы вторич. осаждения на поверхности стержней. Растворение U в подзем. водах в концентрир. борной кислоте сильно отличается по результатам от растворения в деминерализ. воде и слабой борной кислоте; эти различия обусловлены гл. обр. образованием комплексов с участием  $CO_3^{2-}$  и  $BO_3^{3-}$  в растворителе.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

713. *Conca J.L., Ashida T., Sato H.* Apparent and simple diffusion coefficients in compacted bentonite = Кажущиеся и обычные коэффициенты диффузии уплотненного бентонита // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 1382-1389.

Козф. диффузии уплотнен. бентонита изучали в связи с оценкой проводимости его слоев, изолирующих контейнеры с РАО. Обычные коэф. диффузии оценивались по электропроводности образцов, часть пор к-рых была занята р-ром NaCl. Для этого использовали мостиковый генератор на частоте кГц. Козф. диффузии рассчитывали по измер. электропроводностям с помощью известной формулы Нернста-Эйнштейна. Кажущиеся коэф. диффузии измеряли в долговрем. опытах по трассированию в образцах бентонита различ. уплотненности радиоактив. изотопов  $^3\text{H}$ ,  $^{129}\text{I}$ ,  $^{94}\text{Tc}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{237}\text{Np}$ . Обычные коэф. диффузии зависят от влагонасыщенности образцов, из-за чего уменьшаются почти линейно с уплотнением, т. к. при этом падает содерж. влаги в порах. Кажущиеся коэф. ведут себя аналогично, но больше зависимы от характера распределения ионов между твердыми и жид. фазами образца, что особенно типично для тяжелых изотопов.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; хранилища

714. *Dagan G., Springer E., Nguyen V.* Analysis of solute transport in an intermediate-scale unsaturated flow experiment = Анализ переноса растворенных веществ в ненасыщенных средах в экспериментах на объектах промежуточных размеров // *Ibid.* - P. 837-844.

Эксперименты выполнены в рамках исслед. по оценке пригодности различ. типов пород для складирования РАО. Поскольку опыты на малых образцах в лаб. не являются представ. при измерениях влагопроводности и гидродинам. дисперсии пород, а натурные наблюдения очень дороги и трудно интерпретируемы, опыты проводили на объектах промежуточ. размеров - в спец. кессонах, содержащих вентильные устройства для отбора образцов и размещения датчиков при использ. солей радиоактив. изотопов. Вертик. размер кессона много больше горизонт. и соизмерим с зоной проникновения за период наблюдения, оцениваемый месяцами. Попытки интерпретации результатов экспериментов по распространению р-ров как в насыщ., так и ненасыщ. средах с помощью классич. соотношений влагопроводности и дисперсии успеха не имели. Использована стохаст. схем., в к-рой среда моделировалась набором токовых трубок со случайным образом распредел. проницаемостями. Стохаст. параметры поровой среды оценивали из экспериментов по распространению растворов в насыщ. средах. С учетом этих результатов оценены характеристики этой же среды для перемещения р-ра в случае ненасыщ. пор. Получено хорошее совпадение модельных расчетов с результатами экспериментов.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; методы исследований

715. *Daily W., Lin W.* Laboratory determined suction potential of Topopah Spring tuff at high temperatures = Лабораторное определение потенциала всасывания туфов Топопах-Спринг при высоких температурах // *High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Dike (III.)*; N.Y., 1991. - P. 583-588.

Использовали 9 проб керна и выведен. на поверхность пород. Основ. компоненты: кварц (16-21%), кристобалит (9-15%) и калиевый полевоый шпат (66-70%). Высушивание и смачивание производили при 20-70°C. Главный результат - установление значит. гистерезиса между кривыми высуши-

вания и смачивания при 20°C. Данные важны для понимания гидрогеол. характеристик спекшихся туфов уч-ка Юкка-Маунтин.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; туфы; США; Тополах-Спринг

716. Danko G., Mousset-Jones P. A probe method for measuring in situ rock thermophysical properties = Зондовый метод измерения теплофизических свойств пород in situ // Ibid. - P. 553-563.

Обсуждаются возможности теплофиз. измерений с помощью скважин. теплового зонда, включающего нагреватель и термометр. секцию. С помощью нагревателя создается квазисфер. тепловое поле, к-рое изучается затем путем измерений на различ. расстояниях от центра сферы через регуляр. интервалы времени. На основе измерений определяется коэф. теплопроводности и тепловой диффузии, а также пространств. вариации этих параметров вдоль зонда. Метод опробован в лаборатор. условиях и в 3 шахтах при различ. напряжениях, водонасыщенности и гидрогеол. характеристиках. Показано, что метод применим как в сухих, так и в обводн. скв. Точность измерений in situ может превосходить точность лаборатор. измерений. Продолжительность одного измер. цикла от 1 до 4 сут.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; теплофизические свойства; зондовый метод

717. Farmer J.C., Gdowski G.E., Mccright R.D. Corrosion Models for Performance Assessment of High Level Radioactive Waste Containers = Коррозионные модели для эксплуатационной оценки контейнеров отходов с высоким уровнем радиации // Nucl. Eng. and Des. - 1991. - Vol. 129, N 1. - P. 57-88.

718. Farvaquebera A.M., Leistikow S. Electrochemical Studies of the Corrosion Behavior of a Low-Carbon Steel in Aqueous Chloride Solutions Simulating Accident Conditions of Radioactive Waste Disposal = Электрохимическое исследование коррозии низкоуглеродистой стали в растворах хлоридов, моделирующих условия хранения радиоактивных отходов // J. Nucl. Mater. - 1991. - Vol. 185, N 1. - P. 1-7.

719. Glass R.J., Tidwell V.C. Research program to develop and validate conceptual models for fiene and transport through unsaturated fractured rock = Программа исследований по развитию и оценке концептуальных моделей описания потоков и транспорта веществ в ненасыщенных трещиноватых породах // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 977-987.

В рамках проекта выполнялись исслед. по размещению хранилищ РАО в ненасыщ. трещиноватых туфах Юкка-Маунтин. Прогр. включает выполнение физ. экспериментов (лаборатор. и полевых), формулирование базовых концепций и создание мат. схем. В используемом подходе выделено 5 основ. шагов: идентификация процессов, управляющих потоком флюида и переносом радионуклидов ненасыщ. поровотрещин. среде, достижение наиболее глубокого понимания сути происходящего через концептуальное

и мат. их описание, контролируемое экспериментом, оценка влияния таких систем. параметров, как начальные и гранич. условия и изменения св-в среды и флюида в пространстве и времени, определение необходимого объема полевых данных для такой характеристики среды, к-рая позволяет оценить вероятность протекания каждого процесса, интеграция моделей в прогноз. схем. функционирования хранилища. Ключевым моментом предпринятого исслед. является макромасштаб. описание процесса перемещения флюида и потоков радионуклидов как движения сплош. среды с нек-рыми эффектив. св-вами.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Юкка-Маунтин

*720. Gnirk P.* Process and criteria for validation of the ground-water flow models in the OECD/NEA International Stripa Project = Процесс и критерии оценки работоспособности моделей подземных течений, используемых OECD/NEA при осуществлении международного проекта Stripa // Ibid. - P. 895-901.

В 1986 г. в рамках междунар. проекта Stripa началось осуществление прогр. по исслед. характеристик трещиноватого массива гранитов, вскрытого шахтой, с последующей оценкой подзем. потоков через этот массив с помощью моделей и сопоставлением с полевыми наблюдениями. В 1988 г. создана спец. группа по моделированию подзем. течений и транспорту в-ва и обоснованию критериев оценки работоспособности таких моделей. Исслед. в рамках прогр. разбиты на 5 стадий, из к-рых 3 уже завершены. Получены данные, характеризующие гранит. массив. Предварительно подведены итоги сопоставления моделирования с полевыми наблюдениями. Детальная проверка должна осуществляться на 4-й и 5-й стадиях.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Швеция; Стрипа

*721. Haego N.C., Skagius K., Johansson N.G.B.* Some conclusions from a Biospheric Model Validation Study (BIOMOVs) = Некоторые заключения из программы изучения биосферных моделей (BIOMOVs) // Ibid. - P. 902-907.

Прогр. представляет междунар. об-ние усилий ученых по изучению моделей, предназнач. для оценки интенсивностей переноса и накопления радионуклидов и др. заражающих в-в в ОС. Движение возникло в 1986 г. по инициативе Swedish Radiation Protection Institute. Основ. задача движения - выработать количеств. меру для оценки неопределенности предсказаний моделей и предложить ср-ва для уменьшения уровня неопределенности. Непосредств. объектами его деятельности являются испытание различ. моделей распространения выбр. загрязнений в течение определ. врем. интервалов на точность предсказания, объяснение выявл. несовпадений предсказаний различ. моделей (внутр. недостатки, невер. предпосылки, погрешности исход. данных и т. д.), обоснование априор. посылок для использ. при построениях будущих моделей с целью уменьшения погрешности их предсказания. Проведены практ. исслед. по изучению моделирования при анализе распространения ртути в ряде р-нов США и Канады, нек-рых актив. изотопов после Чернобыльской аварии и в отд. озерах экосистемах Швеции, Норвегии и США.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование

722. *Kaminen D.C., Lemire R.J.* Thorite in fault zones of a granitic pluton, Atikokan, Canada: Implications for nuclear fuel waste disposal = Торит в зонах разломов гранитных плутонов (Атикокан, Канада) в связи с захоронением топливных ядерных отходов // *Chem. Geol.* - 1991. - Vol. 90, N 1-2. - P. 133-143.

В образцах из зон разломов в плутоне Эйе-Дашва с помощью сканирующей электрон. микроскопии идентифицирован торит. Его мех. состояние, а также развитие структур типа "корона" вокруг торита свидетельствуют, что рост происходил в посткинemat. фазе формирования плутона. Основ. компоненты минерала -  $\text{ThO}_2$  и  $\text{SiO}_2$ , в небольших кол-вах присутствуют  $\text{Ce}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{UO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Термодинам. анализ показал, что в условиях контакта с подзем. водами гранитов торит является устойчивой фазой. Большой возраст (2,3 млрд лет) и хим. инертность торита в водонасыщ. среде позволяют использовать этот минерал в кач-ве природ. аналога при изучении последствий захоронения ядер. топлив. отходов.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; граниты; Канада; Атикокан

723. *Lin W.* Variation of permeability with temperature in fractured Toporah Spring tuff samples = Изменение проницаемости образца трещиноватого туфа из горизонта Топопах-Спринг в зависимости от температуры // *High Level Radioact. Waste Manag.* - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 988-993.

Исследовали изменение проницаемости образца трещиноватого туфа при пропускании через него сухого азота с повышением тем-ры. Изучали также проводимость этого же образца для воды при комнат. тем-ре и давлении 5 МПа при ее течении: 1) через предварительно высуш. образец, 2) через этот же образец, предварительно насыщ. непроточ. водой, 3) при предвар. пропускании через образец водяного пара. Проницаемость образца для азота практически не зависела от тем-ры. Точно также проницаемость образца для воды при его нагревании в водонасыщ. состоянии до  $150^\circ\text{C}$  не изменилась. Однако после пропускания через образец водяного пара при  $127^\circ\text{C}$  в течение недели его проницаемость для азота снизилась более чем на порядок. Предполагается, что причиной этого является сглаживающее влияние потоков пара и горячей воды на стенки трещин, обусловливаемое растворением и переотложением таких минералов, как кварц и некр-рые др.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Топопах-Спринг

724. *Mechanistic* interpretation of glass reaction: input 10 kinetic model development = Вклад в развитие кинетической модели механического разрушения стекла при взаимодействии с горячей водой / J.K. Bates, W.L. Ebert, Y.P. Bradley, W.L. Bourcier // *High Level Radioact. Waste Manag.* - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 720-727.



Проведены эксперименты по исслед. взаимодействия стекол типа SRL 165 с горячим вод. р-ром, уравновеш. по составу с туфами из проектируемого захоронения ядер. отходов в Юкка-Маунтин. Цель эксперимента - разработать методику прогнозирования поведения стеклообраз. видов складываемых радиоактив. продуктов в течение жизни хранилища. Стекла выдерживали в контакте с горячими р-рами (90°C) в контейнерах из нержавеющей стали от 14 до 278 сут. По завершении эксперимента изучали состав и мех. характеристики стекла и состав р-ра. Стекло взаимодействовало с водой по нестехиометр. соотношениям с преимуществ. экстракцией ионов щелоч. металлов и бора. С помощью электрон. микроскопии высокого разрешения выявлена сложная структура приповерхност. слоя, к-рый по мере развития р-ции отделялся от подстилающего массива стекла. Предложена кинет. модель развития р-ции формирования слоя, воплощ. в числ. схем., опроб. на ЭВМ EQ 3/6. Делается вывод, что формирующийся слой при 278-дневной экспозиции растрескивается, в нем формируются отделяемые частицы, к-рые могут уноситься водой.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; США; Юкка-Маунтин

725. *Multitemporal analysis of hazardous waste sites through the use of a new bi-spectral video remote sensing system and standard color-IR photography* = Анализ многократных воздушных съемок мест захоронения вредных отходов с использованием новой биспектральной дистанционной системы и стандартной цветной инфракрасной фотографии / S.E. Marsh, J.L. Walsh, C.T. Lee, L.A. Graham // Photogramm. Eng. and Remote Sens. - 1991. - Vol. 57, N 9. - P. 1221-1226.

Анализируются результаты картирования изменения обстановок в окрестности места захоронения ядер. отходов вблизи г. Финикс, шт. Аризона. Система позволяет визуализировать мультиспектр. данные в момент получения как в аналоговой, так и цифровой форме и записывать их на носители. Обработка получаемых изображений с использ. техники оцифровки позволяет выделять изменения в обстановке в окрестности захоронения с высокой разрешающей способностью.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Аризона

726. *Nishi T., Matsuda M., Chino K. Effect of Porous Surface-Layer on Leaching Rate of Radionuclide from Cementitious Waste Form* = Влияние пористого поверхностного слоя на скорость выщелачивания радионуклидов из цементированных отходов // J. Nucl. Sci. and Technol. - 1991. - Vol. 28, N 10. - P. 932-940.

727. *Paillet F.I. Use of geophysical well logs in evaluating crystalline rocks for siting of radioactive waste repositories* = Использование каротажа для изучения кристаллических пород при размещении хранилищ радиоактивных отходов // Log Analyst. - 1991. - Vol. 32, N 2. - P. 85-107.

Оценивали возможности соврем. методов каротажа, акуст. телевидения, высокоточ. дебитометрии при изучении петрограф. и гидрогеол. характеристик разрезв магмат. пород на прим. 3 плутонов, располож. на юж. периферии Канад. щита. Решались задачи: отбивка границ петрограф. разно-

стей; определение физ. св-в монолит. гранитов и габброидов; калибровка шкалы глубин и построение интерпретац. моделей для геофиз. исслед. с поверхности; выделение проницаемых трещиноватых зон в разрезе.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; кристаллические породы; Канадский щит

728. *Park C.K., Han K.W., Park H.H.* Determination of diffusivities of sorbing and nonsorbing species in rocks = Определение диффузионной способности сорбируемых и несорбируемых веществ в породах // High Level. Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (III.); N.Y., 1991. - P. 156-158.

Выполнены эксперименты по определению диффуз. способности сорбируемых и несорбируемых в-в на образцах гранитов. Обсуждается выбор метода определения коэф. диффузии в зависимости от сорбц. св-в изучаемых агентов. Для несорбируемых в-в наиболее адекватна модель установившейся диффузии, для сорбируемых предложена модель неустановившейся диффузии с параметром сорбции  $K_1$ . Коэф. эффектив. диффузии составил: для уранина  $7,0 \cdot 10^{-13}$  м<sup>2</sup>/с, трития  $3,1 \cdot 10^{12}$  м<sup>2</sup>/с, для <sup>137</sup>Cs  $1,1 \cdot 10^{-13}$  м<sup>2</sup>/с.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

729. *Pescatore C., Sullivan T.M.* Potential <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> releases from spent fuel containers at Tucca Mountain = Возможность высвобождения двуокиси углерода, обогащенной изотопом <sup>14</sup>C, из контейнеров с отработанным ядерным топливом в Юкка-Маунтин // Ibid. - P. 1066-1072.

Проанализирован процесс возмож. высвобождения изотопа <sup>14</sup>C (в составе CO<sub>2</sub>) из контейнера с отработ. топливом, заложен. в хранилище в туфовом массиве Юкка-Маунтин. При анализе использованы смоделир. ранее тенденции изменения тем-ры в место захоронения, а также характеристики пористости, возмож. размеры микроотверстий в стенках контейнера, склонность материала стенок к коррозии. Выделены 2 этапа в процессе высвобождения. На 1-м утечка <sup>14</sup>C происходит благодаря избыточ. давлению газа (преимущественно аргона) в контейнере, на 2-м - вследствие противодиффузии двуокиси углерода в потоке воздуха. Подчеркивается, что если создать в контейнере начальное пониж. давление аргона, то процесс высвобождения изотопа <sup>14</sup>C будет замедлен, а интенсивность его понижена.

охрана среды; захоронения отходов; радиоактивных; США; Юкка-Маунтин

730. *Ramspott L.D.* The constructive use of heat in an unsaturated tuff repository = Конструктивное использование тепла при захоронении ядерных отходов в ненасыщенных туфах // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (III.); N.Y., 1991. - P. 1602-1607.

Расчеты показывают, что благодаря теплу распада радионуклидов макс. тем-ра ненасыщ. туфов в проектируемом хранилище в Юкка-Маунтин (Невада, США) в непосредств. близости к контейнеру может достигать 235°C. При этом радиус изотермы 150°C оценивается величинами порядка 5 м, а изотермы 100°C - 30 м. Такое состояние может сохраняться от 300 до

1000 лет. В этих условиях связ. вода ненасыщ. туфов перейдет в паробраз. состояние, и вокруг контейнера порово-трещин. пространство будет характеризоваться однофаз. газовым насыщением с недонасыщ. паром. Это обстоятельство способствует подавлению хим. процессов коррозии контейнера, смыканию части трещин и уменьшению проницаемости вмещающих пород и хотя будет сопровождаться нек-рым уменьшением сорбцион. емкости пород, в целом является процессом, благоприятствующим изоляции контейнера. Кроме того, моделирование и прогнозирование потоков тепла и массы в порово-трещин. системах однофаз. газового насыщения значительно проще, а результаты более надежны, чем моделирование этих процессов в аналог. пространствах полифаз. газовой-жидкого насыщения.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Юкка-Маунтин

731. *Rautman C.A., Treadway A.H.* Geologic uncertainty in a regulatory environment: An example from the potential Yucca Mountain nuclear waste repository site = Пример оценки геологической неопределенности в пределах зоны допустимого заражения хранилища ядерных отходов в Юкка-Маунтин // *Environ. Geol. and Water Sci.* - 1991. - Vol. 18, N 3. - P. 171-184.

Оценка базируется на непараметр. геостатист. моделировании. В рамках этого подхода воссозданы возмож. распределения альфа-параметра *van Genuchten*, определяющего перемещение влаги в недонасыщ. пористой среде, причем во всех альтернатив. распределениях моделируемые значения этого параметра в точках опробования совпадают с измер. Распределения вводили в схем. числ. счета, с помощью к-рой рассчитывались времена просачивания влаги из зон заложения отходов на зеркало ГВ. Ниж. оценки времен просачивания рассматривали как критерий приемлемости участка для складирования отходов, разброс всех оценок - как критерий геол. неопределенности прогнозирования.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Юкка-Маунтин

732. *Shimo M.* Correlation of hydraulic conductivity and sonic velocity in water-saturated tuff = Корреляция между водопроводимостью и скоростью звуковых волн в водонасыщенных туфах // *High Level Radioact. Waste Manag.* - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 572-577.

Излагаются результаты лаборатор. экспериментов. Гидравл. испытания выполнены с помощью новой установки, позволяющей управлять двухос. напряжением и поровым давлением на куб. образцах породы со стороны 30 см. Тензор водопроводимости, получ. с помощью нагнетания воды в серию отверстий, имеет отчетливый анизотроп. характер, причем распределение направлений примерно то же, что и для распределения скоростей сдвиговых акуст. волн. Эта связь отражает влияние водонос. пустот на замедление волн. Делается вывод, что сейсм. и акуст. методы могут использоваться для оценки гидравл. анизотропии.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; туфы; геофизические исследования

733. Status of WIPP compliance with EPA 40 CFR 191, December 1990 = Соответствие проекта WIPP нормативу Агентства по защите среды 40 CFR 191 по состоянию на декабрь 1990 г. / M.G. Marietta, S.G. Bertram-Howery, R.P. Rechard et al. // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 1181-1188.

Работы по методологии оценок надежности хранилищ, выполняемые нац. лаб. Сандиа по заказу Мин-ва энергетики США, включают анализ соответствия проекта WIPP нормативам EPA (40 CFP 191, подраздел В). Поскольку оценка надежности является итератив. процессом, анализ соответствия будет завершен в 1994 г. или позднее. Из конкрет. результатов, получ. на конец 1990 г., выделен проводимый методом Монте Карло анализ чувствительности системы моделей к вероятности внедрения человека в среду хранения, а также неопределенности модели переноса в отношении вышележащего водонос. горизонта. Моделирование 2-фазного (газ-рассол) потока показало, что генерирование газа может существенно уменьшить насыщенность рассолом, что ограничивает перенос радионуклидов. Результаты предварительные и непригодны пока для анализа соответствия нормативу, однако такое соответствие, очевидно, достижимо.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; проект WIPP

734. Total-system analyzer for performance assessment of Yucca Mountain = Программа TSA для оценки надежности участка Юкка-Маунтин / M.L. Wilson, F.C. Lauffer, J.C. Cummings, N.B. Ziemann // Ibid. - P. 1734-1742.

Модульная компьютер. прогр. TSA (Total System Analyzer) предназначена для вероятност. расчетов надежности системы, включающей ряд подсистем. Для генерирования множества "реализаций" системы используется стратифицир. случайный отбор из ф-ций распределения параметров моделей. Результаты расчета потоков и переноса объединяются в ф-цию распределения вероятности эффекта (возмущения системы), к-рая является мерой надежности. Приведены детальное описание прогр. и результаты решения 4 примеров-задач, моделирующих утечку радионуклидов из проектируемого хранилища Юкка-Маунтин. Прим. иллюстрируют влияние знач. вариаций фильтрац. потока и сорбции на миграцию радионуклидов. Обсуждаются эффекты и ошибки числового опробования и наличие связей между параметрами моделей.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Юкка-Маунтин

735. Two double porosity models for groundwater radioactive contamination = Две модели распространения радиоактивного заражения в средах с двойной пористостью / P.J. Paes-Leme, C. Malamut, A. Pashoa et al. // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 1307-1313.

Предлагаются 2 модели распространения радионуклидов в трещиновато-пористых средах. В 1-й модели среда - насыщ. вод. р-р, во 2-й - недо-насыщ. Модели строятся по традиц. схем. исслед. сред с двойной пористостью. Новый элемент, развиваемый в предлагаемых моделях, - сопряжение потоков в матрич. пористых блоках и полостях трещин с помощью задания границ. условий вдоль поверхности каждого блока. Использовали 3 линейных масштаба - для описания пор (микроскоп.), сечения трещин (макро-

скоп.), всей обл. задания поля скоростей потока (макроскоп.). Поток в матрич. блоках моделируется обычной фильтрацией Дарси в среде с одним масштабом пористости. Аналогично моделируется поток в системе трещин. Его влияние на поток в порах целиком определяется через задание на границах матрич. блоков условий неразрывности давлений и конц-ий. Разработаны компьютеризир. схем., базирующиеся на числ. методах и реализующие обе модели. Схем. использованы для описания потоков в средах, имитирующих характеристики трещиноватых гранитов. Делается вывод о физически более реалист. характере развитых моделей по сравнению с предшествующими модификациями.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование

736. *Wendland W.M.* General circulation models: applications for nuclear waste repositories = Модели глобальной циркуляции и их использование при заложении хранилищ ядерных отходов // *Ibid.* - P. 1439-1443.

При заложении хранилищ РАО следует предвидеть возмож. последствия их взаимодействия с ОС при изменении климат. условий. Проведен анализ возмож. изменений климата, связ. с парниковым эффектом, в ю.-з. части США, где планируется заложение такого хранилища. Для прогноза использованы 4 независимые модели глоб. циркуляции: GFDL (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, Manabe и Wetherald, 1987), GISS (Goddard Institute for Space Science, Hansen et al., 1988), OSU (Oregon State University, Schlesinger и Mitchell, 1985), UKMO (United Kingdom Meteorological Office, Wigley et al. 1986). Прогнозируемое увеличение тем-ры при увеличении конц-и двуоксида углерода в атм. в 2 раза составит 4-6°C, существ. изменения кол-ва осадков при этом не наблюдается. Подчеркивается упрощ. характер использ. моделей.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование; США

737. *Zimmerman R.W., Kumar S., Bodvarsson G.S.* Lubrication theory analysis of the permeability of rough-walled fractures = Возможности теории смазки в объяснении проницаемости трещин с шероховатыми стенками // *Ibid.* - P. 535-541.

Детально рассматривались 2 идеализир. модели трещины, в к-рых шероховатость определяется синусоид. или зубчатой формой поверхности стенки. Результаты моделирования в целом сходны с предыдущими результатами, получ. для след. числ. модели: случайное распределение величины апертуры трещины; отношение гидравл. апертуры зависит в основ. от сред. величины и среднеквадрат. отклонения апертуры. Изучены также аппроксимации высокого порядка ур-ния Навье-Стокса. Показано, что ценность аппроксимаций на основе теории смазки проявляется лишь в случаях, когда стенки трещины сглажены на протяжении длины, соизмеримой по порядку величин со среднеквадрат. отклонением апертуры.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивных; моделирование

738. *Ahn J., Nakayama S.* Modeling for migration of a redox-sensitive radionuclide in engineered barriers = Моделирование миграции в технических барьерах радионуклидов, чувствительных к окислительно-восстановительному потенциалу // Nucl. Technol. - 1992. - Vol. 97, N 3. - P. 323-335.

Численно моделировалась диффузия  $^{237}\text{Np}$  (чувствит. к рН нуклид) через сложный барьер (покрышка и бентонитовый буфер) в присутствии Fe и раствор. кислорода. Построены профили распределения Fe(II) и раствор. кислорода в устоявшемся режиме. На основе этих профилей выполнены модели диффузии Np при рН=6,5 и 9. Решения находились аналит. или конечно-разност. способами. При рН=9 почти весь раствор. кислород от границы порода-буфер внедряется в зону буфера, проникновение раствор. кислорода в зону покрышки и к фазе отходов исключается. Высвобождающийся из отходов Np (IV) в этих условиях менее растворим и сильно сорбируется. При рН=5 раствор. кислород может достигать поверхности отходов, выводится растворимый и слабо сорбируемый Np(V). Хотя в зоне покрышки он восстанавливается за счет Fe(II) до Np(IV), на границе покрышки и буфера Np(IV) быстро окисляется за счет Fe(III) и раствор. кислорода. Если предположить отсутствие раствор. кислорода и наличие восстанов. условий, миграция в виде Np(IV) будет достаточно слабой.  
охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

739. *Alexander W.R., Dayal R., Eagleson K.* A Natural Analog of High pH Cement Pore Waters from the Maqarin Area of Northern Jordan. 2. Results of Predictive Geochemical Calculations = Ч. 2. Результаты прогнозирования геохимических расчетов // J. Geochem. Exploration. - 1992. - Vol. 46, N 1. - P. 133-146.

740. *Attaya H.M., Sawan M.E., Kulcinski G.L.* Waste-Disposal of Candidate Structural-Materials in Fusion-Reactors Utilizing Different Fuel-Cycles = Захоронение отходов структурных материалов реакторов, использующих различные топливные циклы // Fusion Technol. - 1992. - Vol. 22, N 1. - P. 115-123.

741. *Bennett D.G., Read D., Atkins M.* Thermodynamic Model for Blended Cements. 2. Cement Hydrate Phases, Thermodynamic Values and Modeling Studies = Термодинамические модели для смешанных (смесей) цементов // J. Nucl. Mater. - 1992. - Vol. 190, N AUG. - P. 315-325.

742. *Berner U.R.* Thermodynamic Modeling of Cement Degradation - Impact of Redox Conditions on Radionuclide Release = Термодинамическое моделирование деградации цемента // Cement and Concrete Research. - 1992. - Vol. 22, N 2-3. - P. 465-475.

743. *Chapman N.A.* Natural Radioactivity and Radioactive Waste Disposal = Естественная [природная] радиоактивность и размещение [захоронение]

радиоактивных отходов // J. Volcanology and Geothermal Research. - 1992. - Vol. 50, N 1-2. - P. 197-206.

744. *Chapman N.A., Mckinley I.G., Franca E.P.* The Pocos-de-Caldas Project - An Introduction and Summary of Its Implications for Radioactive Waste Disposal = Проект: введение и резюме по размещению радиоактивных отходов // J. Geochem. Exploration. - 1992. - Vol. 45, N 1-3. - P. 1-24.

745. *Chapman N.A., Mckinley I.G., Shea M.E.* The Pocos-de-Caldas Project - Natural Analogs of Processes in a Radioactive Waste Repository. 1. = Проект - естественный аналог процессов, происходящих в депозиториях радиоактивных отходов // Ibid. - P. R8-R10.

746. *Come B.* Preliminary comparison of rheological models for plastic clay: the community project INTERCLAY (pilot phase - 1989) = Предварительное сравнение реологических моделей пластичных глин; Проект Европейского сообщества INTERCLAY, экспериментальный этап, 1989 г. // Int. J. Rock Mech. and Mining Sci. and Geomech. Abstr. - 1992. - Vol. 29, N 2. - P. 86A.

В рамках европ. прогн. по работам с РАО группа исследователей сравнила возможности 2 моделей пластич. глин: модели ползучести (Rousset, 1988) и модифицир. модели (Cam Clay). Задача сравнения - выбрать ср-во моделирования поведения пластич. глин Бом (Бельгия) во времени. Дальнейшие исслед. предполагают проходку спец. штрека с проницаемым креплением и измерениями ползучести in situ с помощью дилатометра.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; глины; Бельгия; Бом

747. *Comparisons* of computed two- and three-dimensional thermo-mechanical response of jointed rock = Сравнение результатов двух- и трехмерного моделирования термомеханических эффектов в трещиноватых породах / E. Johansson, M. Hakala, E. Peltonen et al. // Ibid. - P. 133.

Компания Teollisuuden Voima Oy выполняет предвар. оценку уч-ков для размещения хранилища ВАО в кристал. породах Финляндии. Глубина хранилища 400-600 м. С целью выявления ограничений 2-мерного моделирования сравниваются результаты применения моделей UDEC и 3DEC для оценки термомех. эффектов в ближ. зоне хранилища. В кач-ве вход. информ. использовали как эксперим., так и полевые данные. С точки зрения безопасности захоронения наиболее существенно влияние термомех. эффектов на движение воды, коррозию канистр с отходами и высвобождение радионуклидов.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивные; высокоактивные; кристаллические породы; Финляндия

748. *Dellamea G., Dran J.C., Moulin V.* Scavenging Properties of Inorganic Particles Toward Heavy-Elements = Способность неорганических частиц удалять отработанные элементы // Radiochim. Acta. - 1992. - Vol. 58-9, N P2. - P. 219-223.

749. *Drabek M.* Experimentálne mineralogicky vyzkum hydrotermálnich alteráci produktu modelovej vitifikácie radioaktívneho odpadu na bázi borosilikátových skiel = Экспериментально-минералогические исследования продуктов изменения модельного остеклования радиоактивных отходов на основе боросиликатного стекла // *Geol. pruzk.* - 1992. - Vol. 34, N 11. - P. 338-340, 351-352.

Изменение продуктов модельного остеклования изучено в гидротерм. условиях (т. е. в дистиллир. воде или 10 вес.% р-ра NaCl) методами эксперим. минералогии. Эксперим. исслед. при 200°C проводили в автоклавах с футеровкой тефлона, но при более высоких тем-рах использовали серебряные ампулы с применением метода "collapsible tube". Характер продуктов изменения изучали при помощи растрового микроскопа.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

750. *Eikenberg J., Lichtner P.C.* Propagation of hyperalkaline cement pore waters into the geologic barrier surrounding a radioactive waste repository = Проникновение поровых вод сверхщелочного цемента в геологический барьер, окружающий хранилище радиоактивных отходов // *Water-Rock Interact.* - Rotterdam; Brookfield, 1992. - P. 377-380.

В швейцар. проектах захоронения НАО и САО предусматривается исп. полз. блоков цементир. отходов, размещаемых в осадоч. породах, к-рые состоят преимущественно из глинистых минералов, карбонатов и кварца. Инфильтрация подзем. вод в хранилище может привести к развитию шлейфов сверхщелоч. состава с начальными значениями pH до 13. Для изучения изменений глинистых пород при высоких pH и пространств. распределения сверхщелоч. шлейфа во времени использована модель совмест. геохим. переноса (MPATH), включающая кинетику хим. р-ций. Расчеты позволяют прогнозировать растворение кварца и глинистых минералов и осаждение полевых шпатов и цеолитов, а также фаз цемент. типа, таких как гидрогранат и гидраты силиката кальция (CSH-фазы). Даны 2 прим. исп. модели: для описания изменений мергелевых вмещающих пород и описания распространения шлейфа при различ. хим. составе инфильтрующихся поровых р-ров сверхщелочных цементов.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Швейцария

751. *Ghoreychi M., Abou-Ezzi N., Schmitt N.* Thermomechanical near field modelling of a radioactive waste repository in salt formations = Термомеханическое и квазиполевое моделирование природных резервуаров, представленных солевыми формациями, для закачки радиоактивных отходов // *Int. J. Rock Mech. and Mining Sci. and Geomech. Abstr.* - 1992. - Vol. 29, N 2. - P. 91-94.

Проанализированы тем-ры и давления вокруг резервуаров, создаваемых в солевых породах и предназн. для хранения РАО. Присутствие кольцевых барьеров забут. раздробл. соленосными породами, отделяющими резервуар от вмещающих отложений, может привести к нелинейным явлениям. Послед. связаны с радиацией и проводимостью в трещинах, с изменением терм. св-в забут. пород. Терм. и мех. характеристики в окрест-



ности скв. и их изменения во времени исследовали с использ. метода конеч. элементов и прогр. THERM и GEOMEC соответственно. Рассмотрены 3 случая: барьер с забут. щелями, барьер с пустыми щелями и отсутствие барьера, т. е. контакт между резервуаром и массой пород.

грунты состав; солевые формации; термомеханические свойства; метод конечных элементов; программы

752. *Hart K.P., Glassley W.F., McGlenn P.J.* Solubility control of actinide elements leached from Synroc in pH-buffered solutions: [Pap.] 3rd Int. Conf. "Chem. and Migr. Behav. Actinides and Fiss. Prod. Geos.", Jerez de la Frontera, Oct., 1991 = Контроль растворимости актинидов, выщелачиваемых из "синрока" в растворах, буферированных по pH // Radiochim. Acta. - 1992. - Vol. 58-59, N 1. - P. 33-35.

Образцы "синрока" с содерж. актинидов 0,0068; 0,76 и 1,14 вес. % выщелачивали деионизир. H<sub>2</sub>O и pH-буферир. (от 2 до 10) р-рами, содержащими KCl, HCl, NaHCO<sub>3</sub> и Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, при 70°C в течение 28 дней. В р-рах измеряли содерж. Pu, Am и Np. Для Am и Np отмечено хорошее совпадение измер. и расчет. результатов; в отд. случаях они различаются в 4 раза (расчет. значения более низкие), что объясняется слабой сорбцией их форм нахождения на стенках ячеек выщелачивания. Для Pu в целом также отмечается достаточно хорошее совпадение результатов - наибольшая разница достигает 3,5 раза при pH=7,5. Для Pu отмечается превышение предела растворимости во всех р-рах (кроме р-ра с pH=2), для Am и Np насыщение р-ра не достигалось. Результаты выщелачивания Am и Np могут быть экстраполированы на более длит. периоды выщелачивания; для оценки поведения Pu следует значительно уменьшить в экспериментах время выщелачивания для предотвращения насыщения, тогда получ. данные также можно использовать для экстраполяции на более длит. сроки выщелачивания "синрока", включающего PAO.

экспериментальная геохимия; актиниды, растворимость, pH, выщелачивание; геохимия охрана среды; захоронение радиоактивных отходов

753. *Hummel W.* A New Method to Estimate the Influence of Organics on the Solubility and Speciation of Radionuclides (the Backdoor Approach) = Новый метод оценки влияния органики на растворимость и видообразование радионуклидов // Ibid. - Vol. 58-9, N P2. - P. 453-460.

754. *Lunden I.* Geochemical modelling of groundwater chemistry in the vicinity of a repository for spent nuclear fuel = Геохимическое моделирование химических процессов в грунтовых водах вблизи хранилищ отработанного ядерного топлива. - Goteborg, 1992. - Vol. 1. - (Doktorsavhandlingar vid Chalmers tekn. hogskola. - N 846).

755. *Ma C., Hueckel T.* Stress and pore pressure in saturated clay subjected to heat from radioactive waste: a numerical simulation: [Pap.] Workshop Stress Partition. Eng. Clay Barriers, Durham, N. C., May 29-31, 1992: Overview = Напряжение и поровое давление в насыщенных глинах, подвергающихся нагреванию под воздействием радиоактивных отходов:

численное моделирование // Can. Geotechn. J. - 1992. - Vol. 29, N 6. - P. 1087-1094.

Численно изучено влияние повышения тем-ры на мех. и гидравл. св-ва насыщ. глин. Предложена модель массопереноса, к-рая отражает возмож. переход адсорбир. воды в общую воду при тем-рах до 150°C как один из важнейших факторов, определяющих этот процесс. В расчете принято постеп. уменьшение поступающего из РАО тепла, что приближает моделирование к природ. условиям. Расчеты показывают, что вокруг ист. тепла возникает высокое избыточ. давление, к-рое уменьшается во времени. Исчезновение адсорбир. воды при повыш. тем-рах вызывает существ. увеличение проницаемости глин вокруг ист. тепла. Влияние изменения объема скелета глин на проницаемость значительно меньше, чем влияние, вызв. разложением адсорбир. воды. С др. стороны, при этом значительно увеличивается скорость движения воды в глинистой массе, особенно в течение короткого периода времени. За длит. период времени термически вызв. превращение адсорбир. воды в общую снижает возможность нарушения сплошности (терм. разрушения) глинистого буфера, окружающего ист. тепла. Получ. результаты следует учитывать при планировании мелкомасштабных или in situ экспериментов по изучению поведения глинистых буфер. материалов при нагревании.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование

756. Marx G., Esser V., Bischoff H. Voltammetric Investigations of the Redox Behavior and the Speciation of Plutonium in Concentrated Electrolyte Solutions with Respect to llw Repositories = Вольтамметрические исследования окислительно-восстановительного потенциала и видообразование плутония в концентрированных растворах электролитов в депозиториях радиоактивных отходов // Radiochim. Acta. - 1992. - Vol. 58-9, N P1. - P. 199-204.

757. Method to use geochemical processes for the prediction of long-term nuclide migration = Метод использования геохимических процессов для предсказания долговременной миграции радионуклидов / Т. Mura-kami, Н. Isobe, Т. Sato, Т. Ohnuki // 29th Int. Geol. Congr., Kyoto, 24 Aug. - 3 Sept., 1992: Abstr. - Kyoto, 1992. - Vol. 1. - P. 87.

геохимии процессы; выветривание; урановые руды, миграция элементов; захоронение ядерных отходов; моделирование

758. Munson D., Devries K. Development and validation of a predictive technology for creep closures of underground rooms in salt = Разработка и оценка предварительной технологии самозакрытия подземных камер в каменной соли за счет процесса ползучести // Int. J. Rock Mech. and Mining Sci. and Geomech. Abstr. - 1992. - Vol. 29, N 2. - P. 133A.

В рамках проекта WIPP разрабатываются методы расчета ползучести в камерах для хранения РАО, проектируемых в стратифицир. соляных отложениях ю.-в. части шт. Нью-Мексико (США). Основ. и специф. задачей является определение периода времени, требующегося для исчезновения пустоты и полного облекания ячейки хранения солью. Описаны субмодели, приведены результаты сравнения прогнозир. и эксперим. времени самоза-

крытия выработок. Указаны необходимые для дальнейших работ уточнения прогнозной модели.

охрана среды; захоронения отходов; радиоактивных; каменная соль; США; Нью-Мексико

759. *Numerical* modelling of heat and moisture transport through bentonite-sand buffer: [Pap.] Workshop Stress Partition. Eng. Clay Barriers, Durham, N. C., May 29-31, 1992: Overview = Числовое моделирование переноса тепла и влаги через бентонитово-песчаный экран / H.S. Radhakrishna, A.M. Crawford, B. Kjartanson, K.C. Lau // Can. Geotechn. J. - 1992. - Vol. 29, N 6. - P. 1044-1059.

Исслед. проведены в рамках оценки термогидравл. характеристик глинистых техн. барьеров, экранирующих контейнеров с ядер. отходами, размещаемых в скв. в глубин. геол. хранилище. Разработана числовая компьютер. модель TRUCHAM связ. переноса тепла и влаги в пористой среде. Охарактеризованы процесс разработки модели и опыт ее применения в экспериментах с контейнером и экраном, выполн. Лаб. подзем. исслед. компании Atomic Energy of Canada Ltd. Параметры термогидравл. переноса, необходимые для моделирования, получены в ходе спец. лаборатор. экспериментов. Определен ряд характеристик исследуемого материала. Очерчен круг необходимых доработок модели.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование

760. *Pruess K., Oldenburg C.M.* Numerical modelling of capillary barriers: Abstr. AGU Fal Meet., San Francisco, Calif., Dec. 7-11, 1992 = О числовом моделировании капиллярных барьеров // Eos. - 1992. - Vol. 73, N 43. - P. 229.

Капилляр. барьер возникает в неводонасыщ. пористом разрезе на контактах мелко- и крупнозернистых пород. Если контакт наклон., инфильтрация влаги в мелкозернистом горизонте будет ориентирована вниз по контакту. Природ. капилляр. барьеры самой разной протяженности развиты в разнород. слоистых разрезах, а в техн. барьерах могут быть созданы для отвода инфильтрующихся вод, напр., из захорон. вред. отходов. Последние теорет. исслед. (напр., Ross, 1990) позволили вывести простые мат. выражения для анализа поведения идеализир. капилляр. барьера. Однако лаборатор. и полевые исслед. дают результаты, гораздо более слож. в интерпретации. Для этих случаев предложена 2-мерная числовая модель, с успехом использ. для анализа конкрет. случаев.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование

761. *Pusch R., Stanfors R.* The Zone of Disturbance Around Blasted Tunnels at Depth = Исследования по подземному захоронению высокоактивных отходов в Швеции // Intern. J. Rock Mech. and Mining Sci. and Geomech. Abstr. - 1992. - Vol. 29, N 5. - P. 447-456.

762. *Put M.J., Monsecour M., Fonteyne A.* Mobility of the Dissolved Organic Material in the Interstitial Boom Clay Water = Подвижность раство-

ренных органических материалов // *Radiochim. Acta.* - 1992. - Vol. 58-9, N P2. - P. 315-317.

763. *Reactions of cement pore fluids with rock: Implications for the migration of radionuclides* = Взаимодействие поровых флюидов цемента с породой и миграция радионуклидов / С.А. Rochelle, К. Bateman, А.Е. Milodowski et al. // *Water-Rock Interact.* - Rotterdam; Brookfield, 1992. - P. 423-426.

Выполнено эксперим. исслед. взаимодействия основ. породообразующих минералов с поровыми флюидами синтет. цемента при 70°C. Установлено, что взаимодействие сводится гл. обр. к растворению первич. силикатов и осаждению замещаемых натрием, калием, алюминием т. н. С-S-H-фаз, а также гидрогранатов и, возможно, цеолита. Флюидная фаза в целом теряет Са и обогащается Si. Хотя растворяемые силикаты покрываются толстой коркой вторич. продуктов, растворение силикатов не определяют только диффузией. При более высоких рН растворение протекает более активно. Термодинам. моделирование показало, что при больших временах взаимодействия осаждающиеся гидраты силиката кальция могут замещаться цеолитами и/или полевыми шпатами.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; лабораторные исследования

764. *Stephansson O., Shen B. Modelling of rock masses for site location of a nuclear waste repository* = Моделирование породных массивов для задач размещения хранилища ядерных отходов // *Int. J. Rock Mech. and Mining Sci. and Geomech. Abstr.* - 1992. - Vol. 29, N 2. - P. 133A.

С целью изучения пригодности пород. массива (твердые породы, Швеция) для хранения ядер. отходов выполнено числовое моделирование ряда событий, к-рые могут иметь место при хранении (оледенение, землетрясение, вскрытие хранилища горной выработкой, тепловые нагрузки, разбухание бентонита). Показано, что из указ. факторов наибольшее влияние на устойчивость пород. массива в окрестностях хранилища могут иметь оледенение и тепловые нагрузки от разогрева ядер. отходов. Давление разбухания бентонита в скв. с отходами и динам. нагрузки от землетрясения имеют меньшее значение. Для представления ненаруш. пород. массива использовали 2- и 3-мерные модели дискрет. элементов UDEC и 3DEC.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Швеция

765. *Teng S.-P., Lee C.-H. Influence of adsorption properties on radionuclide transport in fractured rock: [Pap.] Annu. Meet. Amer. Nucl. Soc., Boston, Mass., June 7-12, 1992* = Влияние адсорбционных характеристик на перенос радионуклидов в трещиноватой породе // *Trans. Amer. Nucl. Soc.* - 1992. - Vol. 65. - P. 74-76.

Получены аналит. решения ур-ний переноса для единич. трещины при различ. сорбц. характеристиках среды - в отсутствие сорбции, с неравновес. адсорбцией, с равновес. сорбцией. Приведены получ. количеств. оценки.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

766. *Theoretical and experimental simulations of nuclear waste storage in a granite mass (In French)* = Теоретическое и экспериментальное моделирование хранилища ядерных отходов в гранитном массиве (Франция) / A. Rejeb, G. Vokille, B. Pincet, S. Derlich // *Int. J. Rock Mech. and Mining Sci. and Geomech. Abstr.* - 1992. - Vol. 29, N 2. - P. 133A.

В эксперим. подзем. камере на урановой шахте Фане-Ожер (Франция) выполнены испытания с нагревателем для оценки термогидромех. эффектов хранения РАО. Испытания сопровождались точными измерениями тем-р и мех. смещений. Выполнен 2-мерный анализ распределения тем-р и деформаций вокруг камеры с использ. термоупругой и термопластич. моделей материала. Построена 3-мерная модель распределения тем-р. Оценена состоятельность моделей с использ. большого объема эксперим. данных.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; в гранитах; Франция

767. *Underground repository for low- and intermediate-level radioactive waste at Olkiluoto, Finland* = Подземное хранилище для отходов низкой и промежуточной активности в Олкилуото, Финляндия / M. Nykyri, R. Riekela, K. Aikas et al. // *Ibid.* - P. 132A.

Применительно к сооружаемому в Олкилуото (юг Финляндии) хранилищу отходов обсуждаются вопр. предпроект. изысканий, подход к конструированию, а также методы и результаты текущих наблюдений мех. поведения пород. Карьер для хранилища в гранит. породах имеет глубину 60-100 м. С привязкой к геологии анализируются реальное распределение мех. параметров и результаты прогноза распределения тех же параметров с использ. числ. анализа (прогр. UDEC, FLAC, 3DEC).

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; низкоактивные; Финляндия; Олкилуото

768. *Viani B.E., Bruton C.J. Modeling ion exchange in clinoptilolite using the EQ3/6 geochemical modeling code* = Моделирование ионного обмена в клиноптилолите с помощью закодированной геохимической модели EQ3/6 // *Water-Rock Interact.: Proc. 7th Int. Symp., Park City, Utah, 13-18 July, 1992: WRI-7.* - Rotterdam; Brookfield, 1992. - Vol. 1. - P. 73-77.

Для утилизации потенц. запасов ВАО в р-не Юкка-Маунтин необходимы методы, стимулирующие поведение глин и цеолитов при ион. обмене. Использ. стандарт. моделей (Ванселова и Гапона) катион. обмена совместно с закодир. геохим. моделями EQ3NR/EQ6 позволили смоделировать обмен. процесс для 3 участвующих обмен. элементов или для 1-го элемента в 3 независимых позициях. Созданы модели обмена твердое в-во - р-р, в цифровом отношении эквивалент. моделям ион. обмена и также закодиров. Модель Гапона не согласуется с экспериментально получ. изотермами следовых компонентов в клиноптилолите. Односторонняя модель Ванселова может охарактеризовать адсорбцию Cs и Sr на клиноптилолите, для определения содержания К в природ. клиноптилолите необходимо использовать его 2-позиц. модель ион. обмена.

минералы силикаты; клиноптилолит; охрана среды захоронение отходов; радиоактивных

769. *Моделювання* вертикальної міграції радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  в могильниках радіоактивних матеріалів = Моделирование вертикальной миграции радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в могильниках радиоактивных материалов / В.І. Авраменко, М.В. Кузьменко, І.В. Сименюг, А.І. Ситниченко: Препр. / Ин-т теор. фіз. АН України. - 1993. - N 93-23У. - С. 1-13.

Предложена диффуз.-конвектив. модель верт. миграции радионуклидов в приповерхност. захоронениях радиоактив. материалов. Анализируется влияние процессов выщелачивания, сорбции, фиксации и формирования нерастворимых комплексов соединений на интенсивность переноса радионуклидов. На прим. реалист. модели приповерхност. могильника произведены расчеты миграции  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в различ. формах и приведены оценки характерных длин миграции.

радиоактивные отходы; захоронение; радионуклиды; приповерхностная миграция; модели; Украина

770. *Feng X.D., Bates J.K., Buck E.C.* Long-Term Comparison of DNolution Behavior Between Fully Radioactive and Simulated Nuclear Waste Glasses = Сравнение изменчивости растворения полностью радиоактивных и моделируемых стекол с радиоактивными отходами // Nucl. Technol. - 1993. - Vol. 104, N 2. - P. 193-206.

771. *Gureghian A.B., Wu Y.T., Sagar B.* Sensitivity and Uncertainty Analyses Applied to One Dimensional Radionuclide Transport in a Layered Fractured Rock. 1. Analytical Solutions and Local Sensitivities = Анализ радионуклидного проникновения через слоистые и трещиноватые породы. Ч. 1. Аналитические решения и локальные чувствительности // Ibid. - P. 272-296.

772. *Helton J.C.* Drilling Intrusion Probabilities for Use in Performance Assessment for Radioactive Waste Disposal = Методы выведения расчетных процедур для определения вероятных сценариев развития интрузий бурения в геологическом оборудовании для радиоактивных отходов // Reliability Eng. & System Safety. - 1993. - Vol. 40, N 3. - P. 259-275.

773. *Helton J.C.* Risk, Uncertainty in Risk, and the EPA Release Limits for Radioactive Waste Disposal = Риск, неопределенность риска и пределы утечек, установленные ЭПА для хранилищ радиоактивных отходов // Nucl. Technol. - 1993. - Vol. 101, N 1. - P. 18-39.

774. *Kumata M., Vandergraaf T.T.* Technetium behaviour under deep geological conditions = Поведение технеция в условиях глубинного геологического разреза // Radioact. Waste Manag. and Nucl. Fuel Cycle. - 1993. - Vol. 17, N 2. - P. 107-117.

Миграцию технеция в геол. разрезе моделировали на насыщ. под-зем. водами колонке из измен. гранит. пород, отобр. из зоны трещиноватости в гранит. плутоне (глубина 25 м). Эксперименты выполняли при давлениях ~

0,7 МПа в емкости с контролируемым составом атм. в подзем. исслед. лаб. (Манитоба, Канада). Установлено, что технеций сильно сорбируется темными мафич. минералами породы. За исключением очень малой несорбир. фракции, элюир. тритир. водой, вынос технеция не наблюдался. Сильная сорбция связывается с восстановлением Tc(VII), как предполагается, до Tc(IV), хотя подзем. воды имели лишь слабый восстанов. потенциал.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; методы исследования

775. *Lunden I., Andersson K.* Geochemical Modeling of a Bentonite-Groundwater-Rock System in the Presence of Uranium = Геохимическое моделирование системы бентонит-подземные воды-горная порода в присутствии урана // Nucl. Technol. - 1993. - Vol. 104, N 2. - P. 252-257.

776. *Nair R.N., Krishnamoorthy T.M., Pillai K.C.* Radionuclide Transport Through Fractured Porous-Media = Транспорт радионуклидов через трещины пористой среды // Isotopenpraxis. - 1993. - Vol. 29, N 3. - P. 225-236.

777. *Orlowski S.* 25 years of CEC support to geological disposal: Progress and future outlook = 25 лет поддержки со стороны Комиссии Европейских сообществ методов захоронения в глубинных геологических формациях: прогресс и взгляд в будущее // Geol. Disposal Spent Fuel and High Level and Alpha Bear. Wastes: Proc. Int. Symp., Antwerp. 19-23 Oct., 1992. - Vienna, 1993. - P. 11-20.

Первый контракт, заключ. КЕС в 1966 г., был связан с исслед. возможности использ. закрытой в 1964 г. соляной шахты Asse (Германия) в качестве подзем. хранилища РАО. В начале 70-х гг. была начата 1-я долговрем. прогр. КЕС, связ. с хранением РАО и экол. аспектами. С тех пор осуществлялось неск. подоб., поддерж. Советом министров и парламентом Европы, в рамках к-рых идентифицированы основ. пробл., накоплено большое кол-во эксперим. данных, разработаны модели явлений и методология оценок безопасности, сооружаются и эксплуатируются демонстрац. хранилища. Прогр. 1990-1994 гг. направлена на изучение долговрем. характеристик контейнеров и упаковок РАО и техн. защит. устройств, проведение расчет. и эксперим. исслед. миграции радионуклидов, оценок безопасности, а также исслед. возможности использ. трансмутации актинидов для улучшения безопасности долговрем. хранилищ. Совет министров Европы в 1992 г. одобрил план мероприятий ЕС по РАО на период 1993-1999 гг.

778. *Rautman C.A., Reid R.A., Ryder E.E.* Scheduling the Disposal of Nuclear Waste Material in a Geologic Repository Using the Transportation Model = Планирование захоронений ядерных отходов на основе транспортной модели // Operations Research. - 1993. - Vol. 41, N 3. - P. 459-469.

779. *Sauve R.G., Morandin G.D., Nadeau E.* Impact Simulation of Liquid-Filled Containers Including Fluid-Structure Interaction. 1. Theory = Импульсное моделирование заполненных жидкостью контейнеров, включающее взаи-

модействие жидкости и структуры. 1. Теория // J. Pressure Vessel Technol.-Transact of the Asme. - 1993. - Vol. 115, N 1. - P. 68-72.

780. *Sauve R.G., Morandin G.D., Nadeau E.* Impact Simulation of Liquid-Filled Containers Including Fluid-Structure Interaction. 2. Experimental-Verification = Импульсное моделирование заполненных жидкостью контейнеров, включающее взаимодействие жидкости и структуры. 2. Экспериментальная проверка // Ibid. - P. 73-79.

781. *Savage D., Rochelle C.A.* Modeling Reactions Between Cement Pore Fluids and Rock Implications for Porosity Change = Моделирование реакций между жидкими пористыми цементами и породой // J. Contaminant Hydrol. - 1993. - Vol. 13, N 1-4. - P. 365-378.

782. *Sen M.A., Kelk B.* Evaluation of a new integrated software platform for data storage and analysis pertinent to hazardous waste site investigation = Оценка новой объединенной базы программных средств для сбора и анализа данных по опасным отходам // IAHS Publ. - 1993. - N 211. - P. 675-684.

Британ. Геол. о-во проводило гидрогеол. исслед. ОС, сбор данных по переработке и захоронению отходов с 1960 г. После создания компьютер. системы с обшир. БД и широкими приклад. и граф. возможностями совместно с фирмой Intergraph Corporation был разработан и внедрен пакет приклад. прогр., позволяющих осуществлять геол. и гидрогеол. моделирование. Этот пакет позволил объединить ряд разрозн. прогр. для создания общих систем анализа и управления процессами использ. ресурсов и защиты ОС. Описаны техн. ср-ва, необходимые для подключения к работе в системе. На прим. обработки конкрет. информ. показаны преимущества новой системы: удобство перемещения информ. из одних блоков и модулей в др., возможность изменения последовательности действий, выполняемых прогр., быстрая корректировка программного обеспечения по мере поступления новой информ. по данному вопр. и развития методов обработки информ.

опасные отходы; захоронение; информационные системы; пакет программ; комплексные сведения; Великобритания

783. *Swift P.N.* Long-Term Climate Variability at the Waste Isolation Pilot-Plant, Southeastern New-Mexico, USA = Долговременные климатические различия при изоляции радиоактивных отходов на пилотной установке, юго-восток Нью-Мексико, США // Environmental Management. - 1993. - Vol. 17, N 1. - P. 83-97.

784. *Thorne M.C.* The Use of Expert Opinion in Formulating Conceptual Models of Underground Disposal Systems and the Treatment of Associated Bias = Использование экспертной оценки в формулировании концептуальных моделей систем подземного захоронения (размещения) радиоактивных отходов и обработки связанных с ним побочных явлений // Reliability Eng. & System Safety. - 1993. - Vol. 42, N 2-3. - P. 161-180.



785. Wang R.S., Chau A.S.Y., Liu F. Studies on the Adsorption and Migration of Radium in Natural Minerals = Исследования по адсорбции и миграции радия в природных минералах // J. Radioanal. Nucl. Chem.-Articles. - 1993. - Vol. 171, N 2. - P. 347-364.

1994

786. Ananda M.M.A. Reliability Modeling of Engineered Barrier Systems for Nuclear Waste - A Conditional Approach = Надежность моделирования систем сооружаемых барьеров для ядерных отходов - условный подход // Microelectronics and Reliability. - 1994. - Vol. 34, N 7. - P. 1221-1225.

787. Dran J.C., Dellamea G., Moulin V. Interaction of Pseudocolloids with Mineral Surfaces The Fate of the Scavenged Cation = Взаимодействие псевдоколлоидов с поверхностями минералов: что происходит с удаляемым катионом // Radiochim. Acta. - 1994. - Vol. 66-7. - P. 221-227.

788. Geipel G., Thieme M., Bernhard G. Distribution of Uranium and Radionuclides in a Uranium Mining Rockpile in Schlema, Saxony, Germany = Распределение урана и радионуклидов в разработанном урановом горном массиве в Schlema, Саксония, Германия // Ibid. - P. 305-308.

789. Johnson R.O. Nonlinear Adsorption of Uranyl - Analytical Modeling of Liner Migration = Нелинейная адсорбция уранилов - аналитическое моделирование линейной миграции // Ground Water. - 1994. - Vol. 32, N 2. - P. 293-304.

790. Khan S.A. PC-Based Probabilistic Safety Assessment Study for a Geological Waste Repository Placed in a Bedded Salt Formation = Вероятностная оценка безопасности геологического захоронения радиоактивных отходов в слоистой соляной формации на компьютерной основе // Nucl. Safety. - 1994. - Vol. 35, N 1. - P. 128-141.

791. Mullervonmoos M., Kahr G., Madsen F.T. Intracrystalline Swelling of Mixed-Layer Illite-Smectite in K-Bentonites = Изучение долгосрочной устойчивости бетонита при захоронении радиоактивных отходов // Clay Miner. - 1994. - Vol. 29, N 2. - P. 205-213.

792. Soppe W.J., Prij J. Kinetic-Model Calculations of Colloid Growth in NaCl = Ядерные аппаратура и методы в физическом исследовании взаимодействия  $\beta$ -лучей с материалами и атомами // Nucl. Instruments & Methods in Physics Research Section B-Beam Interactions with Materials and Atoms. - 1994. - Vol. 91, N 1-4. - P. 92-96.

793. Soppe W.J., Prij J. Radiation-Damage in a Rock-Salt Nuclear Waste Repository = Радиация в скальных соляных депозитариях ядерных отходов // Nucl. Technol. - 1994. - Vol. 107, N 3. - P. 243-253.

794. *Zimmie T.F., Mahmud M.B., De A.* Accelerated Physical Modeling of Radioactive Waste Migration in Soil = Моделирование миграции радиоактивных отходов в почвах с помощью физического ускорителя // *Can. Geotachn. J.* - 1994. - Vol. 31, N 5. - P. 683-691.

#### 4.5. Оценка пригодности геологической среды для захоронения

1989

795. *Heremans R.H.* Seance IV - Rapport de synthese du president = Долговременное хранение радиоактивных отходов в Бельгии // *Proc. NEA Workshop Excav. Response Geol. Repositories Radioact. Waste, Winnipeg, 26-28 Apr., 1988.* - Paris, 1989. - P. 529-532.

Наиболее пригод. с точки зрения безопас. долговрем. хранения РАО считаются типы формаций: граниты, соляные отложения и глины. Пригодность этих формаций для стр-ва хранилищ в каждом случае определяют индивидуально. Исслед. глин на площадке Boom проводится лаборатор. способом на глубине 223 и 247 м. Обсужден порядок выдачи лицензий на эксплуатацию долговрем. хранилища.

796. *Langer M., Pahl A., Wallner M.* Les effets des travaux d'excavation dans les depots souterrains dans les formations sel = Отклики на экскавацию в подземных хранилищах, расположенных в соляных формациях // *Ibid.* - P. 351-386.

Описана работа ФРГ по проектированию и сооружению подзем. хранилищ РАО в формациях камен. соли. Анализ геотехн. стабильности - важная пробл. при оценке безопасности. Он включает инж.-геол. исслед. площадки, лаборатор. и полевые эксперименты, геомехан. моделирование и числ. стат. расчеты. При выемке грунта прослеживаются основ. реолог. процессы в камен. соли: пластичность, ползучесть и трещиноватость. Целостность геол. барьера может быть оценена только путем расчетов, использующих обосн. геомехан. и гидрогеол. модели. Надлежащая идеализация первич. породы в расчет. модели является основой реалист. расчетов распределения температур, напряжения и вызв. экскавацией повреждения. Приведены нек-рые результаты таких расчетов для проекта хранилища Gorleben и исслед. шахты ASSE II.

797. *Rothemeyer H., Viehl E.* Endlagerung radioaktiver Abfalle = Удаление радиоактивных отходов в ФРГ: состояние и перспективы // *Phys. unserer Zeit.* - 1989. - Bd 20, N 4. - S. 116-124.

Рассмотрены состояние и перспективы удаления РАО в ФРГ, где принята основ. концепция об окончат. захоронении ВАО в подзем. хранилищах Горлебен и Конрад, располож. в горизонт. формациях. Приведены техн. характеристики подзем. хранилищ Горлебен/Конрад.

798. *Sargent K.A.* Potential host media for radioactive waste = Минеральные породы, потенциально пригодные для захоронения радиоактивных отходов // US Geol. Surv. Prof. Pap. - 1989. - N 1370 C. - P. 20-22.

Рассматриваются минер. среды, потенциально пригод. для изоляции ВАО в р-нах Рио-Гранде, Нью-Мексико и Техас (США): интрузив. породы, как гранит и др. крупнозернистые плутон. породы, базальтовые туфы, особенно если слои их достаточно уплотнены и имеют толщину более 100 м, базальтовые и базальтово-андезитовые лавовые породы, также с толщиной слоев более 100 м.

радиоактивные отходы; захоронение; минеральные породы; США, Рио-Гранде, Нью-Мексико и Техас

799. *Wakamatsu Hisao, Hatta Masahisa.* Разработка технологии захоронения высокорadioактивных отходов // Ишикавадзима-харима гихо = Ishikawajima-harima eng. rev. - 1989. - Vol. 29, N 5. - P. 326-331.

Обзор. В Японии ВАО после промежуточ. хранения должны захороняться в глубоких геол. хранилищах. В кач-ве голов. орг-ции в обл. НИОКР по геол. захоронению выступает фирма PNC (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corp.) В тесном сотрудничестве с фирмами Westinghouse Electric Corp. (США), к-рая активно участвует в реализации прогр. долговрем. хранилищ в США, фирма INI проводит НИОКР в этой части, а также, в частности, по упаковке ВАО и по разработке методики расчета срока службы контейнеров с ВАО в корроз. условиях. Срок службы этих контейнеров превышает 1000 лет, причем должны быть учтены характеристики буфер. материалов, включающих коэф. теплопередачи, геохим. и гидрол. характеристики подзем. окружения.

800. *Wang Z.* Study of inorganic sorbents as material for underground repositories in China = Изучение неорганических сорбентов как материала для подземных хранилищ в Китае // Trans. 10th Int. Conf., Struct. Mech. React. Technol., Anaheim, Calif., 14-18 Aug., 1989. - Los Angeles (Calif.), 1989. - P. 135-140.

С использ. комплекса аналит. и эксперим. методов изучали св-ва бентонитов 2 месторождений (Са-бентонитов и Na-бентонитов). Оба их типа имеют высокие сорбц. характеристики по отношению к радионуклидам и Na-бентониты имеют ряд преимуществ, связ. с лучшей способностью к набуханию. Кач-во сырья зависит также от содерж. и кач-ва монтмориллонита. Дано объяснение кинетики и механизма абсорбции на основе физ.-хим., кристаллограф., минерал., геохим. и радиохим. характеристик. Изучены характеристики материала из смеси клиноптилолита с цеменитами и др. компонентами, входящими в состав буровых р-ров. Отвердевшую смесь изучали на скорость выщелачивания. Исслед. продолжаются.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Китай

1990

801. *Analysis* of aluminosilicate glass samples from the MIIT in situ WIPP salt burial test = Анализ образцов алюмосиликатного стекла после экспе-  
124

риментов по захоронению в каменной соли, программа MIIT, проект WIPP / J.C. Tait, P.J. Hayward, W.H. Hocking et al. // Nucl. Waste Manag. III. - Westerville (Ohio), 1990. - P. 363-376.

Прогр. MIIT (эксперим. исслед. р-ций на поверхностях материалов) выполняется на междунар. основе, ориентированной на изучение устойчивости контейнеров и остекл. отходов. В рамках проекта WIPP (захоронение остекл. переработ. топлив. отходов, шт. Нью-Мексико, США) образцы материалов в 1986 г. были погружены в сухие подзем. скв. с нагревателями, пробурен. с горизонта 650 м соляной шахты. Они находились в контакте с образцами глин и солей. По результатам исслед. извлеч. из скв. образцов обсуждаются изменения, произошедшие на поверхностях алюмосиликат. стекла. Показана, в частности, важная роль жид. флюид. фазы, возникающей за счет жид. включений в соли. Наблюдается значит. обогащение поверхностей бором. Описан характер хим. равновесия.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; каменная соль; проект WIPP; США; Нью-Мексико

802. *Backblom G., Karlsson F.* Swedish programme for disposal of radioactive waste. Geological aspects = Шведская программа захоронения радиоактивных отходов. Геологические аспекты // Geol. foren. Stockholm forhandl. - 1990. - Vol. 112, N 4. - P. 307-315.

Показана необходимость создания в Швеции системы работ с отходами с высокой степенью безопасности на длит. сроки. Соврем. техн. ср-ва и технологии позволяют создать высокобезопас. конструкцию для окончат. захоронения долгоживущих отходов (срок ввода ~ 2020 г.). Разработана соотв. прогр. НИОКР: описание зон нарушений в пород. массивах; описание пород. массивов с низкой водопроводимостью; исслед. постледниковых разрывных тектон. нарушений; роль природ. аналогов хранилищ ядер. отходов. Обоснована необходимость реализуемого проекта подзем. лаб. для изучения твердых горных пород.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Швеция

803. *Cadelli N., Girardi F., Saltelli A.* PAGIS: performance assessment of geological isolation systems - PAGIS: [Группа по] всесторонней оценке геологических изолирующих систем // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 229-236.

PAGIS - специализир. группа ЕС, основ. для изучения пригодности геол. формаций (глины, граниты, соли, подстилающие толщи морей и океанов) для инж. оборудования в их пределах хранилищ ВАО. Основ. роль в предотвращении распространения радиоактив. заражения за геологические длит. время распада основ. радионуклидов отводится геол. образованиям. Инж. сооружения свои основ. ф-ции по изоляции отходов выполняют на ранних этапах хранения. Все перечисл. формации могут быть вместилищами для захоронения РАО, однако критериев для предпочтения тех или иных из них пока не выработано.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; PAGIS - специализированная группа Европейского сообщества

804. *Comparison of fundamental properties of Japanese bentonites as buffer material for waste disposal: [Pap.] 9th Int. Clay Conf., Strasbourg, 1989 = Сравнение основных свойств японских бентонитов как буферного материала для хранения отходов / H. Ishikawa, K. Amemiya, Y. Yusa, N. Sasaki // Sci. geol. - 1990. - N 87. - P. 107-115.*

Бентонит - один из перспектив. буфер. материалов при изоляции РАО в геол. среде в Японии. Для первич. оценки буфер. св-в выполнено сравнение пром. типов бентонита. На основе опубл. данных отобрано 8 видов сырья. Они исследовались в лаб. с целью определения минерал. и хим. состава, мех. св-в, набухания, тепловых и гидрол. св-в. Не установлено значит. отличий св-в яп. бентонитов в сравнении с бентонитом МХ-80, используемым в ряде стран в кач-ве стандарта. Приведены данные о влиянии содерж. хлорида натрия на набухание и гидрол. характеристики.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; бентониты; буферный материал; Япония

805. *De Long M.M., Nelson C.R., Petersen D.L. Subsurface cavern system requirements for compressed air energy storage and associated uses = Требования к системе подземных каверн для аккумуляции энергии в виде сжатого воздуха и для связанных задач // Tunnel. and Underground Space Technol. - 1990. - Vol. 5, N 4. - P. 315-318.*

Хранилище проектируется в докембрийских гранитах шт. Миннесота, США. Изучаются возможности создания основ. каверны на глубинах 450 или 540 м с давлением соответственно 4,5 и 5,4 МПа. Граниты характеризуются относительно слабой трещиноватостью (расстояние между трещинами от 6 до 15 м и более), что позволяет добывать здесь крупноблоч. и облицовоч. материал на небольших глубинах открытым способом. Др. благоприят. характеристики р-на - низкая сейсмичность и умер. мех. напряжения тектон. происхождения. Основ. внимание уделено обоснованию экон. и техн. параметров аккумуляции энергии в виде сжатого воздуха.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; граниты; США; Миннесота

806. *Drabek M. Mineralogické aspekty ukládání radioaktivních odpadů = Минералогические аспекты захоронения радиоактивных отходов // Geol. pruzk. - 1990. - Vol. 32, N 11. - P. 340-341.*

минералогия общие вопросы; радиоактивные отходы; охрана среды захоронение отходов; Чехословакия минералогия

807. *Kascheev V.A., Poluektov P.P., Polyakov A.S. The role of convection in the process of liquid transfer under temperature gradient in crystalline massives of halite = Роль конвекции в процессе перемещения жидкости под действием температурного градиента в кристаллических массивах галита // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 1001-1003.*

Наиболее благоприят. условия для создания хранилищ ядер. отходов существуют в массивах галита. Преимущества этих образований обеспечи-

ваются отсутствием в них потоков воды, относит. тектон. стабильностью, пластичностью и высокой теплопроводностью. Однако линзы рассолов в окрестности хранилища под действием градиентов тем-ры, формирующихся под воздействием теплового эффекта излучений радионуклидов, способны перемещаться, и скорость их движения может оцениваться единицами метров в год. Это обстоятельство снижает уровень надежности изоляции радионуклидов в галитах.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; галит

*808. Safety assessment of HLW disposal in Switzerland: lessons learned* = Опыт оценки безопасности захоронения высокоактивных отходов в Швейцарии / J. Hadermann, C. McCombie, I.G. McKinley, P. Zuidema // Ibid. - P. 201-210.

В Швейцарии принята и реализуется концепция захоронения ВАО в подзем. выработках в глубокозалегающих породах. В кач-ве среды захоронения рассматриваются породы кристал. основания сев. Швейцарии. Применительно к этой среде осуществлена дет. оценка безопасности захоронения (проект Gewähr, начатый в 1985 г.). Изучаются геол. аспекты возмож. захоронения в породах осадоч. чехла тех же р-нов. Охарактеризованы особенности подхода и выделены ключевые пробл. оценки безопасности. Рассмотрены основ. различия подходов, в к-рых средой захоронения являются соответственно кристал. и осадоч. породы. Намечены направления дальнейших исслед.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; Швейцария

*809. Sargent K.A. Potential host media for radioactive waste* = Потенциальная вмещающая среда для радиоактивных отходов [в зоне Бонвилл, штаты Юта и Невада // US Geol. Surv. Prof. Pap. - 1990. - N 13706. - P. 16-17.

При проектировании подзем. хранилищ ВАО в указ. зоне в кач-ве вмещающей среды могут рассматриваться: интрузив. породы, напр., граниты; пеплово-лавовые туфы, особенно сильно спекшиеся и имеющие мощность более 100 м; базальтовые и базальт-андезитовые лавы. В водоненасыщ. зоне разреза к потенциально вмещающим могут быть отнесены также осадоч. породы, напр., глины. Соленос. и др. эвапоритовых пород в зоне Бонвилл не выявлено. Приведены описания распределения и размеров выходов, а также состава перечисл. типов пород. Построена картосхем. размещения выходов пород и водоненасыщ. зон разреза. Мощность последних, как правило, свыше 150 м.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; США; Бонвилл

*810. Sargent K.A., Marey D.R. Studies of geology and hydrology for isolation of high-level radioactive waste. Quaternary tectonism* = Изучение геологии и гидрогеологии районов возможного захоронения высокоактивных радиоактивных отходов. Четвертичная тектоника [района Бонвилл] // US Geol. Surv. Prof. Pap. - 1990. - N 1370G. - P. 18-20.

Р-н Бонвилл расположен у границы штатов Юта и Невада. Он характеризуется относительно слабой сейсмичностью (макс. магнитуда 4,3). Тепловой поток изменяется от 2 до 2,5 ед. теплового потока. Известна локальная аномалия со значением 9,29 ед. теплового потока. Установлено неск. четвертич. разломов, движения по к-рым происходили 10000 лет назад. В р-не нет вулканитов моложе 2 млн. лет. Вертик. движения в сред. составляют 2-4 мм в год. Во многом они связываются с изменением глубины оз. Бонвилл. Крупнейшие фотолинеаменты соответствуют структурам, возникшим 15-20 млн лет назад. Движения по ним не возобновлялись последние 500000 лет. Современ. тектоника определяется растяжениями, менее интенсив., чем на востоке вблизи границы. Провинции бассейнов и хребтов, и изостат. движениями, связ. с изменением вод. заполнения оз. Бонвилл.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; США; Бонвилл

*811. Secondary check of plan for LLW storage center begins =* Могильник для захоронения низкоактивных отходов Rokkasho, Япония // *Atoms Jap.* - 1990. - Vol. 34, N 2. - P. 21.

Фирма JNFI планирует стр-во могильника для захоронения НАО на 20 тыс. бочек емкостью 200 л каждая. Могильник будет расположен на площадке Rokkasho (префектура Аомори). Проектом предусмотрено сооружение 40 подзем. бетонир. бункеров с размерами 24×24×6 м, располагаемых на глубине 12 м под 6-метровым слоем грунта. Обоснование безопасности могильника на расчет. срок консервации РАО 300 лет выполнено с учетом воздействия ГВ и гипотет. авиац. катастрофы. Макс. доза облучения не должна превысить 13 мбэр при допуске значения дозы ок. 500 мбэр.

*812. Sobolev I.A., Barinov A.S., Ozhovan M.I. Some safety aspects of intermediate-level waste disposal in shallow clay formations =* Некоторые вопросы безопасности хранилища отходов средней активности в неглубоко залегающих глинистых отложениях // *C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact.*, Paris, 9-13 oct., 1989 / *AEN-AIEA-CCE.* - Paris, 1990. - P. 607-618.

Приведены результаты полномасштаб. испытаний неглубоко залегающего хранилища с разными формами (сцементир., битуминир. и остекл.) САО, образующихся в процессе эксплуатации АЭС с реакторами кан. типа. Получ. информ. использована для сравнит. оценок вред. последствий заражения среды. Числовые характеристики свидетельствуют о преимуществах процесса остеклования для отходов данного типа.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; среднеактивные; глины

*813. Vortrage des Seminars Geotechnische Fragestellungen bei Untertagedeponien und Transportvorgangen: 3. Oktober 1989 Aachen =* Доклады семинара по геотехническим проблемам подземных захоронений (отходов) и транспортировки // *Veroff. Inst. Grundbau, Bodenmech., Felsmech. und Verkehrswasserbau RWTH, Aachen.* - 1990. - N 18. - S. I, 1-351.

В сер. докл. рассматриваются результаты изучения пробл., возникающих при захоронении и транспортировке РАО в подзем. выемках вообще и на прим. шахты Конрад. В частности, освещены исслед. последствия обрушения подзем. выработок для нарушения экол. обстановки.

инженерная геология охрана среды; строительство промышленное; радиоактивные отходы; захоронение; транспортировка; Германия

1991

*814. Дмитриева М.Т.* Туннельные структуры - поглотители радиоактивных отходов // Прикладные и экологические аспекты минералогии. - М., 1991. - С. 50-52.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

*815. Доу К.* Геохимические аспекты захоронения радиоактивных отходов = Nuclear Engineering // Гэнсиреку коге. - 1991. - Vol. 37, N 8. - P. 54-55.

Обсуждаются основ. геохим. факторы, определяющие выбор места для захоронения НАО и ВАО, и способы оборудования хранилищ для таких отходов, исключающие опасность вторич. загрязнения ОС.

инженерная геология охрана среды; захоронения; радиоактивные отходы; геохимические аспекты

*816. Конухин В.П., Комлев В.Н.* Захоронение радиоактивных отходов. - Апатиты, 1991. - 91 с.

*817. Корценштейн В.Н.* О возможности создания подземных хранилищ особо опасных отходов производства в соленосных отложениях земной коры // Докл. АН СССР. - 1991. - Т. 318, N 3. - С. 687-691.

инженерная геология строительство; горное; захоронение; радиоактивные отходы; соленосные отложения

*818. Кривохатский А.С., Савоненков В.Г., Rogozin Ю.М.* Геохимические аспекты использования залежей каменной соли для захоронения радиоактивных отходов: Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук. - 1991. - N 4. - С. 43-45.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; каменная соль; геохимия

*819. Обоснование условий локализации высокоактивных отходов и отработавшего ядерного топлива в геологических формациях / О.Л. Кедровский, И.Ю. Шишиц, Т.А. Гупалот и др. // Атом. энергия. - 1991. - Т. 70, N 5. - С. 294-297.*

инженерная геология строительство; горное; захоронения; радиоактивные отходы; локализация

*820. Подземное захоронение радиоактивных отходов в практически непроницаемых горных породах / В.А. Казарян, Ю.Т. Жадовец, А.С. Ба-*



ринов, Г.Н. Нечай: Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук. - 1991. - N 4. - С. 45-47.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; геологические формации

821. *Сивинцев Ю.В.* Проект "Конрад" по захоронению радиоактивных отходов в ФРГ. Ч. 2 // Атом. техника за рубежом. - 1991. - N 5. - С. 8-15.

Описан могильник, предназнач. для окончат. захоронения тепловыделяющих НАО и САО, образующихся на АЭС, радиохим. з-дах и установках и др. объектах. Приведены геотехн. особенности железо-руд. шахты Конрад, концепции могильника, оценка его производительности и основ. положения контроля за упаковками с отходами.

инженерная геология строительство; горное; захоронение радиоактивных отходов; ФРГ; "Конрад"

822. *Berg H.P., Brennecke P., Harnack K.* The Konrad Ore Mine as the Planned Repository for Radioactive Wastes with Negligible Heat-Generation = Рудная шахта Конрад на планируемое хранилище радиоактивных отходов с незначительной генерацией тепла // *Kernenergie*. - 1991. - Bd 34, N 4. - S. 159-168.

823. *Disposal of spent HTR fuel elements =* Захоронение использованных топливных элементов высокотемпературных ядерных реакторов / H. Brucher, D. Niephaus, E. Barnert, K. Kroth // *High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande (Ill.); N.Y.*, 1991. - P. 340-346.

В Германии перспектив. считается вариант захоронения использ. твэлов высокотемператур. реакторов в глубоких вертикал. скв., пробур. в камен. соли. Готовится эксперимент по спуску твэлов в скв. на шахте Ассе, с последующим их извлечением. Параллельно разрабатывается технология окончат. захоронения в скв. Скв. не обсаживается, заполнителем и буфером является дробленая камен. соль.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; Германия; Ассе

824. *Ebel K.* The Morsleben Repository for Low and Medium Level Radioactive Wastes = Хранилище для отходов с низким и средним уровнем радиации // *Atomwirt.-Atomtech*. - 1991. - Bd 36, N 11. - S. 500-503.

825. *Giere R., Terry W.C.* Metasomatic zirconolite: Crystal chemistry, corrosion and implications for radioactive waste disposal = Метасоматический цирконолит: кристаллохимия, коррозия и выводы для хранения радиоактивных отходов // *Jt Annu. Meet. Soc. Econ. Geol., Toronto, May 27-29, 1991 / Geol. Assoc. Canada (GAC) and Miner. Assoc. Canada (MAC)*. - [Toronto], [1991]. - P. A44.

Цирконолит (идеальная формула  $\text{CaZrTi}_2\text{O}_7$ ) приурочен к жилам гидротерм. происхождения, развитых в доломитовых мергелях на контакте с интрузией третич. доломитов (Сев. Италия). Анализируется минер. состав 4 различ. зон жил. В 2 зонах отмечен цирконолит в кач-ве аксессуар. минерала

ла; исследованы вариации его состава и коррозия поверхностей. Установлено, что гидротерм. флюиды содержали  $H_2S$  и/или  $H_2$ ,  $CO_2$ ,  $HCl$  и  $HF$ , способные растворять цирконолит. Это осложняет концепцию хранения. СИНРОК-С, где цирконолит - один из основ. компонентов, иммобилизующих радионуклиды. Полная иммобилизация радионуклидов в цир-конолите при наличии гидротерм в зоне захоронения может быть обеспечена только при дополн. использ. экрана из химически инерт. материала.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

826. *Informationsveranstaltung* "Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für untertagige Deponie und Endlagerung von Sonderabfällen in Salzformationen" = Информационная система, исследовательские и развивающиеся работы для подземных отвалов и скоплений отходов в соленосных формациях [Германия] // *Neue Bergbautechn.* - 1991. - Bd 21, N 7. - S. 279.

30 апр. 1991 г. в Маркклеберге (Германия) проведен коллоквиум "Исследовательские и развивающиеся работы в зонах захоронения отходов в пределах соленосных месторождений" с участием 50 специалистов предприятий Германии. Заслушано 8 докл. по пробл. подзем. захоронения токсич. продуктов и использ. для этих целей выработ. пространства соленос. месторождений, моделирования и лаборатор. - 101 исслед.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; соленосные формации; Германия

827. *Kutzner H.J., Herrmann D., Eschrich H.* Potential Influence of Microbial Activity on the Migration of Radionuclides from Repositories for Radioactive Wastes = Потенциальное влияние микробальной активности на миграцию радионуклидов из хранилища радиоактивных веществ // *Radiochim. Acta.* - 1991. - Vol. 52-3, N P2. - P. 305-309.

828. *Nativ R.* Radioactive Waste Isolation in Arid Zones = Изоляция радиоактивных отходов в засушливых зонах // *J. Arid Environments.* - 1991. - Vol. 20, N 2. - P. 129-140.

829. *Schmidt G.* Radioaktive Abfälle = Радиоактивные отходы // *Око-Митт / Inst. angew. Okol., Freiburg.* - 1991. - Vol. 14, N 4. - P. 20-23.

Пробл. нейтрализации и захоронения РАО приобретает все большую остроту в связи с увеличением кол-ва действующих ЯР. В США РАО 3 реакторов предполагается складировать в пустыне Невада. Считается, что сооруж. здесь подзем. хранилища гарантируют сохранность РАО в течение 10 тыс. лет. В Швеции будет сооружено хранилище в массивах гранитов для отходов 12 реакторов. Во Франции в гранитах Центр. массива строятся камеры для закладки РАО 55 реакторов, гарантия нераспространения продуктов их распада 300 лет. Разрабатываются также проекты захоронения РАО 38 реакторов Великобритании, 5 Швейцарии и др. стран.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Западная Европа

830. *Sicherheitsanalyse* des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) = Исследования по безопасности захоронения радиоактивных от-

ходов в Морслебене [Германия] // GRS-Ber. - 1991. - N 79. - S. 1-14, 1a-16a, I-IV.

Соляные копи Морслебен расположены на земле Нижняя Саксония. Шахта расположена в грабене, огранич. тектон. сбросами с востока от триасовой платформы, а с запада - от массива Лаппвальд. В геол. строении принимают участие соленос. отложения цехштейна (пермь) мощностью неск. сот метров: гипсы, ангидриты, камен. соль, глины и пр. Мощность кепрока колеблется в пределах 10-200 м. Выше залегают алевролиты, аргиллиты и песчаники юры и мела, перекрытые рыхлыми четвертич. отложениями. Диапировый соляной шток простирается с с.-з. на ю.-в. на 50 км при ширине 2 км. Разработаны рекомендации по безопасности ведения назем. работ, а также подзем. на глубине 500 м (транспортировка, складирование и хранение), предусматривающие проведение радиол. геол., гидрогеол. исслед., снабжение населения и рабочего персонала дозиметрами и т. д.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Германия; Морслебен

*831. Teertstra D.K., Sherriff B.L.* Mas-NMR study of natural and synthetic minerals of the analcimepollucite series, with implications for nuclear waste containment = Изучение природных и синтетических минералов анальцим-поллуцитового ряда с помощью масс- и ЯМР-спектроскопии с выводами для фиксации ядерных отходов // Jt Annu. Meet. Soc. Econ. Geol., Toronto, May 27-29, 1991 / Geol. Assoc. Canada (GAC) and Miner. Assoc. Canada (MAC). - [Toronto], [1991]. - P. A123.

Минералы указ. ряда ( $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6\text{H}_2\text{O}-\text{CaAlSi}_2\text{O}_6$ ) являются петрогенет. индикаторами высокой степени фракционирования редкозем. гранит. пегматитов. Они очень интересны, так же как природ. аналоги минерал. фаз, для фиксации радиоактив.  $^{135}\text{Cs}$  и  $^{137}\text{Cs}$ . Для изучения спектров ( $^{29}\text{Si}$  и  $^{27}\text{Al}$ ) синтез. куб. фаз анальцима-поллуцита, кристаллизовавшихся при  $\sim 200^\circ\text{C}$ , использовали MAS-NMR-спектроскопию. Установлена, в частности, зональность роста по Na/Ca. Природ. куб. анальцим, однород. по составу дупреломляющий цезиевый анальцим и 1-фазный куб. поллуцит изменяются в зависимости от состава, структуры и тем-ры образования.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; методы исследования

*832. Weber W.J.* The Effect of Radiation on Nuclear Waste Forms = Эффект радиации ядерных отходов // Jom-Journal of the Minerals Metals & Mater. Soc. - 1991. - Vol. 43, N 7. - P. 35-39.

1992

*833. Андреева О.В.* Бентонитовые глины Приаргунья, их генезис и возможность использования при захоронениях высокоактивных отходов // Докл. АН (Россия). - 1992. - Т. 326, N 4. - С. 683-687.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные

834. *Анисимов Л.А.* Захоронение отходов в геологические формации на территории Нижнего Поволжья // Экологические проблемы сельского и водного хозяйства Поволжья. - Саратов, 1992. - С. 19-20.

В Нижнем Поволжье подлежат захоронению в геол. формации: пластовые воды, добываемые с нефтью и газом; сброс. воды оросит. систем; отходы хим. пр-в; РАО. Эти отходы не могут быть утилизированы с помощью соврем. технологий, поэтому проведение исслед. и выбор полигона для захоронения приобретает особую актуальность. На территории Нижнего Поволжья можно предложить ряд объектов, благоприятных для строительства в верх. гидрогеол. зоне, в непроницаемых глинистых и соленос. толщах и в глубоких горизонтах осадоч. толщи.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; жидких; Поволжье

835. *К теории* самозахоронения высокоактивных отходов / В.А. Кашцев, А.С. Никифоров, П.П. Полуэктов, А.С. Поляков // Атом. энергия. - 1992. - Т. 73, N 3. - С. 215-221.

Обсуждаются теор. аспекты процесса самозахоронения ВАО. Указ. процесс подразумевает погружение контейнера с отходами в глубин. геол. формации посредством лок. проплавления горной породы в окрестности контейнера в результате тепловыделения отходов. Изучена зависимость скорости погружения контейнера с ВАО в глубь массива от мощности их тепловыделения, а также теплофиз. св-в горной породы. Проанализировано влияние изменения плотности породы при плавлении, а также динамики трещиноватости породы на скорость погружения контейнера.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные

836. *Кедровский О.Л.* Использование подземного пространства для вечного захоронения радиоактивных отходов // Подзем. и шахт. стр-во. - 1992. - N 2. - С. 2-7.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

837. *Комлев В.Н., Конухин В.П.* Радионуклиды и минералы - сосуществование в природных и техногенных условиях. - Апатиты, 1992. - 146 с.

838. *Полуэктов П.П., Кашцев В.А., Поляков А.С.* Радиоактивные отходы - в недра // Наука в России. - 1992. - N 4. - С. 22-26.

Обсуждаются технологии "самозахоронения" РАО в геол. среду. Помещ. в спец. контейнер РАО будут разогревать тело контейнера до тем-ры плавления горных пород и опускаться под действием силы тяжести в образующемся вокруг контейнера жид. расплаве пород к центру Земли. Рассматривается самопогружение контейнера с РАО в растворимых породах (отложения солей, известняков). Обсуждаются вопр. материалов, формы и веса контейнера, контроля их движения, скорости изменения св-в геол. среды.

инженерная геология; охрана среды; захоронение отходов; недра; контейнеры; радиоактивные отходы; самопогружение

839. *Тутов А.Г., Колычева Т.И.* Фиксация натрия в соединении со структурой типа нефелина в процессе отверждения радиоактивных отходов

// Материалы 12 Совещ. по рентгенографии минерал. сырья, Сочи, март, 1992. - М., 1992. - С. 173.

кристаллография; кристаллохимия; нефелин; охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

840. Яковлев В.С., Вологин В.В, Иоанесян Ю.Р. Приоритетная акустическая технология интенсивного сооружения в месторождениях каменной соли подземных выработок-емкостей для хранения нефтепродуктов и захоронения вредных промышленных отходов и радиоактивных веществ // Науч.-техн. достижения / Всерос. НИИ межотрасл. информ. - 1992. - N 2. - С. 30-32.

Описана возможность создания и использ. в практике отечеств. подзем. резервуаростроения в месторождениях камен. соли подзем. хранилищ для хранения и захоронения различ. в-в, в т. ч. и РАО. Обоснована целесообразность применения приоритет. акуст. технологии создания подзем. выработок-емкостей "капельвидной" формы, обладающей длит. устойчивостью и эксплуатат. надежностью.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; каменная соль

841. Backblom G. Aspo hard rock laboraty-high-lights = Лаборатория твердых пород Аспе (Швеция) - обзор деятельности // 29th Int. Geol. Congr., Kyoto, 24 Aug. - 3 Sept., 1992: Abstr. - [Kyoto], 1992. - Vol. 1. - P. 86.

геохимия; общие вопросы; захоронение ядерных отходов; деятельность лаборатории; Швеция

842. Containing nuclear waste = Изоляция ядерных отходов // Chem. Brit. - 1992. - Vol. 28, N 4. - P. 308.

В пробл. природ. аналогов хранилищ РАО особое место занимают результаты исслед. природ. ЯР Окло (Габон). Выделен геохим. аспект пробл. изоляции ядер. отходов. Подчеркивается, что твердое орг. в-во может быть лучшим экраном радиоизотопов, чем глины. Указано, что землетрясения и вулканизм не играли крит. роли в миграции радиоизотопов из природ. реактора.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Габон; Окло

843. Hrasna M., Kovacikova M., Vojtasko I. Mapy vhodnosti uzemia na ukladanie odpadu v mierke 1:50 000 a ich vyuzitie pri vybere lokalit skladok odpadu = Карты пригодности земель [Словакии] для хранения отходов (м. 1:50 000) и их использование при выборе участков хранения // Miner. slov. - 1992. - Vol. 24, N 5-6. - P. 493-440.

Обсуждаются принципы построения карт пригодности земель для хранения отходов, их функцион. назначение, способы принятия решений о локализации уч-ков хранения. Приведена классиф. геоморфол. факторов, влияющих на выбор уч-ков. Выделены неск. степеней потенц. риска загрязнения подзем. вод от отходов. Даны рекомендации по процедуре окончат. выбора оптим. уч-ков.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Словакия

844. Koide H. Prediction of tectonic stability in an island arc region for waste disposal = Прогнозирование тектонической стабильности в островных дугах (регион для захоронения отходов) // 29th Int. Geol. Congr., Kyoto, 24 Aug. - 3 Sept., 1992. - [Kyoto], 1992. - P. 15.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

845. Lutze W., Grambow B. The Effect of Glass Corrosion on Near-Field Chemistry = Химические процессы вблизи радиоактивных отходов // Radiochim. Acta. - 1992. - Vol. 58-9, N P1. - P. 3-7.

846. Pennsylvania screens nuke-waste sites = Выбор мест для размещения радиоактивных отходов [низкой активности] в Пенсильвании // Geotimes. - 1992. - Vol. 37, N 11. - P. 9-10.

Согласно инструкциям ряд территорий сразу исключается из рассмотрения: парки, лесные массивы, а также обнажения известняков или др. карбонат. пород; глубина захоронения должна быть не менее 15 м в пласте мощностью не менее 1,5 м и в обл., не подверж. проседанию, и др., окончат. решение по выбору мест будет принято после детальной характеристики неск. уч-ков.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; низкоактивные; США; Пенсильвания

847. Visite du centre de stockage de l'Aube = Посещение центра хранения [отходов] в Об // Geochronique. - 1992. - N 41. - P. 23.

Фр. союз геологов (UFG) организовал в окт. 1991 г. посещение геологами нового центра хранения НАО в Об (вост. часть Парижского бассейна), принадлежащего агентству ANDRA. Геологи знакомились с технологией хранения отходов и обеспечения безопасности. На прим. обнажений геол. разреза объяснены геол. критерии выбора уч-ка.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; низкоактивные; Франция; Об

848. Widing E., Hedman T., Backblom G. Requirements for storage and disposal of nuclear waste in crystalline bedrock = Требования к хранению и захоронению ядерных отходов в трещиноватых кристаллических породах // Int. J. Rock Mech. and Mining Sci. and Geomech. Abstr. - 1992. - Vol. 29, N 2. - P. 134.

В Швеции промежуточ. хранение ОЯТ и захоронение НАО и САО осуществляются в среде кристал. пород. Рассмотрены процессы создания подзем. сооружений для захоронения отходов и подзем. лаб. Описаны подзем. исслед. лаб. Эспе, камеры для промежуточ. хранения и камеры в гранитах мор. дна в р-не Форсмарк. Показаны особенности проходки и выемки пород, регистрации деформаций, сооружения дополн. барьеров.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; кристаллические породы; Швеция

849. Wood S.A. Theoretical prediction of the stabilities of rare earth element complexes with carboxylic acid anions: application to nuclear waste

disposal = Теоретический прогноз устойчивости комплексов редкоземельных элементов с анионами карбоксильных кислот: с точки зрения проблемы размещения ядерных отходов // 29th Int. Geol. Congr., Kyoto, 24 Aug. - 3 Sept., 1992. - [Kyoto], 1992. - P. 222.

геохимия элементов; редкоземельные элементы, комплексы; моделирование, устойчивость, миграция; геохимия охрана среды; захоронение радиоактивных отходов

1993

850. *Кедровский О.Л., Чухнин С.П.* Радиоактивные отходы: принципы и критерии // Энергия: Экономика, техника, экология. - 1993. - N 2. - С. 2-5.

В 1991 г. все АЭС мира (ок. 400 реакторов) при общей мощности 332 ГВт вырабатывали 2024 ТВт·ч электроэнергии. Только в США накоплено ок. 20 тыс. т ОЯТ. Рассматриваются методы и границы безопасности удаления РАО. Действующие хранилища НАО и САО в геол. среде среди стран с наиболее развитой АЭ имеются в России, Франции, Великобритании, Швеции. В США созданы исслед. полигоны для ВАО и обработ. тепловыделяющих элементов реакторов.

инженерная геология; охрана среды; захоронения подземные; радиоактивные отходы; принципы; критерии

851. *Ожован М.И., Дмитриев И.Е., Батюхнова О.Г.* Фрактальная структура пор глинистого грунта // Атом. энергия. - 1993. - Т. 74, N 3. - С. 256-258.

Впервые определена фрактальная размерность пористости глинистых грунтов приповерхност. глинистой формации, в к-рой расположены могильники РАО.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; геологические формации

852. *Порохняк А.В., Рассудов А.В.* Захоронение жидких отходов в криолитозоне. - М.: Недра, 1993. - 112 с.

853. *Brammer K.J., Knipping B.J.* The Origin of Formation Waters in the Abandoned Konrad Iron-Ore Mine (Salzgitter, Germany) = Захоронение низкоактивных радиоактивных отходов в Германии // European J. Mineralogy. - 1993. - Vol. 5, N 4. - P. 787-797.

854. *Brennecke P., Thomauske B.* Final Storage in Germany = Окончание захоронения радиоактивных отходов в Германии // Atomwirt.-Atomtechn. - 1993. - Bd 38, N 4. - S. 280-284.

855. *Geological disposal of spent fuel and high level and alpha bearing wastes: Proc. of an intern. symp. on geol. disposal of, held in Antwerp, 19-23 Oct. 1992* = Геологические захоронения, израсходованных ядерных топливных элементов высокоактивных и альфа-активных отходов. - Vienna: IAEA, 1993. - 487 p. - (Proc. ser.).

856. *Munier R.* Fourdimensional analysis of fracture arrays at the Aspo hard rock laboratory, SE Sweden = Анализ трещиноватых горных пород в лаборатории острова Эспе на юго-востоке Швеции // Eng. Geol. - 1993. - Vol. 33, N 3. - P. 159-175.

В связи со стр-вом подзем. лаб. по изучению скальных пород на о-ве Эспе, предназнач. для исслед. пробл. захоронения ОЯТ, изучалось геол. строение р-на и св-ва горных пород; картографировались результаты измерений трещиноватости пород, их возраста и минерал. состава. Приведены конкрет. показатели трещиноватости. Прогр. работ базировалась на комплексе подходов и методов (геол., геофиз., механ., геохим.).

грунты свойства; трещиноватость; подземная лаборатория; захоронение; ядерные отходы; картирование; показатели трещиноватости

857. *Pan Y.M., Fleet M.E., Macrae N.D.* Late Alteration in Titanite (Catisio5) - Redistribution and Remobilization of Rare-Earth Elements and Implications for U/Pb and Th/Pb Geochronology and Nuclear Waste-Disposal = Последние изменения в титаните - перераспределение и демобилизация редкоземельных элементов и применение для U/Pb и Th/Pb геохронологии и захоронения радиоактивных отходов // Geochim. et Cosmochim. Acta. - 1993. - Vol. 57, N 2. - P. 355-367.

1994

858. *Мельников Н.Н., Демидов Ю.В., Аминов В.Н.* Технология захоронения ядерных реакторов наземных энергетических установок с размещением могильника под реакторным блоком // Новые технологии для комплексного использования ресурсов Севера / РАН. Кол. науч. центр. - Апатиты, 1994. - С. 91.

Разработана технология захоронения ЯР назем. энергет. установок с плавным перемещением корпуса реактора в могильник, располож. на требуемой глубине под реактор. блоком. Технология позволяет переместить снимаемый с эксплуатации реактор в могильник без разделения корпуса на части, совместно с биол. защитой, почти полностью исключая контакты персонала с радиоактив. зараж. оборудованием. Технология работает по принципу шлюза гидротехн. сооружения. В кач-ве рабочего тела для погружения реактора используется сыпучая среда. Сыпучую среду образуют за счет приведения в разрыхл. состояние грунтов под реактор. блоком в огранич. объеме, называемом каналом перемещения. Для создания канала перемещения в грунтах под реактор. блоком проходят комплекс подзем. горных выработок, на требуемой глубине готовят камеру могильника с необходимым креплением и гидроизоляцией. Показаны преимущества метода.

859. *Brennecke P., Illi H., Rothemeyer H.* Final Disposal in Germany = Окончательное (полное) захоронение радиоактивных отходов в Германии // Kerntechnik. - 1994. - Bd 59, N 1-2. - S. 23-27.



860. *Holmes J.* Deep Disposal of Radioactive Waste in the United-Kingdom = Глубокое размещение (захоронение) радиоактивных отходов в Единенном Королевстве // *Kerntechnik*. - 1994. - Bd 59, N 1-2. - S. 43-48.

861. *Lee W.W.-L.* Reduction of risks to the public from geologic waste repositories by partitoning and transmutation: Rock Types: [Pap.] 9 th Pacif. Basin Nucl. Conf. "Nucl. Energy, Sci. and Technol. Pasif. Partnership", Sydney, 1-6 May, 1994 = Уменьшение опасности для населения от захороненных в геологических формациях отходов путем разделения и превращения: типы горных пород // *Trans. Amer. Nucl. Soc.* - 1994. - Vol. 70, Suppl. pl. - P. 887-891.

Для уменьшения опасности для населения от захоронений в горах РАО был предложен метод разделения использ. топлива от легководных ЯР и преобразование актинидов в усовершенств. реакторах с жидкометал. охлаждением. Сравнивается макс. уровень радиации в будущем от раствор. и перенес. водой радионуклидов, проникших из захоронений использ. топлива легководных ЯР и захоронений, содержащих отходы прекращ. трансурановых элементов, а также проводится сравнение процессов и захоронений, произвед. в окисляющих и ненасыщ. породах. В каждом случае макс. доза радиации, получ. человеком от захоронения, содержащего использ. топливо от легководных ЯР, сравнивалась с аналогич. дозой от захоронения РАО топлива после легководных ЯР и жидкометал. охлаждения. Обнаружено, что в ненасыщ. породах макс. дозы радиации от РАО неск. ниже, чем от использ. топлива легководных ЯР. Поскольку в различ. горных породах механизмы распада и переноса радионуклидов различны, сжигание актинидов не так сильно влияет на уменьшение макс. уровня радиации в насыщ. породах, в отличие от ненасыщ.

862. *Siting of geological disposal facilities: A safety guide* = Привязка геологических комплексов захоронения радиоактивных отходов на местности. - Vienna: IAEA, 1994. - 33 p. - (Safety ser. / IAEA. - N 111-G-4.1).

1996

863. *Подземная изоляция радиоактивных отходов в многолетнемерзлых горных породах на острове Новая Земля* // Бюл. Центра обществ. информ. по атом. энергии. - 1996. - N 6. - С. 21-24.

#### 4.5.1. Обоснование комплекса исследований для оценки участков складирования и хранения

1986 - 1989

864. *Landreth R.E.* Durability of geosynthetics in waste management facilities: Needed research = Необходимые исследования по устойчивости геосинтетики в сооружениях для работ с отходами // *Durabil. and Aging Geosynth.* - N.Y.; L., 1989. - P. 6-12.

Агентство по охране среды (EPA) США поддерживает использ. синтез. конструкций из геол. материала (геосинтетики) при сооружении хранилищ

отходов. Важнейшим требованием является устойчивость (как краткосроч., так и долгосроч.). Обсуждаются исслед. в этом направлении и выявляются обл. недостаточности информ. В этих обл. следует концентрировать дальнейшие НИР и ОКР. Первоочеред. задача - создание стандарт. методик испытаний геосинтетики на устойчивость. В дальнейшем прогр. работ частных компаний и государства будут ориентированы, очевидно, на разработку типовых процедур проектирования и стр-ва хранилищ с использ. новых материалов.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; хранилища

*865. NIREX site investigations - probably the most thorough ever undertaken. Norwest holst's work at Elstow = Исследование площадки NIREX // Ground Eng. - 1988. - Vol. 21, N 2. - P. 1, 12.*

На уч-ке вблизи Бедфорда (Великобритания) проводятся исслед. на предмет пригодности его (180 га) для стр-ва подзем. склада для захоронения РАО. Дана геол. характеристика р-на и описаны подгот. работы: пробурены 100 разведоч. скв. суммар. глубиной 3200 м (в т. ч. 1 скв. глубиной 180 м), в большинстве к-рых установлены пьезометры для измерения порового давления, пройдена открытая горная выработка размером 38×105 м, и глубиной 10 м, где установлены различ. приборы для измерения деформаций грунта, и установка для натур. определений мех. св-в грунтов, позволяющая осуществлять период. нагрузку-разгрузку пород. массива при помощи мощных гидродомкратов.

низкорadioактивные отходы; хранение; захоронение; подземные хранилища; геологические условия; исследования; Великобритания

*866. Papp T. The role of the canister in a system for the final disposal of spent fuel or high-level waste = Значение контейнеров при окончательном захоронении отработавшего ядерного топлива или высокорadioактивных отходов // Phil. Trans. Roy. Soc. London. - 1986. - Vol. 319, N 1545. - P. 47.*

Характеризуется состояние ядер. энергетики Швеции и содерж. начатой в 1977 г. Прогр. исслед. по транспортировке и удалению ОЯТ и др. ВАО. Указаны требования, предъявляемые к проектированию, стр-ву и эксплуатации хранилищ ВАО и видам контейнеров. Приведена схем. хранилища, располож. в скальном грунте на глубине 500 м и предназнач. для размещения контейнера с ВАО. Представлена зависимость уровня радиоактивности ОЯТ от времени хранения и вида топлив. Даны рекомендации по выбору материалов для изготовления контейнера, составу бентонитовых глин, используемых для защиты контейнера от коррозии под воздействием подзем. вод. Дана эконо. оценка стр-ва и эксплуатации хранилища для ОЯТ или ВАО, проницаемости материалов контейнера, бентонитовых глин и скальных грунтов.

высокорadioактивные отходы; отработавшее ядерное топливо; захоронение, хранилища; контейнеры; требования; Швеция

*867. Roglans-Ribas J., Spinrad B.I. A simplified thermal analysis of a nuclear waste repository = Упрощенный анализ тепловых характеристик хранилищ для радиоактивных отходов // Ann. Nucl. Energy. - 1989. - Vol. 16, N 8. - P. 371-382.*

Рассматривается подзем. хранилище РАО, состоящее из неск. подзем. камер, соедин. между собой, и системы вентиляции. Контейнеры с РАО размещают в цилиндр. шурфах, сдел. на дне камер. С поверхностью хранилища сообщается с помощью неск. вертик. шахт. Для такой системы выполнен параметр. тепловой анализ, к-рый заключался в определении тепловых полей и перемещений окружающего грунта из-за терм. деформаций. Решение задачи получено аналитически. В результате определены возмож. предельные плотности тепловыделения в РАО, и на их основе - конци РАО, в зависимости от механ. характеристик грунта.

*868. Skagius K., Neretnieks I. Measurements of cesium and strontium diffusion in biotite gneiss = Определение диффузии цезия и стронция в гнейсе, содержащем биотит // Water Resour. Res. - 1988. - Vol. 24, N 1. - P. 84.*

В Швеции и др. странах альтернативой в размещении отходов АЭС является их захоронение в хранилищах, находящихся в кристал. породах глубоко под землей с учетом выделения радионуклидов в окружающую геосферу. Для его предотвращения используют как барьеры низкую растворимость отходов, коррозионностойкие материалы и др., основ. из к-рых является тип и структура самой породы. Радионуклиды, выделяемые из хранилищ, будут транспортироваться подзем. водами в трещинах и щелях пород. Исследованы 2 типа диффузии цезия и стронция в гнейсе, содержащем биотит: на поверхности и в порах пород. Пробы пород брали в одном из р-нов Швеции с глубины 508-509 м. Представлена методика исслед. и характеристики пород. Выявлено, что цезий и стронций транспортируются в породы путем диффузии, в переносе радионуклидов наряду с диффузией в порах большое значение имеет диффузия на поверхности. Проведено сравнение результатов с данными по переносу йодидов в аналогич. породе. Определено распределение цезия и стронция внутри проб пород и разработана модель диффузии.

радиоактивные отходы; АЭС; подземное захоронение; хранилища; кристаллические породы; гнейсы; цезий; стронций; радионуклиды; диффузия; результаты исследований; Швеция

1990

*869. Bish D.L., Long T. Thermal-Stability of Clinoptilolite - The Development of a B Phase = Тепловая устойчивость горных пород для хранения радиоактивных отходов // European J. Mineralogy. - 1990. - Vol. 2, N 6. - P. 771-777.*

*870. Brookins D.G. Clay minerals in sandstone uranium deposits: radwaste applications: [Pap.] 9th Int. Clay Conf., Strasbourg, 1989 = Глинистые минералы урановых месторождений в песчаниках: применение при консервации радиоактивных отходов, США // Sci. geol. - 1990. - Vol. 3, N 87. - P. 85-96.*

Выполн. автором исслед. U-месторождений в песчаниках рудного пояса Грантс, шт. Нью-Мексико, оказались успеш. не только для уточнения генет. особенностей этих месторождений, но и в отношении поведения многих элементов из продуктов расщепления, обычных для ОЯТ. Глинистые минералы U-месторождений в песчаниках включают в свой состав и удерживают Tr, Sb, Cs, Rb, Sr, V, U, Th и др. актиноиды и нек-рые их производные. Прогр. контроля РАО США предусматривает изоляцию отходов на неск. тыс. лет. Глав. глинистые минералы в месторождениях - смектиты, иллиты, хлориты и смеш. разновидности - сохраняют свою целостность в течение длит. геол. времени. Использ. такого глинистого материала как ср-ва для техн. закладки в условиях радиоактивности или даже в кач-ве хранилища имеет большое значение для ООС.

урановые руды; месторождения; песчаники; глинистые минералы; генезис месторождения; радиоактивные отходы, консервация; США рудные месторождения

871. *Ebel K., Standke S.* Collection and Disposal of Low-Level and Medium-Level Radioactive Waste in the GDR = Сбор и размещение (захоронение) отходов с низким и средним уровнем радиации в ГДР // *Kernenergie.* - 1990. - Vol. 33, N 11. - P. 439-445.

872. *Muhlenweg U.* Untersuchung der Wechselwirkungen Abfall-Wirtsgestein bei der untertagigen Ablagerung von Sonderabfällen in Salzgesteinen = Исследование взаимодействий спецотходов с породами соленосной толщи при их подземном залегании // *Z. Dtsch. geol. Ges.* - 1990. - Bd 141, N 2. - S. 248-254.

В Германии (бывшей ФРГ) ежегодно образуется от 400-600 тыс. т до 4,9 млн т спецотходов, объем к-рых намного превышает отходы бытового мусора, строит. материала и пр. В стране принята классиф. спецотходов с выделением 15 групп: зола и шлаки ТЭС, минер. шлам, металлург. отходы, ср-ва защиты растений, синтет. нефть, соляные (сульфаты натрия, сульфаты железа и пр.) и т. д. При хранении спецотходов в подзем. горных выработках соленос. толщи возможно их хим. взаимодействие с выделением в атм. и подзем. воды токсич. элементов, тяжелых металлов, растворимых солей, диоксидов, полицикл. аромат. углеводород. соединений и пр. В 1986 г. начали проводить лаборатор. опыты по этой пробл.: одно- (пробы по 240±90 г) и многокаскадные (пробы по 200 г) с пром. сроком до 90 сут в соляных коях Ассе. Приводятся диаграммы взаимодействия материалов спецотходов с породами соленос. толщи с выделением в результате хим. р-ций соединений натрия, калия, магния, цинка, кадмия, свинца и пр.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; соль каменная; ФРГ

873. *Smellie J.A.* Swedish natural analogue studies and their applications = Шведские исследования природных аналогов [хранилищ ядерных отходов] и их практические результаты // *Geol. foren. Stockholm forhandl.* - 1990. - Vol. 112, N 4. - P. 365-368.

Прогнозы геол.-геохим. последствий захоронения ядер. отходов в горных породах сложны из-за недостаточности информ. о характере дол-

врем. последствий. Экстраполяция результатов кратковрем. экспериментов на сроки, соизмеримые с геол. временем, не может считаться обосн. Информ. для долгосроч. прогноза может дать изучение природ. аналогов - геол. тел и систем, существовавших в течение длит. геол. времени. При этом имеется возможность не только наблюдать, но и измерять нек-рые геол.-геохим. характеристики. Выделены 2 направления таких исслед.: комплекс. исслед. крупномасштаб. геол. систем; узкие исслед. огранич. набора физ.-хим. параметров. Они ориентированы на оценку эффективности соответственно геол. и техн. барьеров миграции. Изучаемые природ. объекты находятся в Бразилии, Канаде, Австралии, Габоне.

охрана среды; захоронения отходов; радиоактивных; Швеция; Бразилия; Канада; Австралия; Габон

*874. Viehl E.* Erkundung und geologische Verhältnisse im Bereich der Schachanlage Konrad = Разведка и геологические условия в районе шахты Конрад [Германия] // Veroff. Inst. Grundbau, Bodenmech., Felsmech. und Verkehrswasserbau RWTH, Aachen. - 1990. - N 18. - P. 1-17.

В Германии использ. АЭ в мирных целях началось в 50-х гг. Одновременно возник вопр. о РАО. В 1968-1978 гг. для этих целей использовали соляные копи Ассе. В 1979 г. проведены геол. иссл-я соляного штока Горлебен и железоруд. шахты Конрад. Осадоч. железоруд. залежи мощностью 4-10 м связаны с темноцвет. мергелями верхнеюрского возраста (мальм), залегающими на пестрых песчаниках триаса. Мощность юрских осадоч. отложений составляет неск. сотен метров. Выше залегают плот. глинистые породы нижнемелового возраста мощностью 100-400 м с пластом песчаника мощностью 5 м. Грабеновая структура Конрад ограничена с севера и юга крупными тектон. разломами. Отмечаются благоприят. гидрогеол. условия для захоронения, особенно на горизонтах 800, 1000, 1100 и 1300 м.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Германия; Конрад

1991

*875. Доливо-Добровольский А.В.* Роль геофизических и дистанционных методов при строительстве подземных хранилищ [для захоронения отходов]: Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук. - 1991. - N 4. - С. 17-20.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; промышленных; каменная соль; подземные хранилища; строительство

*876. Хрущов Д.П.* Основные направления, перспективы развития и геологическое обоснование подземного строительства в соляных толщах [с целью захоронения радиоактивных отходов]: Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук. - 1991. - N 4. - С. 3-6.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; соль каменная

877. *Шафаренко Е.М.* Обеспечение надежности эксплуатации подземных хранилищ в соляных отложениях: Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук. - 1991. - N 4. - С. 33-36.

охрана среды; захоронение отходов; промышленных; радиоактивных; каменная соль

878. *Backblom G.* The Aspö hard rock Laboratory - a step toward the Swedish final repository for high-level radioactive waste = Подземная лаборатория Эспе - шаг к созданию последнего в Швеции хранилища высоко-радиоактивных отходов // *Tunnell. and Underground Space Technol.* - 1991. - Vol. 6, N 4. - P. 463-467.

АЭС Швеции ежегодно поставляют 250 т ОЯТ, требующего безопас. захоронения. Для решения этой задачи в рамках реализации проекта по созданию к 2020 г. универс. хранилища ВАО, отвечающего всем требованиям гарантий безопасности, заложена подзем. лаб. Эспе, предназнач. для проверки и отбора пород, адаптации к ним инж. сооружений, обзора и обобщения данных.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; Швеция

879. *Brennecke P., Martens B.R., Warnecke E.* Repository Storage Criteria of Radioactive Waste Evolving Negligible Amounts of Heat = Критерии хранения в хранилищах радиоактивных отходов, выделяющих незначительное количество теплоты // *Atomwirt.-Atomtechn.* - 1991. - Bd 36, N 1. - S. 37-40.

880. *Comment on geomorphic assessment of late Quaternary volcanism in the Yucca Mountain area, southern Nevada: Implications for the proposed high-level radioactive waste repository by Wells S.G., McFadden L.D., Renault C.E., Grove B.M.* = Комментарий на статью Wells S.G. и др. "Геоморфологические проявления четвертичного вулканизма в Юкка-Маунтин, южная часть Невады, и их значение для предполагаемого заложения хранилища радиоактивных отходов высокой активности". Ответ авторов / *I.W. Whitney, R.R. Shroba, S.G. Wells et al.* // *Geology.* - 1991. - Vol. 19, N 6. - P. 661-662.

По мнению авторов коммент., заключения авторов ст. о полицикл. характере плейстоценового вулканизма Юкка-Маунтин преждевременны. Предложена версия интерпретации отмеч. особенностей рельефа и последовательности отложений, связываемая с крупномасштаб. золово-коллювиальной эрозией и последующей переработкой отложений. В ответе авторы ст. подчеркивают признаки первич. выпадения лапиллисодержащих слоев и отсутствие признаков переработки отложений, что подтверждает их представления о характере четвертич. вулканизма в Юкка-Маунтин.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; США; Юкка-Маунтин

881. *Cotton T.A.* High-level waste disposal regulations: Time for a change? = Нормативы при захоронении высокоактивных отходов: время изменений? // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (III.); N.Y., 1991. - P. 301-307.

Норматив по ВАО трансурановым отходам 40 CFP 191, разработ. Агентством по охране среды США, не учитывает такого фактора, как возможность внедрения человека в среду хранения после закрытия хранилища. Предварит. проработки показали, что такое дополнение к нормативу будет очень трудно реализовать. Многие считают, что без учета указ. фактора можно обойтись. Другие отсылают к различ. разделам норматива для истолкования обознач. пробл. Независимая эксперт. группа по оценкам среды (ЕЕС) считает, что дополнение к нормативу 40 CFP 191 в части последствий внедрения человека нужны, реализуемы и будут способствовать улучшению процедур выбора уч-ка, конструирования ячейки хранения и техн. барьеров.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные

882. *Galson D.* Le projet de Stripa s'acheve = Проект Stripa - итоги 15-летних работ // Bull. AEN. - 1991. - Vol. 9, N 2. - P. 27-29.

Проект Stripa - прим. эффективности междунар. сотрудничества в решении пробл. глубин. захоронения ВАО. На полигоне сооружена первая в мире подзем. лаб. для изучения характеристик геосреды in situ. Основ. науч.-практ. результаты проекта: разработаны методики исслед. пород. массивов, в первую очередь использ. радар., сейсм. и гидравл. методов для изучения трещин. зон; получены фундам. науч. данные по чрезвычайно слож. пробл. миграции радионуклидов в трещиноватых породах; разработаны эффект. ср-ва тампонирования стенок скв., подзем. выработок и трещиноватых пород; оценена долговечность тампонаж. материалов на основе бентонита и цемента; дан удовлетвор. прогноз подзем. потока на основе назем. измерений.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; проект Stripa; Швеция

883. *Geologic* sample handling and logging at Apache Leap, Arizona = Техника отбора проб и каротажа на участке Апаче-Лип, Аризона / J.H. Davis, J.A. Hartley, J.L. Moyer, D.J. Sinks // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (III.); N.Y., 1991. - P. 816-821.

В начале 1990 г. Проект. бюро Юкка-Маунтин Мин-ва энергетики США закончило бурение 2 опытных скв. в р-не Апаче-Лип (шт. Аризона), чтобы опробовать технику бурения без промывки и отбора керна, к-рая затем будет применена на уч-ке Юкка-Маунтин, характеризующемся неводоносщ. разрезом. Оработана техника отбора керна и каротажа в подоб. интервалах разреза. Результаты показали, что в проект Юкка-Маунтин необходимо внести соотв. изменения до начала буровых работ. Эти изменения позволят сократить объем документации, более уверенно контролировать глубину отбора проб, усовершенствовать оборудование для бурения и отбора керна, повысить кач-во обучения персонала.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; США; Апаче-Лип

884. *Gertz C.P., Robinson A.C.* The last twelve months at Yucca Mountain = Последние двенадцать месяцев на участке Юкка-Маунтин // *Ibid.* - P. 1314-1318.

Основ. задачи работ по проекту Юкка-Маунтин, выполняемых Мин-вом энергетики с санкции Конгресса США, - выяснить пригодность уч-ка для изоляции ВАО в течение 10000 лет на глубине 305 м (на зап. краю Невад. испытат. полигона, в 177 км к с.-з. от Лас-Вегас). Проект Юкка-Маунтин предусматривает оценку всех факторов, определяющих надежность хранилища. Приведены результаты текущих работ, планы на перспективу и др.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США

885. *Grenthe I.* Thermodynamics in Migration Chemistry = Термодинамика в миграционной химии // *Radiochim. Acta.* - 1991. - Vol. 52-3, N P2. - P. 425-432.

886. *Jenkins J.D., Sander H.J.* Principles of the NATM and other uses of the geologic monitoring techniques = Основы способа NATM и другие использования методик геологического мониторинга // *High Level Radioact. Waste Manag.* - La Grande Park (III); N.Y., 1991. - P. 1105-1109.

Описывается новая техника проходки подзем. горных выработок (штрек, шахта, камера), называемая NATM (New Austrian Tunneling Method). Основ. ее особенность - система геол. наблюдений в процессе проходки, причем оператив. наблюдения могут быть использованы для изменения проект. параметров проходки и крепления выработок. Это существенно расширяет возможности проектирования, придавая этой процедуре элементы итератив. процесса. Новый способ рекомендуется для задач обследования уч-ка сооружения хранилищ.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; хранилища; оружие

887. *Karhnek J.M., Tanious N.S.* The development process for unique underground equipment for waste handling = Процесс разработки уникального подземного оборудования для работ с отходами // *Ibid.* - P. 326-331.

Оборудование для транспортировки, размещения и извлечения отходов в шахте будущего хранилища Юкка-Маунтин будет использоваться в условиях высокого уровня радиации и повыш. тем-р. Важнейшим требованием на всех этапах (проектирование, конструирование, изготовление, испытание) является надежность. Задача разработки связана с получением и обработкой огром. массы данных, в т. ч. нетрадиц. Излагается подход авторов, имеющих большой опыт в разработке уник. горно-шахт. оборудования. Выделены ключевые моменты плана работ, даны прим. решений на основе этих моментов.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; США; Юкка-Маунтин



888. *Lanza R.C.* Probing the Hanford radioactive waste tanks with geophysical techniques: [Pap.] Winter Meet., San Francisco. Calif., Nov. 10-14, 1991 = Опробование емкостей с радиоактивными отходами хранилища Ханфорд с помощью геофизических методов // Trans. Amer. Nucl. Soc. - 1991. - Vol. 64. - 203 p.

На территории Ханфорд (шт. Вашингтон, США) в течение 45 лет функционировали предприятия Мин-ва энергетики США по получению плутония и полутных радиоактив. продуктов. С 60-х гг. большие кол-ва отходов процесса выделения плутония хранятся в серии крупных (диам. 23 м, глубина 12 м) емкостей из бетона, покрытых нержавеющей сталью. Наличие утечек, содерж. потенциально взрывоопас. газов и корродирующих агентов в емкостях практически не изучались. Предложено исследовать содержимое емкостей каротаж. методами (импульсный спектрометр. НГК, сейсмическая межскважинная томография и др.).

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Ханфорд

889. *Long R., Wonderly D., Wright E.* Dry drilling and coring development for unsaturated zone studies = Разработка техники бурения без промывки и отбор керна для исследования неводонасыщенных зон // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 810-814.

Бурение и отбор керна в неводонасыщ. геол. разрезах связаны с серьез. пробл. кач-ва образцов и пригодности их дальнейших анализов и испытаний. Основ. из них - загрязнение керна и стенок скв. компонентами промывоч. жидкости. В проекте Юкка-Маунтин предполагаются гидравл. испытания керна, к-рый по своим характеристикам должен в максимально возмож. степени отвечать характеристикам пород *in situ*. С учетом этого начата прогр. разработки техники бурения и отбора керна, позволяющая извлекать незагрязн. керн с мин. нарушениями его физ. состояния. Приведено краткое описание проектируемой технологии.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивных; США; Юкка-Маунтин

890. *Morfeltdt C.-O., Morfeld D.* Can we rely on Swedish granites and gneisses as safe host rock for hazardous waste disposal during future geological periods? = Можно ли считать граниты и гнейсы Швеции безопасными вмещающими породами для хранения вредных отходов в течение будущего геологического времени? // Jt Int. Symp. Environ. Conseq. Hazard. Waste Dispos., Stockholm, May 27-31, 1991. - Stockholm, 1991. - P. 261-279.

Граниты и гнейсы кристал. основания Фенноскандинав. щита относятся к наиболее стабильным регионам мира и характеризуются слабой проницаемостью. Граниты широко используются для сооружения подзем. техн. систем различ. типа. Строит. материалы из гранитов и гнейсов являются самыми устойчивыми к выветриванию и метаморфизму. Обсуждаются возможности указ. пород в пробл. изоляции от биосферы токсич. отходов в течение длит. времени (сотни-тыс. лет). Обосновывается тезис, что наилучшим решением для таких отходов (включая РАО) является изоляция в глубин. зонах кристал. щитов.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Швеция

891. *Morth W., Untersweg T.* Muldeponiestandortsuche aus geologischer Sicht am Beispiel der Steiermark = Поиск местоположений емкости для отходов с геологической точки зрения на примере Штирии (Австрия) // Mitt. Osterr. geol. Ges. - 1990(1991). - Bd 83. - S. 211-213.

Для работ по изысканию мест для захоронения отходов в Штирии выделено 15 р-нов. Работы в каждом из них проводятся последовательно в 7 фаз. 1-я включает предварит. геол. выбор подходящих р-нов на основе опубл. геол. материалов и составление карты масштабом 1:25000. 2-я и 3-я - анализ исход. материалов по каждому р-ну и составление предвар. проектов емкостей для отходов. 4-я фаза предусматривает дет. геол. картирование с применением бурения и др. полевых работ. 5-я фаза включает объемное планирование объекта, 6-я - оценку геол.-гидрогеол. факторов. 7-я фаза - окончат. рассмотрение материалов и выбор местоположения емкости для отходов.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Австрия; Штирия

892. *Nelson P.P., Stokoe K.H.* Nondestructive testing using borehole and surface seismic techniques to evaluate rock mass damage zones = Неразрушающие испытания с использованием скважинной и поверхностной сейсмической аппаратуры для выявления нарушенных зон в массивах пород // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 802-809.

Исслед. выполнялись в туннеле U12g испытат. полигона шт. Невада, США. Цель - оценка жесткости массива пород и вариаций этой характеристики. Использовали 4 вида сейсм. наблюдений: межскважин., на забоях скв., спектр. анализ поверхност. и преломл. волн по периметру выработки. Результаты показали, что все модификации являются взаимодополняющими и позволяют оценить по величине и направлению вариации жесткости окружающего массива пород. В частности, примыкающая к стенкам выработки наруш. низкоскорост. зона четко оконтуривается по данным анализа поверхност. волн и скважин. наблюдениям. Исходя из опыта работ, определены направления совершенствования возбуждающей и регистрирующей аппаратуры.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; США; Невада

893. *Sandberg E.V., Olsson O.L., Falk L.R.* Combined interpretation of fracture zones in crystalline rock using single-hole, Crosshole tomography and directional borehole-radar data = Комплексная интерпретация трещинных зон кристаллического массива по данным скважинной электромагнитной томографии // Log Analyst. - 1991. - Vol. 32, N 2. - P. 108-119.

В течение 20 лет в Швеции финансируется проект Стрина возмож. захоронения РАО в кристал. массиве. Для этой цели предполагалось использование ниж. галерей отработ. железно-рудной шахты. Особое значение приобретало изучение целостности кристал. массива для исключения попадания отходов в подзем. воды. Была создана скважин. электромагнит.

система RAMAC, работавшая на частоте 100-2000 МГц с шириной импульса 20-50 нс и разрешением по времени 0,2 нс. Возможно проведение каротажа. измерений со скоростью до 120 м/ч. Аппаратура имела батарейное питание, информ. на поверхность передавалась по волоконно-опт. кабелю (для снижения уровня помех). Зона исслед. метода зависела от св-в пород и достигала 100 м (расстояние между скв.). Опыт эксплуатации системы скв. (наклон. или горизонт.) поверхность, скв.-скв. показал, что система выделяет трещиноватые зоны и изолир. трещины. Была поставлена задача определения трещин с использованием направл. излучения. Из привед. геотомограмм и их интерпретации следует, что задача в принципе может быть решена. Для интерпретации использованы ПК РС/АТ и стехиометр. проекции Вульфа.

каротаж интерпретация; геологическая; трещинные зоны; радиоактивные отходы

894. *Schimschal U., Nelson P.H.* Geophysical borehole logging in the unsaturated zone, Yucca Mountain, Nevada = Каротаж в пределах водоненасыщенной зоны Юкка-Маунтин, Невада // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 795-801.

Выполнение и интерпретация данных каротажа в вулкан. разрезе уч-ка предполагаемого хранилища имеют ряд особенностей. Каротаж. измерения проводятся в условиях сухих скв., с сильной неровностью стенок, выше зеркала подзем. вод. Не всякая каротаж. аппаратура дает при этом содержательно ценные результаты; отсюда важность выбора методов аппаратуры и калибровки. Приведены прим. серий каротаж. кривых, демонстрирующие возможности корреляции разрезов, выделения зон вторич. минерализации, количеств. оценок петрофиз. параметров. Обсуждаются результаты проб. оценок пористости и водонасыщенности на основе ГГК-П и ННК-Н. Совпадение с керновыми данными хорошее; ввиду плохого выхода керна каротаж представляет большую самостоят. ценность.

охрана среды; захоронения отходов; радиоактивных; высокоактивные; США; Юкка-Маунтин

895. *Triay I.R., Mitchell A.J., Ott M.A.* Radionuclide migration as a function of mineralogy = Зависимость миграции радионуклидов от минералогии // Ibid. - P. 494-498.

Пробл. изучалась эксперим. путем. На чистых минер. фазах (силикаты, алюмосиликаты, карбонаты, оксиды и гидрооксиды металлов) исследованы особенности переноса щелоч., щелочно-зем. и переход. металлов. На базе получ. данных делается попытка выяснить основ. хим. механизмы миграции радионуклидов; оценить возможности прогноза переноса радионуклидов в условиях, приближ. к условиям уч-ка Юкка-Маунтин; идентифицировать материалы, к-рые могут играть роль геол. барьеров или использоваться в кач-ве сорбентов в техн. барьерах.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Юкка-Маунтин

896. *Tsang C.F.* Advances in the study of far-field phenomena affecting repository performance = Успехи в изучении явлений в области дальнего поля места захоронения радиоактивных отходов // *Ibid.* - P. 885-889.

Подведены итоги и выполнены построения для описания термогидромех. процессов во вмещающей геол. среде места захоронения РАО. Подчеркивается целесообразность двойств. подхода при прогнозировании поведения хранилища. Одно из направлений должно быть представлено развитием фундам. знаний о вероят. явлениях и процессах в окрестностях захоронения, другое - преследовать решение конкрет. задач данного уч-ка.  
охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

897. *Wagner J.-F., Czurda K.A.* Radionuklidsorption an tertiären Tonen = Сорбция радиоактивных изотопов третичными глинами // *Mitt. Osterr. geol. Ges.* - 1990(1991). - Vol. 83. - P. 215-227.

Сорбц. св-ва глин и глинистых пород Центр. Европы (Германия и Австрия) изменяются в зависимости от различ. физ.-хим. условий. Для изучения сорбц. св-в глин использованы радиоактив. изотопы  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{65}\text{Zn}$ . Установлено, что объем адсорбир. радиоактив. изотопов в различ. глинах одинаков. Кол-во адсорбир. изотопов возрастает со временем. При возрастании pH глин (от 2 до 6) увеличивается адсорбц. способность. С возрастанием размеров частиц глин адсорбц. способность их уменьшается. Из 4 изуч. изотопов более высокой адсорбц. способностью обладает Cs, более низкой - Sr. Анизотропия глин влияет на их проницаемость: в направлении, парал. слоистости, проницаемость изотопов выше, чем в направлении, перпендикуляр. слоистости.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; глины; Европа Центральная

898. *West J.M., Haigh D.G., Hooker P.J.* Microbial Influence on the Sorption of Cs-137 Onto Materials Relevant to the Geological Disposal of Radioactive-Waste = Влияние микробов на сорбцию цезия-137 из материалов геологических захоронений радиоактивных отходов // *Experientia.* - 1991. - Vol. 47, N 6. - P. 549-552.

1992

899. *Anderson E.B.* Isotope geochemical investigations of rocks in selecting sites for radioactive wasteburial = Изотопно-геохимические исследования пород в местах выбранных для захоронения радиоактивных отходов // 29th Int. Geol. Congr., Kyoto, 24 Aug. - 3 Sept., 1992: Abstr. - Kyoto, 1992. - Vol. 3. - P. 630.

геохимия процессы; рубидий-стронциевая система; калий-аргоновая система; захоронение ядерных отходов; потенциальные хранилища

900. *Brune J.N.* Distribution of precariously balanced rocks in Nevada and California: Correlation with probability haps for strong ground motion: [Abstr.] AGU Fal Meet., San Francisco, Calif., Dec. 7-11, 1992 = Распределение неустойчивых пород в Неваде и Калифорнии: связь с картами прогноза интенсивности подвижек грунтов // *Eos.* - 1992. - Vol. 73, N 43. - P. 351.

Исследованы геоморфол. особенности строения разреза и выделены зоны отсутствия неустойчивости пород в 15 км от извест. зон нарушений, вызв. крупным землетрясением: Олингхаус, Фаллон-Стиллуотер, Сидар-Маунтин в Неваде и Форт-Таджон, долина Оуэнс, Боррего, Техачапи и Паркфилд в Калифорнии. Присутствие неустойчивых пород, приходящих в движение уже при ускорении менее  $0,02 \text{ м/с}^2$ , установлено в р-не Юкка-Маунтин, Невада (место, предназнач. для захоронения РАО) в центр. части Пенинсьюлар-Рейнджес, в 20 км к северу от перевала Сан-Горгионию, вблизи Лида в 20 км к ю.-в. от оз. Фиш, в каньоне Уэст-Уолкер в 15 км южнее Уолкера и в 25 км к северу от разрыва на поверхности, связ. с землетрясением 1932 г. Сидар-Маунтин магнитудой  $M7,4$ . Для Калифорнии эта информ. совпадает с прогноз. картами ускорения силы тяжести, но для Невады отмечены значит. отклонения.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Юкка-Маунтин

*901. Heath R.J.* A report on the British Geotechnical Society AGM meeting held on 24 June = Доклад на заседании Британского Геотехнического общества AGM, состоявшегося 24 июня // *Ground Eng.* - 1992. - Vol. 25, N 8. - P. 34-35.

Фирма UN Nirex с 1987 г. в соответствии с рекомендациями Международ. комис. по АЭ работает над выбором места для глубокого захоронения твердых РАО. В результате 3-стадийного процесса для проведения дальнейших исслед. было выбрано место в Селлафилд. Глубокое захоронение РАО базируется на принципах физ. и хим. локализации и геол. изоляции. На выбр. месте необходимо провести широкие геол., гидрол., геохим., гидрогеохим. и геотехн. исслед., к-рые позволят детально оценить возможность подзем. захоронения отходов. На площадке были пробурены глубокие многоцелевые скв., проведена геофиз. съемка, выполнено геол. и геотехн. картирование, гидрогеол. и геомех. изыскания. Были выявлены осадоч. породы (песчаники), перекрывающие малопроницаемые брекчии, последние подстилаются вулкан. породами. Фирма выполнила также концептуальное проектирование. Проект хранилища должен удовлетворять ряду критериев. Он должен отвечать требованиям безопасности для здоровья персонала при проведении работ, эксплуатации и последующей консервации. Проект должен отвечать требованиям Инспекции по ядер. установкам. Подзем. хранилище должно быть построено на глубине 650 м от поверхности земли и рассчитано на эксплуатацию в течение 50 лет и после заполнения будет вмещать  $2 \text{ Мм}^3$  отходов. Выбр. вариант хранилища с применением штреков позволяет снизить воздействие на ОС, свести к минимуму работы по сбору и транспортировке отходов и является более эконом., чем шахт. вариант. Запроектированы спец. контейнеры для НАО и САО и система транспорта отходов с поверхности земли в хранилище.

инженерная геология; строительство; подземное; хранилище; радиоактивные отходы; захоронение; требования

*902. Henrion R.N., Put M.J., Van G.M.* Influence of compaction on the diffusion of non-sorbed species in Boom clay = Влияние уплотнения на

диффузию несорбируемых веществ в глинах Бом // *Int. J. Rock Mech. and Mining Sci. and Geomech. Abstr.* - 1992. - Vol. 29, N 2. - P. 88A.

Для оценки влияния давления (давление консолидации до 6,86 МПа) на диффуз. подвижность мигрирующих компонентов в глинах Бом выполнены проточ. (flow-through) диффуз. эксперименты. Изучали диффузию ряда неорган. и орган. молекул. Последние вводились для имитации поведения мелких гуминовых молекул, к-рые могут образовывать комплексы с радионуклидами и влиять на их перенос. Получ. данные сравнивали с опублик. по бентонитам. Предложено рабочее соотношение между коэф. диффузии и эффектив. пористостью.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; глины; Бельгия; Бом

*903. Holloway A.L., Stevens K.M., Lodha G.S.* The results of surface and borehole radar profiling from Permit Area b of the Whiteshell research area, Manitoba, Canada = Результаты наземного и скважинного радиолокационного профилирования на участке Пермит в пределах полигона Уайтшелл, Манитоба, Канада // *Spec. Pap. / Geol. Surv. Finl.* - 1992. - N 16. - P. 329-337.

Полигон Уайтшелл - один из р-нов, где проводятся исслед. по захоронению РАО в массивах магмат. пород. Представлены данные радиолокац. изучения располож. на территории полигона гранит. батолита Лакдю-Боннэ. Назем. радиолокац. профилирование позволило выявить в гранит. массиве зоны трещиноватости на глубинах до 70 м. Сопоставляются получ. данные для различ. частот зондирующих сигналов и конфигураций антенн. Скважин. радар. измерения проведены с помощью аппаратуры швед. фирмы АВЕМ Лтд.; передающая и прием. антенны скважин. зонда расположены фиксированно с базой 15 м. Зоны трещиноватости, обнаруж. при радиолокац. каротаже в окрестности одиноч. скв., коррелированы с соотв. зонами, обнаруж. при назем. профилировании с помощью георадара.

инженерная геология методы; геофизические; радиолокационное профилирование; магматические породы; зоны трещиноватости; захоронение; радиоактивные отходы

*904. Kalia H.N.* Role of underground testing to determine suitability of Yucca Mountain as a potential repository site = Роль подземных испытаний в определении пригодности участка Юкка-Маунтин под хранилище // *Int. J. Rock Mech. and Mining Sci. and Geomech. Abstr.* - 1992. - Vol. 29, N 2. - P. 132A-133A.

Приведен перечень видов работ по обследованию уч-ка в процессе проходки разведоч. шахт и охарактеризован основ. горный горизонт, на котором будут проводиться испытания. Progr. включает геол. картирование, минерал. и петрогр. исслед., сейсморазведку, изучение поведения сечения выработок, испытания с нагревателями и в прогреваемой камере, измерение тепловых нагрузок, тепловых и гидравл. параметров пород in situ, напряжений in situ, оценку материалов экранов, сравнение возмож. методов проходки выработок. Работы будут сопровождаться лаборатор. исслед. образцов пород и полевыми испытаниями на соседних уч-ках.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Юкка-Маунтин

905. *Lineaments found near waste-disposal sites* = Линеаменты вблизи хранилищ отходов // *Geotimes*. - 1992. - Vol. 37, N 7. - P. 7.

Установлено развитие структур. линеаментов в пределах или вблизи 3 уч-ков, предлож. для захоронения НАО. Вероятно, они являются ответвлением сейсмически актив. нарушения Кларендон-Линден (зап. часть шт. Нью-Йорк). Исслед. выполнялись на основе космо- и аэрофотоснимков с последующим анализом данных каротажа, газовой съемки и топогр. карт. Предполагается продолжит работы и выявить положение всех крупных нарушений и трещин в р-не.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; низкоактивные; США; Кларендон-Линден

906. *Nakashima S., Hashimoto Y. Novel predictive geochemical methods in waste disposal assessment-spectroscopy, kinetics, diffusion and fractal* = Использование новых геохимических методов при оценке выбора места для захоронения отходов; спектроскопия, кинетика, диффузия и фрактальные параметры // 29th Int. Geol. Congr., Kyoto, 24 Aug. - 3 Sept., 1992. - Kyoto, 1992. - P. 16.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

907. *Nirex lab branded a trojan horse* = Планы Nirex по сооружению подземной лаборатории // *Engineer. Gr. Brit.*, 1992. - Vol. 275, N 7122. - P. 11.

Агентство Nirex (Великобритания) сообщило о планах сооружения подзем. лаб. для изучения пород *in situ* в рамках проекта сооружения подзем. хранилища ядер. отходов. Стоимость проекта 3,3 млн ф. ст. Начало сооружения лаб. намечено на 1994 г., а завершение стр-ва хранилища - на 2007 г. Эти планы, как и развитие ядер. энергетики в стране, будут зависеть от успешности решения пробл. изоляции НАО и САО. Они встречают резкое противодействие активистов "зеленого" движения.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Великобритания

908. *Petrologic and geophysical studies of an artificial magma* = Петрологические и геофизические исследования искусственной магмы / G.K. Jacobs, N.W. Dundar, M.T. Naney, R.T. Williams // *Eos*. - 1992. - Vol. 73, N 38. - P. 401, 411-412.

Остеклование *in situ* (процесс ISV) является одним из самых интерес. направлений в пробл. иммобилизации РАО и вред. отходов в геол. среде. Процесс позволяет превращать проницаемые, рыхлые, загрязн. почвы и грунты в слабопроницаемый, устойчивый к выщелачиванию материал стекловатой или кристал. структуры. Плавление происходит с помощью мощных электр. токов, пропускаемых между графитовыми электродами, вертикально вводимыми в грунт и образующими 4-угольную конфигурацию. Описано содерж. эксперимента по изучению образующегося расплава, выполн. в Ок-Риджской нац. лаб. в мае 1991 г. Помимо изучения петрогр. характеристик продуктов плавления, ставилась задача отработки методики сейсм. наблюдений для изучения внутрен. строения лавовых потоков, магмат. камер и т. п. Описаны поведение материала во время плавления, состав выделяемых газовой фазы и возгонов. Состав конеч. продукта сходен

с базальтом, имеющим высокие содерж. Са и низкие Na. Он химически однороден, почти полностью кристаллизован, с порфировой структурой, внешне похож на вулкан. породы. Фенокристаллы представлены пироксеном, анортитовым плагиоклазом и калиевым полевым шпатом. Размеры и морфология кристаллов сильно варьируют в зависимости от положения в теле расплава. Структуры по сейсм. данным сильно отличаются на разных стадиях плавления и охлаждения. Сейсмика фиксирует также зону измен. почв (100-1000°C) вокруг тела.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; петрологические исследования; геофизические исследования

909. *Witherspoon P.A., Long J.C.S.* Importance of underground rock laboratories in developing radioactive waste repositories: [Abstr.] AGU Fall Meet., San Francisco, Calif., Dec. 7-11, 1992 = Роль подземных лабораторий в создании хранилищ радиоактивных отходов // *Eos.* - 1992. - Vol. 73, N 43. - P. 223.

Одна из сложнейших пробл. соврем. приклад. геологии - поиск уч-ков, пригод. для глубин. захоронения ВАО, и обоснование этой пригодности. Традиц. геол. и геофиз. методы не вполне адекватны этой задаче. Напр., с их помощью нельзя оценить сеть трещин в кристал. породах как потенц. путь миграции радионуклидов. Еще менее ясно, как поведет себя такая сеть трещин в условиях локального разогрева теплом от РАО, в какой степени это скажется на проницаемости пород. массива и переносе радионуклидов в ближ. зоне и в масштабах хранилищ. С др. стороны, накоплен значит. опыт работ в подзем. условиях по исслед. поведения пород. массивов. Это позволило перейти к реализации проектов создания и обеспечения работы спец. подзем. лаб. для изучения пробл., связ. с захоронением ВАО.

охрана среды; захоронения отходов; радиоактивных; высокоактивные

1993

910. *Berry J.A., Bishop H.E., Cowper M.M.* Measurement of the Sorption of Actinides on Minerals Using Microanalytical Techniques = Измерение сорбции актинидов на минералах с использованием микроаналитической техники // *Analyst.* - 1993. - Vol. 118, N 10. - P. 1241-1246.

911. *Birkhauser P.* Seismic between shallow and deep - a Swiss case history = Сейсмические исследования интервала глубин 300-1200 м на территории Швейцарии // 55th Meet. and Techn. Exhib., Stavanger, 7-11 June. 1993: Extend. Abstr. Book (Oral and Poster Presentat.) // *Eur. Assoc. Explor. Geophys. Zeist*, 1993. - P. 428.

Проведена сейсморазведка с целью поисков уч-ков геол. среды, пригод. для захоронения РАО. Исследованы отложения, залегающие на глубине 300-1200 м, т. е. в интервале, не типич. для исслед., обычно направл. на картирование приповерхн. объектов (не глубже 100-150 м) либо нефтегазодос. структур (глубина 1500 м и более). Важная задача работ состояла в обнаружении сбросов, к-рые могут способствовать утечке радиоактив. жидкостей. Сейсм. сигналы частотой 8-120 Гц возбуждались вибраторами. Большое внимание уделено прослеживанию неглубоких отражений, поэто-



му расстояние между центрами групп принято равным 20 м. Для уменьшения фона пром. помех сейсмоприемники погружали в грунт, а кратность профилирования была увеличена до 96.

сейсморазведка применение; экология; поиски хранилищ; радиоактивные отходы; Швейцария; геофизические методы

912. *Hoorelbecs J.-M.* Stockage de dechets radioactifs en formation geologique profonde = Хранение радиоактивных отходов в глубинных геологических образованиях // Mines et carrieres. - 1993. - Vol. 75, N Jan. - P. 42-44, 35.

Долгоживущие РАО, к-рые предполагается изолировать путем захоронения в глубин. (~ 500 м) геол. разрезе, являются в основ. продуктом операций с облуч. топливом и разделяются на категории В и С; последние представляют собой продукты деления и актиниды, выдел. из уран-плутониевого топлива перед его остеклованием. Опыт. уч-ки для изыскат. и эксперим. работ во Франции сложены породами 4 различ. типов (граниты, кристал. сланцы, каменная соль, глины); на 2 из них проектируется создание подзем. исслед. лаб. Приведены основ. характеристики конструкции подзем. хранилища для раздельного хранения отходов категорий В и С, описаны предполагаемые процедуры загрузки. Трудоемкие и комплекс. исслед. по оценке возможностей создания хранилищ на конкрет. уч-ках потребуют 15 лет.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; геологические формации

913. *Makino H., Yajima T., Yoshikawa H.* Nd(III) Hydrolysis Constants and Solubilities of Nd(III) Hydroxide = Исследование характеристик Nd(III) как важного элемента при геологическом захоронении высокоактивных радиоактивных отходов // Nippon Kagaku Kaishi. - 1993. - N 5. - P. 445-450.

1994

914. *Мельников Н.Н., Конухин В.П., Комлев В.Н.* Подземное захоронение радиоактивных отходов. - Апатиты: Кол. науч. центр, 1994. - 214 с.

Помимо Кольской АЭС крупными ист. РАО на территории Мурманской обл. являются военно-морской флот и ледокольный атом. флот. Отсутствие береговых сооружений для хранения ОЯТ, большое кол-во последнего собрано на плавсредствах, а из-за отсутствия перерабатывающих мощностей и предназнач. для этой цели хранилищ Сев. флот был вынужден производить сброс жид. РАО в море. Особое внимание уделено практике изоляции РАО в скальных массивах на территории Сев. Европы. Представлены предвар. результаты исслед. ист., объемов, возмож. технологий кондиционирования и захоронения РАО ядер. объектов с.-з. региона России, а также свод. заключение эксперт. комис. гос. экол. экспертизы Мин-ва экологии и природ. ресурсов РФ по "Технико-эконом. обоснованию стр-ва опытно-пром. объекта для подзем. изоляции твердых РАО низ. и сред. активности в вечномерзлых породах на о-ве Новая Земля".

915. *Некоторые радиохимические аспекты захоронения радиоактивных отходов / И.В. Голубцов, В.И. Коробков, М.Б. Качалов и др. // 1 Рос. конф. по радиохимии, Дубна, 17-19 мая, 1994: Тез. докл. - М., 1994. - С. 99.*

Представлены результаты исслед. образцов грунтов, прилегающих к приповерхност. хранилищу РАО, и проб подзем. вод, контактировавших с отвержд. РАО, содержащими цезий-137. Анализ проводился методом авто-радиографии. Установлено, что радионуклиды распространяются в грунтах преимущественно по своеобраз. каналам, к-рые не совпадают с видимыми трещинами, включениями и полостями в грунтах. От места захоронения радионуклиды распространяются в грунтах на расстояние не более 25 см; на большем расстоянии удельная радиоактивность грунтов оценивается величиной  $< 10^{-8}$  Ки/кг. На фильтрах, получ. при фильтровании подзем. вод, отмечено присутствие частиц малого размера с адсорбир. на них радионуклидами.

916. *Hering J.G., Kraemer S. Kinetics of Complexation Reactions at Surfaces and in Solution - Implications for Enhanced Radionuclide Migration = Кинетика реакций комплексообразования на поверхностях и в растворе - значение для увеличения миграции радионуклидов // Radiochim. Acta. - 1994. - Vol. 66, N 7. - P. 63-71.*

917. *Put M.J., Decanniere P. Migration Behavior of C-14-Labeled Bicarbonate, Hto and I-131 in Boom Clay = Миграционные свойства C-14-меченного бикарбоната, Hто и I-131 в глинах // Ibid. - P. 385-388.*

918. *Stenhouse M.J., Pottinger J. Comparison of Sorption Databases Used in Recent Performance Assessments Involving Crystalline Host Rock = Сравнение баз данных по сорбции, используемых при оценке современных характеристик вмещающих пород // Ibid. - P. 267-275.*

919. *The establishment of a radioactive waste disposal facility in Western Australia for low level waste: [Pap.] 9th. Pacif. Basin Nucl. Conf. "Nucl. Energy, Sci. and Technol. Pacif. Partnership Sydney, 1 - 6 May, 1994 = Организация мест захоронения радиоактивных отходов в Западной Австралии для (размещения) отходов с низким уровнем радиоактивности / V.M. Hartley, B. Wall, L. Munslow-Davies et al. // Trans. Amer. Nucl. Soc. - 1994. - Vol. 70, Suppl. n1. - P. 907-912.*

В зап. Австралии НАО хранились на территории Медицин. центра Королевы Елизаветы II в течение более 20 лет. Возможности этого хранилища почти исчерпаны. Для определения нового места захоронения проводили лаборатор. и полевые исслед. Основ. геол. и гидрогеол. требования к месту захоронения РАО включали однородность породы, отсутствие поблизости полез. ископаемых, геол. стабильность, низкую проницаемость основ. пласта, отсутствие ГВ, мин. расстояние до ГВ минимум 10 м. Были проведены обследования с точки зрения стабильности выбр. места. В ноябре 1992 г. для захоронения было оборудовано место в 80 км на с.-в. от Кульяноббинга. Отходы упаковывают в контейнер объемом по 200 л и заливают

бетоном, затем помещают в шахту диаметром 2 м на глубину 28 м. Во избежание интрузии они засыпаются. Дозы радиации, получаемые персоналом, занимающимся процессом захоронения, минимальны.

4.5.2. Выбор системы барьеров, препятствующих распространению радионуклидов из хранилищ. Подбор материалов для сооружения барьеров

1988 - 1989

920. *Cane J.D., Widmayer D.A.* Considerations for the long-term performance of geosynthetics at radioactive waste disposal facilities = О долговременной пригодности геосинтетики на хранилищах радиоактивных отходов // *Durabil. and Aging Geosynth.* - L.; N.Y., 1989. - P. 13-27.

Обсуждается роль устойчивости материалов, используемых при сооружении хранилищ НАО и хвостов обогащения урановых руд, в соответствии с требованиями, предъявляемыми при выдаче лицензий на сооружение и эксплуатацию хранилищ. Рассмотрены прим. применения искусств. экранов из геол. материала (геосинтетики) в различ. конструкциях хранилищ. Обсуждаются возможности использ. полиэтилена высокой плотности для изготовления контейнеров для РАО. Основ. требованием к этим материалам является долговрем. устойчивость. Фактических данных по этой пробл. мало, т. к. перечисл. материалы используются в хранении отходов относительно недавно, что вызывает затруднения при проектировании и стр-ве.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; низкоактивные; хранилища

921. *Clarke D.M.* Nuclear waste storage = Захоронение радиоактивных отходов (США) // *Calif. Eng.* - 1989. - Vol. 68, N 1. - P. 28-30.

В концептуальном аспекте обсуждены вопр. обеспечения длит. безопасности подзем. захоронения РАО (300-1000 лет и более). Указаны основ. факторы и механизм их воздействия на поведение защит. оболочек контейнериз. РАО. Предположена возможность применения в кач-ве конст-рукц. материала углеродистой стали.

922. *Emmings A.* New era of LLW disposal at Drigg = Захоронение низкоактивных отходов в могильнике Drigg, Великобритания // *Atom.* - 1989. - N 391. - P. 2-3.

Могильник НАО Drigg предназначен для захоронения твердых РАО различ. отраслей. Могильник заполняется в течение 30 лет, интенсивность заполнения приблизительно 44 тыс. м<sup>3</sup>. РАО, находящиеся в контейнерах, помещаются в емкости могильника с бетон. стенами. Запланировано создание новой емкости объемом 195 тыс. м<sup>3</sup>, она будет рассчитана на 5 лет. Затем будут построены еще 2 емкости общим объемом 500 тыс. м<sup>3</sup>. Обсуждены усовершенств. изоляц. системы новых емкостей.

923. *Kane J.D., Widmayer D.A.* Considerations for the long-term performance of geosynthetics at radioactive waste disposal facilities = Обсуж-  
156

ждение долговременного использования геосинтетических материалов в местах размещения радиоактивных отходов [США] // Durabil. and Aging Geosynth.: Semin., Philadelphia, Pa, 8-9 Dec., 1988. - L.; N.Y., 1989. - P. 13-27.

Обсуждаются вопр. получения разрешений на размещение НАО с учетом требований их долговрем. стабильности. Приводятся прим. использ. геосинтет. материалов в кач-ве изоляции в местах захоронения НАО, включая конструкции для сбора продуктов выщелачивания НАО. Обсуждаются возможности использ. для этих целей полиэтилена высокого давления.

гидрогеология охрана среды; экология; складирование отходов; подземные воды загрязнение; радиоактивное; США

1990

924. *Apted M.J.* Engineered barrier system of the near-field: the "little brother" of performance assessment = Система технических барьеров ближней зоны: "младший брат" оценок надежности // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 471-480.

Подсистема техн. барьеров - важный фактор ограничения утечки радионуклидов из хранилища в геол. среде. Делается попытка идентифицировать и рассмотреть ключевые процессы, влияющие на утечку и миграцию радионуклидов в дальнюю зону. Предыдущие исслед. в основ. сводились к лаборатор. испытаниям и моделированию кинетики растворения материалов отходов в условиях, близ. к подзем. Анализ массопереноса при реалист. гранич. условиях скоростей хим. процессов показал, что утечка радионуклидов через подсистему техн. барьеров практически контролируется огранич. растворимостью массопереносом. На основе этих хорошо опроб. моделей выделяются ключевые факторы коррект. прогнозирования надежности подсистемы в долгосроч. (> 100 лет) масштабе. К таким факторам отнесены: скорость коррозии контейнеров; локальные хим. характеристики поверхности отходов; параметры растворимости и сорбции радионуклидов на контакте с материалами техн. барьеров; миграц. характеристики закладоч. материала и вмещающих пород.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

925. *Baumer M.* Konstruktive Gesichtspunkte fur Abdichtungen von Deponien an Hand von Beispielen = Конструктивная точка зрения на уплотнение хранилищ отходов на примерах [Германии] // Veroff. Inst. Grundbau, Bodenmech., Felsmech. und Verkehrswasserbau RWTH, Aachen. - 1990. - N 18. - S. 270-292.

Рассмотрены прим. хранилищ отходов Георгсвердер и Герольсхайм. Особое внимание уделено сооружению фундамента хранилищ, а также перекрытиям. До 60-х гг. хранилища отходов сооружали в старых карьерах по добыче стройматериалов без перекрытия. В последние 20 лет стали применять перекрытия из глины или ила мощностью 0,6 м с коэф.  $\leq 10^{-8}$  м/с. В 80-х гг. мощность перекрытий стала многослойной (3-5 слоев), появился гидрогеол. и геохим. контроль. Для спецотходов мощность перекрытия увеличивается до 1,5-2,0 м, материалом является глина или смесь глины и бентонита при коэф. фильтрации  $10^{-9}$ - $10^{-11}$  м/с. Фундамент храни-

лица предварительно выравнивается с помощью соврем. техники, укладывается до 5 защит. слоев из природ. и искусств. материалов (дробленный полиэтилен до размера 1,5-3,0 мм), сооружается дренаж.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Германия

926. *Crocoll R.* Der hydrogeologische Standorttyp "Gipskeuper" am Beispiel des "naturdichten" Modellstandortes Muhlacker = Гипс кейпера как образец гидрогеологического барьера в мощных отложениях Мюлаккера [Германия] // Z. Dtsch. geol. Ges. - 1990. - Bd 141, N 2. - S. 306-309.

Отвал Мюлаккер глубиной 8 м расположен в 120-метровой гипсонос. толще кейпера (верх. триас), состоящей из переслаивающихся пластов гипса, глины и мергеля. Считается, что пласты гипса являются надеж. геол. барьером. Проведен комплекс исслед.: геофиз., гидрогеол., геохим. и др. Выявлено, что гипсы не надеж. геол. барьер. Трещиноватость и карст, по к-рым происходит утечка загрязн. вод из отвала в водонос. горизонты - ист. питьевого и техн. водоснабжения.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; гипс; ФРГ; Мюлаккер

927. *Dlouhy Z., Machmilner L.* The safety assessments for the Czechoslovak waste disposal system = Оценки безопасности для чехословацкой системы хранения отходов // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 181-188.

Анализируется принятый в Чехословакии подход к обеспечению безопасности как реактор., так и др. типов РАО. Система хранения полностью базируется на техн. сооружениях неглубокого заложения с использ. много-экр. концепции. Изложен ряд результатов НИР, направл. на сбор данных о поведении различ. типов экранов при хранении. Показано, что система хранения указ. типа обеспечит полную изоляцию отходов на период, определяемый требованиями безопасности.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Чехословакия

928. *Grauer R.* Die Endlagerung hochradioaktiver Abfalle: chemische Aspekte = Химические аспекты проблемы окончательного складирования высокоактивных отходов // Vierteljahresschr. Naturforsch. Ges. Zurich. - 1990. - Bd 135, N 4. - S. 221-238.

Основ. цель окончат. складирования ВАО - надеж. и долгосроч. изоляция их от биосферы. Для обеспечения экол. безопасности ВАО подвергаются спец. обработке, путем отверждения жид. ВАО с образованием твердого или высококонсистент. конгломерата с последующим капсулированием (чаще всего в сталь или бетон). Саму капсулу помещают в отработ. шахты, горные выработки, естеств. или искусств. геол. разрезы, создавая дополн. естеств. природ. барьеры на пути возмож. проникновения радионуклидов в ОС и прежде всего в биосферу. Рассмотрены хим. аспекты пробл. обеспечения надежности долговрем. безопас. хранения ВАО. Внимание специалистов привлекает пробл. старения стеклян. массы, используемой в процессе отверждения жид. ВАО, процессы коррозии стальных и

бетон. капсул с ВАО для повышения безопасности окончат. складирования отходов.

высокорadioактивные отходы; обработка; захоронение; химические аспекты; ФРГ

929. *Karlsson F.* Utilization of certain chemical and physical properties of smectite for isolation of radioactive waste in Sweden = Использование некоторых химических и физических свойств смектита для изоляции радиоактивных отходов в Швеции: [Pap.] 9th Int. Clay Conf., Strasbourg, 1989 // *Sci. geol.* - 1990. - N 87. - P. 65-73.

Использ. набухающих глин в кач-ве буфер. и закладоч. материала в подзем. хранилищах РАО предусмотрено в проект. конструкциях, разработ. в ряде стран. В концепции швед. хранилища ОЯТ KBS-3 предусмотрено использ. для этой цели Na-бентонита. Медные контейнеры в скв. окружают слоем из смеси песка и бентонита, а штреки и шахт. стволы будут экранированы буфер. слоем уплотн. бентонита. В эксплуатир. хранилище для НАО и CAO SFR (Форсмарк) используется закладка из смектитовой глины, разделяющая вмещающие порода и бетон. емкость с отходами. Барьер из глин выполняет неск. ф-ций, как мех., так и физ. Рассмотрена физ.-хим. ф-ция ограничения миграции радионуклидов в рамках анализа безопасности хранилищ KBS-3 и SFP. Делается вывод, что эта ф-ция имеет важное значение в изоляц. характеристиках ближ. зоны хранилищ.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Швеция

930. *Lewi J., Izabel C., Kaluzny T.* Comment est fondee la surete des stockages de dechets radioactifs = Как обосновывается безопасность хранилищ радиоактивных отходов // *C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact.*, Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 81-91.

Все хранилища РАО, независимо от концептуальных различий, конструируются с целью изоляции содержащихся в отходах радионуклидов на период, равный сроку, в течение к-рого отходы представляют опасность. Изоляция достигается за счет использ. удерживающих барьеров. Дан анализ ф-ций и возможностей различ. типов барьеров в различ. системах хранения. В связи с типами барьеров характеризуются требования к выбору уч-ка и ячейке хранения, принятые в ряде проектов, реализуемых в различ. странах.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; хранилища; оценка безопасности

931. *NSRA panel stresses need for underground research lab. for HLW study* = Проблемы захоронения высокоактивных отходов, Япония // *Atoms Jap.* - 1990. - Vol. 34, N 6. - P. 34.

На 23-м ежегод. форум ассоциации по ядер. безопасности NSRA (5.06.90 г., Токио) по пробл. НИОКР в обл. обращения с ВАО в выступлениях и дискуссии четко обозначились 3 первоочеред. задачи ассоциации. Во-первых, это создание в кратчайшие сроки лаб. для подзем. исслед. Во-вторых, отмечена необходимость корректировки прогр. НИОКР в обл. прогнозирования надежности техн. барьеров захоронения с учетом возмож.

природ. катаклизмов. Кроме этого, участники форума сошлись во мнениях о необходимости представления общественности более открытого доступа к информ., касающейся всех вопр. захоронения РАО.

932. *Rodatz W.* Zuruckhaltung von Schadstoffen bei der Durchstromung von bindigen Boden und Dichtwanden = Задержка вредных веществ при просачивании через почву и плотные стенки // Veroff. Inst. Grundbau, Bodenmech., Felsmech. und Verkehrswasserbau RWTH, Aachen. - 1990. - N 18. - S. 244-269.

Для предотвращения миграции вред. в-в из хранилищ отходов, особенно с радиоактив. соединениями, отработана спец. методика по уплотнению почвы перед началом стр-ва хранилища и сооружению окруж. стенки из плот. непроницаемого материала толщиной 0,6-0,8 м с ее углублением до 1-го водоупора. Ниж. часть хранилища обычно состоит из 3 слоев: уплотн. глина, залегающая на почве; дренаж. сооружения из фильтрующего материала и верх. защит. слой. При сооружении хранилища для РАО дополнительно сооружается слой из искусств. материала между глиной и дренаж. системой. Для изучения физ.-мех. св-в (плотность, пористость, фильтрация и пр.) применяемых материалов (глина, бетон, песок и пр.) в лаборатор. условиях испытывались образцы размером 7x3 и 10x10 см. Для сооружения защит. стен применялась смесь из бентонита, бетона и воды. Плотность застывшего слабопроницаемого материала составляла 1138,1-1255,9 кг/см<sup>3</sup>. Проведены эксперименты по выявлению фильтрующих св-в защит. стен в течение 200-600 сут. Выявлены оптим. варианты состава материала для защит. стен.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

933. *Schonfeld E., Specht S.* Barrieren und Uberwachungskonzept fur den Boden- und Grundwasserschutz der ursprunglich geplanten Wiederaufarbeitungsanlage Wackersdorf (WAW) = О контроле и барьерах по защите почвы и грунтовых вод на запланированном перерабатывающем [радиоактивные отходы] предприятии Ваккерсдорф // Z. Dtsch. geol. Ges. - 1990. - Bd 141, N 2. - S. 385-392.

Сравниваются положения о контроле за переработкой и захоронением РАО в ФРГ, Франции, Великобритании и Японии. Приводится анализ контроля за переработкой РАО на предприятии Ваккерсдорф (с.-в. Бавария). Упаковка РАО должна производиться в контейнеры-ванны из стекла или бетона высотой 2,35 м с многослойным защит. уплотнителем из бетона внизу. Площадь Ваккерсдорф для контроля разделена на 3 сферы с радиусом 2 км, 5 и 10 км осуществления. Будет пробурено 18 скв. для отбора проб ГВ из водонос. горизонтов, почвы и воздуха. Особое внимание уделено выявлению <sup>90</sup>Sr, <sup>131</sup>I, <sup>103</sup>Ru и <sup>106</sup>Ru и др. радиоактив. элементов.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; ФРГ; Ваккерсдорф

934. *Schwibach J.* Zur Langzeitsicherheit der Endlagerung radioaktiver Abfalle = К вопросу долговременной безопасности захоронения радиоактивных отходов // Atomwirt.-Atomtechn. - 1990. - Bd 35, N 1. - S. 24-32, A16, A18.

Использ. для захоронения РАО соляных копей осуществлено в ФРГ более 30 лет назад. Все рассуждения об окончат. захоронении РАО исходят из необходимости защиты от РИ. Для безопас. складирования РАО и ООС необходима разработка многобарьер. защиты, к-рая бы обеспечивала защиту от собственно РАО, и их производ. продуктов, с учетом геол. формаций, структур, а также гидрогеол. особенностей и условий места захоронения. Рассмотрены различ. концепции и прогр. экологически безопас. обработки и складирования РАО, разработ. Мин-вом энергетики ФРГ, и сопоставлены с аналогич. норматив. документами США. Для окончат. захоронения рекомендуется использовать не только соляные копи, но и др. заброш. горные разработки. Предпочтительны: гранит, базальт, глина и шугф.

радиоактивные отходы; захоронение; экологическая безопасность; программы; ФРГ, Министерство энергетики; США

935. *Some design aspects of solidified waste storage facilities* = Некоторые аспекты проектирования специальных приспособлений в хранилищах солидифицированных радиоактивных отходов / M.V. Strakhov, I.A. Yupatov, A.V. Demin et al. // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 995-1000.

Жидкие ВАО, солидифицир. витрификацией, должны закладываться на хранение с обеспечением условий принудит. охлаждения, если выделение тепла составляет 5-5,5 кВт/м<sup>3</sup>, и с естеств. охлаждением, если выделение тепла ограничено величинами 1,0-1,5 кВт/м<sup>3</sup>. Место складирования должно быть расположено выше уровня ГВ и связано непосредственно либо транспорт. коридором с цехом витрификации. Витрифицир. отходы транспортируют из цеха в хранилище спец. краном в спец. емкости, освобождаемой на месте заложения от отходов. Вентиляц. станция должна примыкать к хранилищу.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

936. *Stammose D., Dolo J.M. Sorption of Americium at Trace Level on a Clay Mineral* = Сорбция америция на следовом уровне глиноземных материалов // *Radiochim. Acta.* - 1990. - Vol. 51, N 4. - P. 189-193.

1991

937. *Ахмадьяров Д.М., Лаздан Ф.Я. Герметизация подземного железобетонного сооружения системы безопасности ядерной установки* // Подзем. и шахт. стр-во. - 1991. - N 5. - С. 24-26.

В СССР актуальна пробл. герметизации подзем. железобетон. сооружений, особенно для хранения РАО. Установлены факты загрязнения глубин. слоев грунта РАО, захорон. в типовые подзем. железобетон. резервуары. Экспериментально показано, причиной этого является негерметичность сооружений и заполнение водами, уровень к-рых колеблется в зависимости от времени года. Рекомендуется способ герметизации, предусматривающий выявление мест просачивания и течей воды и герметизацию их материалами на основе напрягающего цемента, (высококоэффек-



тив. вяжущее). В затвердевшем состоянии он имеет фиброобраз. структуру, отличающуюся высокой прочностью при растяжении и долговечностью. Наблюдения, провед. весной через 3 мес. после укладки герметизирующих материалов, показали полное отсутствие каких-либо признаков возобновления течей. Рекомендовано контролировать кач-во напрягающего цемента, герметизирующего материала и его укладку.

радиоактивные отходы; хранилища; железобетонные сооружения; герметизация; СССР

*938. Изменение свойств боросиликатного стекла в водонасыщенной среде / К. Tsukimura, Y. Matsuhisa, Y. Kanai et al. // Тисицу тесасе гэнпо = Bulletin of the Geological Survey of Japan. - 1991. - Vol. 42, N 6-7. - P. 333-336.*

При долговрем. хранении РАО вовлечение радионуклидов в растворение контролируют изменением св-в материалов контейнера - боросиликат. стекла при взаимодействии его с подзем. водами. Под воздействием вод в стекле образуются вторич. кристал. фазы. Эти новообразования изучали в эксперименте, в к-ром 50 мг боросиликат. стекла, истертого в порошок, и 200 мл воды запаляли в золотую капсулу и выдерживали при 300°C и давлении 300 бар в течение 2 недель. После завершения опыта жид. фазу изучали методами атомно-абсорбц. спектроскопии, а порошок исследовали с помощью рентген. дифракции и электрон. микроскопии. В р-р перешло до 90% К, до 75 Na, 6 Li, но менее 1% Са и Fe. Твердая фаза состояла из цеолита и смектита. Цеолит представлен Na и Са анальцимами. Предполагается, что смектит содержит Fe, Al и Si, а Na в его составе замещен Li.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; боросиликатное сырье

*939. Природные и искусственные геохимические барьеры на путях миграции радионуклидов в зонах захоронения радиоактивных отходов / Б.И. Омеляненко, Б.С. Никонов, Б.И. Рыжов, С.В. Юдинцев // Геохимические пути миграции искусственных радионуклидов в биосфере: Тез. докл. 5 конф. Пушино, дек., 1991. - М., 1991. - С. 100.*

Обоснование оптим. выбора вмещающих пород для хранилища РАО, а также материала, заполняющего пространство между контейнером и вмещающими породами, осуществляется путем теор. и эксперим. моделирования процессов, происходящих на уч-ке размещения РАО с учетом данных о природ. метаморф. и метасомат. явлениях и сведений по геохимии отд. хим. элементов, особенно радионуклидов. Обосновываются требования к материалу-заполнителю и вмещающим породам. Для стр-ва хранилища РАО благоприятны породы повыш. основности: магмат. (перидотиты, габброиды, порфириды), метаморф. (амфиболиты) и метасомат. (серпентиниты) происхождения.

инженерная геология строительство; подземное; хранилища; радиоактивные отходы; вмещающие породы; моделирование

*940. Attinger R.O., Knecht B., Mercier O. Residual-Stresses and Stress-Corrosion Effects in Cast Steel Nuclear Waste Overpacks = Эффекты оста-*

точного напряжения и коррозии в стальных контейнерах для ядерных отходов // Nucl. Eng. and Des. - 1991. - Vol. 129, N 1. - P. 89-99.

941. *Davidovits J.* Geopolymers - Inorganic Polymeric New Materials = Геополимеры - новые неорганические полимерные материалы // J. Thermal Analysis. - 1991. - Vol. 37, N 8. - P. 1633-1656.

942. *Drescher V.J.* Mineralische Deponieabdichtung - geologische Barriere = Образование геологических барьеров из минерального уплотнения хранилищ отходов // Mull und Abfall. - 1991. - Vol. 23, N 9. - P. 618-623.

Для образования защит. уплотн. слоя хранилищ спецотходов практически пригодны все горные породы, за исключением камен. соли и карбонатов ввиду их неустойчивости к природ. выветриванию. Наиболее благоприятны для этих целей глинистые породы как устойчивые к воздействию атмосфер. и ГВ. Однако и среди минералов глинистых пород (каолинит, иллит, бентонит, монтмориллонит и пр.) имеются различия по физ.-мех. св-вам (разложение, набухание, пористость, фильтрация и пр.), по их способностям к агрессив. действию сульфат. вод. Для многих р-нов Германии разработана стандарт. схем. сооружения нижнего защит. слоя хранилищ спецотходов мощностью ~ 3 м, залегающего на корен. породах и состоящего, в свою очередь, из 6 слоев. Самый нижний слой состоит из бентофикса с коэф. фильтрации менее  $1 \cdot 10^{-10}$  м/с. Выше залегают слой из минер. уплотнителя (глинистые или другие породы), затем слой из искусств. материала с размером частиц менее 2,5 мм. Выше следует слой бентофикса С, затем дренаж. слой из гранулометр. минер. зерен горных пород размером 16-32 мм и еще выше слой из геотекстиля. Затем размещают отходы.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

943. *Gdowski G.E., McCright R.D.* Degradation mode surveys of high performance candidate container materials = Изучение деградации материалов для изготовления контейнеров захороняемых радиоактивных отходов высокой активности // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 932-939.

В числе возмож. материалов для изготовления контейнеров, предназначен. к складированию РАО в туфовом массиве Юкка-Маунтин, изучают сплавы на основе титана и никель-хром-молибденовые сплавы. Рассмотрены возмож. эффекты, влияющие на их устойчивость. Подчеркнута необходимость изучения таких факторов, как длит. (в течение тысячелетий) воздействие на материалы повыш. тем-ры и интенсив. гамма-излучения. Рассмотрены тенденции изменения защит. пленок в поверхност. слое материалов в связи с их старением.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; изготовление контейнеров

944. *Harrison-Giesler D.J., Jardine L.J., Morisset R.P.* Yucca Mountain site characterization project waste package plan = Проект обследования участка

Юкка-Маунтин. Техническое задание на ячейку хранения // Ibid. - P. 296-300.

В рамках проекта УМР (обследование уч-ка Юкка-Маунтин), финансируемого Мин-вом энергетики США, разрабатывается конструкция ячейки хранения отходов и связ. с ней техн. барьеров. Задачей этих работ является создание и документ. оформление конструкции, а также обоснование ее эффективности применительно к конкрет. типу отходов (ЯТ и ВАО в твердой фазе). Эффективность должна быть доказана на уровне соответствия норматив. требованиям к хранилищу РАО в геол. среде. Описан общий техн. подход к конструированию ячейки хранения, выделены задачи, подготовлено техн. задание (план) и описана орг-ция работ.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; США; Юкка-Маунтин

945. Ikeda H. Investigation on the performance of bentonite as an engineered barrier for geological disposal facilities for high-level radioactive wastes = Исследование действенности бентонита как инженерного барьера при размещении радиоактивных отходов высокой активности в геологических средах // Quart. Abstrs. / Cent. Res. Inst. Elec. Power Ind. - 1990(1991). - N 53-54. - P. 7.

Буфер. материал, разделяющий контейнеры с ВАО и вмещающие породы, должен характеризоваться низкой водо- и высокой температуропроводностью. Проведены исслед. по оценке пригодности уплотн. бентонита на роль такого материала, к-рые показали, что его водопроводность  $10^{-12}$  см/с, но температуропроводность ниже соотв. характеристики вмещающих пород. При таких соотношениях возможен разогрев бентонита до высоких тем-р, что приведет к увеличению его водопроводности. Для предотвращения развития подоб. явлений необходимы добавки из температуропровод. материала в бентонит.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные

946. Komine H. The physical properties and compaction characteristics of swelling soils = Физические свойства и способность к уплотнению разбухающих почв // Ibid. - P. 15.

Разбухающие почвы привлекли к себе внимание как возмож. претендент на роль буфер. наполнителя, разделяющего контейнеры с ВАО и геол. среду вмещения. С целью определения их физ. св-в и способности к уплотнению проведены эксперименты по оценке их вязкопластич. порогов и статич. сжатия. Оказалось, что способность к уплотнению тесно связана с порогом пластичности, а также с макс. плотностью сухого материала и оптим. влагонасыщенностью. Получены полез. соотношения, позволяющие оценить требуемое давление уплотнения.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

947. McCombie C., McKinley I.G., Zuidema P. How much must the geologic barrier contribute to safe HLW disposal? = Каков вклад геологического барьера в безопасность хранения высокоактивных отходов? // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 291-295.

Оценка потенц. уч-ка захоронения включает оценку роли ряда систем в обеспечении безопасности, в частности, оценки геол. характеристик уч-ка, важных с точки зрения долговрем. надежности изоляции. Один из подходов заключается в том, чтобы максимально повысить надежность техн. барьеров в ближ. зоне, вследствие чего снижается общая неопределенность оценок, во многом связ. со сложностью прогнозирования надежности геол. барьера. Исполыз. такого подхода облегчает прохождение процедур лицензирования, в ходе к-рых должна быть показана достижимость разумного уровня безопасности. Если будет доказано, что геол. барьер обеспечивает дополн. безопасность по сравнению с минимально приемлемой, такой запас надежности делает оправд. исполыз. концепции множества барьеров.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные

948. *Nawalary M.* An active isolation approach for waste disposal sites confinement: [Pap.] Eur. Geophys. Soc. 16th Gen. Assem. "Atmos., Hydros. and Space Sci.", Wiesbaden, 22-26 Apr., 1991 = Подход "активной изоляции" к ограничению участков хранения отходов // Ann. geophys. - 1991. - Vol. 9. - P. 506.

Большинство хранилищ отходов в Нидерландах находится в контакте с нижележащими водонос. горизонтами. Старение или растрескивание экранов приводит к неогран. миграции токсич. в-в. Подход "активной изоляции" подразумевает выполнение ряда специф. техн. операций, к-рые, во-первых, могут ограничить происходящую или будущую фильтрацию в пределах определ. зоны (локальная гидрогеол. система) и, во-вторых, блокировать утечки на определ. (возможно больший) период времени. Существуют многочисл. физ. и хим. предпосылки для создания методов актив. изоляции. Оценена теор. эффективность нек-рых способов гидравл. изоляции. С целью проектирования техн. решений установлена взаимосвязь между эффективностью экранирования, физ. характеристиками хранилища и гидравл. параметрами подстилающего водонос. горизонта. Результаты предвар. расчетов иллюстрируют, насколько эффектив. может быть 2-я фаза (блокирование фильтрации) актив. изоляции.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

949. *Research on Swelling Clays and Bitumen As Sealing Materials for Radioactive Waste* = Исследование глиняных утолщений и битума в качестве герметизирующих материалов радиоактивных отходов // UNIPUB. - 1991. - 154 p.

950. *Roffey R., Norqvist A.* Biodegradation of Bitumen Used for Nuclear Waste-Disposal = Биоразложение битума, используемого для захоронения ядерных отходов // Experientia. - 1991. - Vol. 47, N 6. - P. 539-542.

951. *Wieder D.G.* Yucca Mountain near fielo environment considerations for engineered barrier system design and performance = Характеристики ближней зоны участка Юкка-Маунтин, их значение для проектирования и

надежности системы технических барьеров // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 1366-1374.

Ближняя зона проектируемого хранилища Юкка-Маунтин будет по существу безвод. в ближайшие 300 лет, возможно, и далее (более 1000 лет). Наряду с естеств. гидрогеол. характеристиками вмещающих туфов, этому будут способствовать разогрев и высушивание пород радиоген. теплом. По мере рассеяния избытка тепла водонасыщенность постепенно вернется к начальному (65%) значению. Эти условия благоприятны для сохранности контейнера, т. к. вода в жид. фазе является химически агрессив. средой и основ. фазой, переносящей выделившиеся радионуклиды в подзем. среде. Результатом разогрева и высушивания пород могут быть хим. процессы, приводящие к изменению гидрогеол. характеристик. В частности, процессы осаждения будут влиять на пористость и водопроницаемость. Цикл. процессы растворения-осаждения могут приводить к закупорке трещин и влиять на гидродинам. св-ва.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Юкка-Маунтин

1992

952. *Broughton A.C.* Eurodollars impact lead, zinc = Евродоллары вкладывают в свинец и цинк // *Recycl. Today. Scrap Market Ed.* - 1992. - Vol. 30, N 10. - P. 30, 32, 34, 36.

Индустрия пр-ва свинца нуждается в более строгом законодательстве об ООС и ищет новые обл. применения металла, в частности, для изготовления контейнеров для РАО. Свинцовые экраны значительно снижают облучение человека радоном и используются как ср-во защиты от рентген. излучения. Исходя из возросших потребностей в свинце для экранирования среды обитания человека и изоляции РВ, приведены пример. необходимые для этих целей объемы его годового использ. (~ 190 тыс. т). Кроме того, свинец широко используется в форме оксидов при пр-ве аккумуляторов и электр. батарей, а также в виде добавок к изделиям из др. цвет. металлов для повышения устойчивости от коррозии. Обсуждаются вопр. пр-ва и рынка цинка и алюминия.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США

953. *Enksson L.G., Pentz D.L.* Natural system issues in the OCRWM program = Природные системы, изучаемые OCRWM // *Int. J. Rock Mech. and Mining Sci. and Geomech. Abstr.* - 1992. - Vol. 29, N 2. - P. 132A.

Бюро по работам с РАО гражд. отраслей пром-сти (OCRWM) выделило 24 задачи исслед. для уч-ка Юкка-Маунтин, большинство из к-рых связано с природ. системами (пород. массивами). Достижение необходимого уровня надежности может потребовать создания системы техн. барьеров. Предложена стратегия лицензирования на принципе "разумно достижимой безопасности", описано использ. вероятност. методов принятия решений для идентификации наиболее важных компонентов безопасности. Указ. стратегия может сократить время, требующееся для выдачи лицензии или для отказа.

охрана среды захоронение отходов; радиоактивных; США; Юкка-Маунтин

954. *Gray M.N.* Workshop on stress partitioning in engineered clay barriers, Duke university, Durham, N. C., May 29-31, 1992: Overview: [Pap.] Workshop Stress Partition. Eng. Clay Barriers, Durham, N. C., May 29-31, 1992: Overview = Рабочее совещание по распределению напряжений в технических барьерах из глины, университет Дьюк, Дарем, Северная Каролина, США, 29-31 мая 1992 г. Краткий обзор // *Can. Geotechn. J.* - 1992. - Vol. 29, N 6. - P. 1011-1012.

Вводные замечания и краткие резюме нек-рых докл. по различ. аспектам мех. поведения бентонитов при хранении и захоронении топлив. ядер. отходов. Совещ. с подобной тематикой проводится в 3-й раз (ранее проводилось в 1989 и 1991 гг.); следующее запланировано на 1993 г. в Италии. Резюме приведены лишь по докл., содержащим существ. новости.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США

955. *Greinacher J., Piepenbreier G.* Langzeitsicherung unterirdisch einzulagernder Abfalle mit mineralischen Abdichtungsmaterialien = Обеспечение долговременного хранения подземных складированных отходов с помощью минеральных уплотняющих материалов // *Gluckauf.* - 1992. - Vol. 128, N 4. - P. 276-281.

Для обеспечения длит. хранения отходов, складироваемых под землей в выработ. пространствах, применяются минер. уплотняющие искусств. смеси, снижающие конвекцию и диффузию вред. в-в в окружающее пространство. Рекомендована также смесь Dywidag, содержащая 62% гравия, 32% песка и 6% бентонита, выпускаемая фирмами Dycckerhoff-Widmann AG и Deilmann-Haniel GmbH. С помощью искусств. смесей осуществляется закладка шахт. стволов и горизонт. галерей, подводющих к камерам, в к-рых складировются отходы.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; буферный материал

956. *Holland T.R., Lee D.J.* Radionuclide Getters in Cement = Радионуклиды в цементе // *Cement and Concrete Research.* - 1992. - Vol. 22, N 2-3. - P. 247-258.

957. *Kanno T., Wakamatsu H.* Water-Uptake and Swelling Properties of Unsaturated Bentonite Buffer Materials = Изучение свойств материалов, используемых для сооружения хранилищ высокоактивных радиоактивных отходов // *Can. Geotechn. J.* - 1992. - Vol. 29, N 6. - P. 1102-1107.

958. *Maki Y., Ohnuma H.* Application of Concrete to the Treatment and Disposal of Radioactive Waste in Japan = Использование бетона для обработки и захоронения радиоактивных отходов в Японии // *Nucl. Eng. and Des.* - 1992. - Vol. 138, N 2. - P. 179-188.

959. *Performance of engineered barriers in deep geological repositories* = Надежность технических барьеров в глубинных геологических хранилищах // *Techn. Rep. Ser. / IAEA.* - 1992. - N 342. - P. 1-78.

Содерж. 1. Надежность систем закладки и герметизации и их оценка (методика доказательства надежности; учет особенностей конструкции, стро-ва и эксплуатации хранилища; неопределенность данных и ее снижение; оценка надежности компонентов барьеров). 2. Концепции конструкции хранилища (типы отходов; геол. среда и характеристики уч-ка; концепции конструкций глубин. геол. хранилищ). 3. Ф-ции надежности герметизации (компоненты системы техн. барьеров; св-ва барьеров). 4. Лабо-ратор. и полевые испытания (исслед. материалов на основе глин, цемента, соли, асфальта и битума; имитац. испытания; исслед. in situ). В разделе об ис-след. in situ освещены вопр.: герметизация вмещающих отходов скв. и штреков; испытания кач-ва закладки шахты и штрека; тампонаж трещин и зон нарушений; тампонаж шахт и трекв; забивка стволов разведоч. скв. охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

960. Pusch R. Use of bentonite for isolation of radioactive waste products = Использование бентонита для изоляции радиоактивных отходов // Clay Miner. - 1992. - Vol. 27, N 3. - P. 353-361.

Глина из натриевого смектита, доступ. в виде бентонитового порошка, является очень эффектив. барьером для воды и катионообм. агентом. Объ-ем. плотность материала составляет от 1,9 до 2,2 г/см<sup>3</sup> в зависимости от водонасыщенности, водопроводимость ~ 10<sup>-14</sup>·10<sup>-13</sup> м/с. Св-во набухания обеспечивает плот. контакт с окружающими конструкциями и породами. Все эти кач-ва делают бентонит незаменимым для изоляции канистр с РАО, скв. и шахт. стволов. Смектитовый гель с объемной плотностью 1,1-1,3 г/см<sup>3</sup> сохраняет достаточно низкую водопроводимость и может быть ис-пользован как эффектив. материал для тампонажа трещин. Устойчивость смектита в среде гранитов очень хорошая, а конеч. продукт преобразова-ний (иллит) сохраняет нек-рые полож. характеристики смектита.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

1993

961. Диффузия актиноидов в материалах, предлагаемых для захороне-ния радиоактивных отходов высокой активности / В.М. Филин, Т.Н. Ананина, С.В. Калинина, В.И. Булкин // 15 Менделеев. съезд по общ. и прикл. химии, Минск, 24-29 мая, 1993. - Минск, 1993. - Т. 3. - С. 328-329.

Методом, основ. на анализе изменений в энергет. спектре альфа-частиц, испускаемых ядрами диффундирующего элемента, происходящих по мере проникновения его в глубину исследуемого материала, определены коэф. диффузии и их температур. зависимости  $D=D_0 \exp(-E_\lambda)/RT$  для непту-ния, плутония и америция в стеклах и минералоподоб. материалах. Пара-метры  $D_0$  и  $E_\lambda$  приведены в табл. Проведено сравнение получ. эксперим. результатов с литератур. данными.

радиоактивные отходы; актиноиды, стекла; диффузия, коэффициенты; захоронение; Россия

962. Концепция выбора функциональных материалов для хранилища радиоактивных отходов / А.А. Уминский, А.И. Карелин, А.М. Кутепов и

др. // 15 Менделеев. съезд по общ. и прикл. химии, Минск, 24-29 мая, 1993. - Минск, 1993. - Т. 4. - С. 202-203.

В кач-ве конструкц. материалов рассмотрены варианты бесклинкер. бетонов и фибробетоны, базальтовый камень и нек-рые др. породы, образующие алюмосиликаты со сроком эксплуатации не менее 500 лет. Разработаны оптим. предложения, направл. на надеж. фиксацию в-в хим. методами (в т. ч. вод. растворов солей).

радиоактивные отходы; хранилища; бесклинкерные бетоны; фибробетоны; рекомендации; Россия

963. Система коррозионного мониторинга хранилищ жидких радиоактивных отходов / А.П. Городничей, В.И. Ломовцев, А.Б. Быков, Е.В. Хабарова // 15 Менделеев. съезд по общ. и прикл. химии, Минск, 24-29 мая, 1993. - Минск, 1993. - Т. 1. - С. 271-272.

Основ. причиной выхода из строя емкостей жид. РАО, изготовл. из хромоникелевых сталей, является питтинговая коррозия - это важный аргумент в пользу внедрения систем мониторинга во всех хранилищах жид. РАО. Система корроз. мониторинга включает в себя анализатор питтинговой коррозии (АПК), коммутатор на планируемое кол-во контрольных точек, панель индикации питтинга на щите оператора и датчики коррозии. Принцип работы АПК состоит в наложении треугольных колебаний инфранизкой частоты с регулируемой амплитудой тока на 2-электрод. систему и выявлении специф. "питтинговых" колебаний потенциала положительно поляризуемого электрода.

радиоактивные жидкие отходы; хранение; емкости; коррозионный мониторинг; анализатор питтинговой коррозии; Россия

964. <ANON>CHEM-IND-L Radioactive Waste - Metal-Isolating Bugs = Металлическая изоляция для радиоактивных отходов // Chem. & Industry. - 1993, N 18. - P. 700.

965. Buhmann C. Contact-Metamorphic Illitization and Related Consequences for the Functioning of Backfill Barriers in High-Level Radioactive-Waste Repositories = Изучение функционирования хранилищ радиоактивных отходов // South African J. Sci. - 1993. - Vol. 89, N 9. - P. 442-446.

966. Kalb P.D., Heiser J.H., Colombo P. Long-Term Durability of Polyethylene for Encapsulation of Low-Level Radioactive, Hazardous, and Mixed Wastes = Долговечность полиэтилена, используемого для капсулирования низкорadioактивных, опасных и смешанных отходов // Acs Symposium Series. - 1993. - Vol. 518. - P. 439-449.

967. Miyamoto K., Takeda T., Muraoka S. 3-Year Experimental-Study of Leaching Phenomena from LowLevel Radioactive Homogeneous Cement-Based Waste Forms = Цементные формы для хранения радиоактивных отходов // J. Nucl. Sci. and Technol. - 1993. - Vol. 30, N 7. - P. 680-691.



968. *Бобылев А.Л.* Эффективные методы сооружения экранов в скважинах для захоронения радиоактивных отходов // Энерг. стр-во. - 1994. - N 3. - С. 44-48.

Как показывает практика, при сооружении в грунте различ. рода подзем. доков для складирования РАО, накопителей, отстойников и прочих хранилищ наилучшие результаты с точки зрения предотвращения выхода из них вред. в-в достигаются при изготовлении противодиффуз. завес, выполн. методом "стена в грунте". Основ. недостатками всех извест. технологий, использующих метод "стена в грунте", являются высокие стоимость и трудоемкость работ. В научно-производств. кооперативе "БОС" разработана новая технология применения метода "стена в грунте", основ. на способе раскатки грунта, предлож. Ин-том горного дела СО РАН. Дано описание метода образования скв. в грунте раскаткой. Отмечено, что особенность технологии состоит в том, что грунт не извлекается на поверхность, а вдавливается в стенки скв., благодаря чему значительно увеличивается прочность стенок траншеи. Применяемое оборудование отличается от используемого для стабилизации грунтов по струйной технологии значительно проще по конструкции, дешевле в изготовлении и удобнее в эксплуатации.

969. *Иммобилизация радиоактивных отходов отверждением в устойчивые минералоподобные геоцементные камни* / Э.Е. Коновалов, П.В. Кривенко, Л.В. Лавриненко и др. // 1 Рос. конф. по радиохимии, Дубна, 17-19 мая, 1994: Тез. докл. - М., 1994. - С. 105.

Смеси соединений щелоч. элементов с алюмосиликатными в-вами природ. и техног. происхождения (глины, металлург. шлаки) обладают вяжущими св-вами. При растворении водой после твердения в нормально-влажност. условиях, в условиях сушки или автоклавирования образуются искусств. камни (геоцементы), основу к-рых составляют новообразования, аналогич. природ. цеолитам. Исслед. водостойчивости компаундов, получ. отверждением модельных концентратов жид. РАО с содерж. 600-900 г/л нитрата натрия, показали, что скорость выщелачивания цезия-137 характеризуется величинами  $10^{-5}$ - $10^{-6}$  г/см<sup>2</sup>·сут.

970. *Новые минеральные керамики в качестве матриц для захоронения высокорadioактивных отходов* / Р.В. Богданов, М.И. Домнина, Р.А. Кузнецов и др. // Там же. - С. 102.

Исследована возможность фиксации радионуклидов в керам. матрицах, получаемых спеканием кальцината ВАО со смесями, составл. на основе широко распространен. горных пород и отходов горнодобывающей промышленности. В кач-ве компонентов керамики использовали апатитовую руду и хвосты ее обогащения, гранит и модельные РАО.

971. *Kunze S., Geiser H.* Coatings for Casks Holding Radioactive Waste = Оболочки бочонков, содержащих радиоактивные отходы // Atomwirt.-Atomtechn. - 1994. - Bd 39, N 5. - S. 354-357.

972. *Low S., Guyonnet D.* Critical Parameters Controlling Pollutant Migration from Waste-Disposal Sites - Field Investigations and Influence on Aquifer Pollution = Критерии (параметры) контроля миграции загрязнителей из мест размещения (захоронения) отходов // *Eclogae Geologicae Helvetiae.* - 1994. - Vol. 87, N 2. - P. 451-467.

973. *Menager M.T., Heath M.J., Ivanovich M.* Uranium Migration/Retention Processes in-Core Profiles from El Berrocal (Spain) - Implications for Matrix Diffusion in Fractured Granite = Процессы миграции и задержки урана по профилям колонкового бурения в El Berrocal (Испания) - их значение для диффузии цемента в трещиноватый гранит // *Radiochim. Acta.* - 1994. - Vol. 66-7. - P. 475-483.

974. *Oyen L.C.* Low-level radioactive waste disposal and nuclear plant storage designs in the United States: [Pap.] 9 th Pacif. Basin Nucl. Conf. "Nucl. Energy, Sci. and Techno. Pacif Partnership" Sydney, 1-6 May, 1994 = Захоронение отходов с низким уровнем радиоактивности и проекты хранилищ отходов ядерных установок в США // *Trans. Amer. Nucl. Soc.* - 1994. - Vol. 70, Suppl. n1. - P. 899-905.

В последние 20 лет в США захоронение НАО производится в земле на небольшой глубине. Новая техника захоронения, применение к-рой начнется с 1996-1998 гг. предусматривает усовершенствования, обеспечивающие дополн. безопасность населения. Почти все новые методы захоронения включают помещение контейнеров с отходами в бетон. сооружения. Для снижения уровня радиации планируется создание дополн. преград: более высокого покрывающего слоя почвы, камней и глины, бетон. своды или саркофаги. Во всех местах захоронения предусматривается также обязат. контроль утечек. При наличии значит. затруднений, связ. с выбором и проведением исслед., в течение ближайших лет вряд ли возникнут новые места захоронения. В 1994 г. планируется закрытие единств. действующего захоронения в Барнуэлле, Южная Каролина, создание назем. хранилищ НАО от электроустановок и генераторов. Рассматриваются также возможности изменения состава отходов, что облегчило бы процесс их переработки и хранения. Приведены описания неск. хранилищ, действующих или планируемых к вводу в действие.

#### 4.5.3. Исследование динамики и геохимии подземных вод

1988 - 1989

975. *Bedinger M.S., Sargent K.A., Johnson W.D.* Introduction = Гидрогеологические аспекты подземного захоронения высокоактивных отходов, США // *US Geol. Surv. Prof. Pap.* - 1989. - N 370. - P. 2-6.

Представлена обзор. часть техн. отчета о комплекс. исслед. по оценке гидрогеол. характеристик площадок предполагаемого захоронения ВАО. Проектно-изыскат. работы проведены на территории 8 штатов США (Аризона, Калифорния, Айдахо, Невада, Нью-Мексико, Орегон, Техас и Юта).

976. Berg R.C., Wehrmann H.A., Shafer J.M. Geological and hydrological factors for siting hazardous of low-level radioactive waste disposal facilities = Гидрогеологические аспекты выбора площадок для захоронений токсичных и низкоактивных отходов // Circ / III. State Geo. Surv. - 1989. - N 546. - P. I-II, 1-37.

Геол. и гидрол. службами шт. Иллинойс (США) разработан циркуляр, регламентирующий методологию подхода к выбору и обоснованию площадок для размещения могильников токсич. РАО и НАО на территории штата. В частности, предусмотрена идентификация критериев выбора площадок, установление связи гидрогеол. характеристик площадки с критериями безопасности захоронения и рекомендации по разработке и реализации прогр. НИОКР, связ. с обоснованием выбора площадки. Разработке циркуляра предшествовал обшир. литератур. ретропоиск с компиляц. отбором соотв. информ.

977. Faber S., Hotzl H., Merkle G.-P. Detection of leakage by geoelectric selfpotential method. Vol. 2. Actes = Определение миграции радионуклидов методом электрического потенциала // Doc. BRGM. - 1988. - N 161. - P. 129.

Неконтролируемые утечки воды сквозь системы подзем. барьеров - одна из основ. пробл. безопас. захоронения РАО. Контроль за состоянием естеств. и искусств. барьеров, локализация течи требует дорогостоящих и трудоемких исслед. Представлен недорогой и быстрый метод определения зон утечки и потоков подповерхност. вод, основ. на измерении электр. поля. Приведены результаты использ. метода электр. потенциала для определения характеристик анизотропии потока в слабоарестованном граните. Метод электр. потенциала в сочетании с др. методами позволяет определить предпочт. сток воды вдоль разломов. Приведено неск. прим. применения метода электр. потенциала для определения утечек сквозь заград. барьеры захоронения РАО.

978. Oblath Steven B. Leaching from solidified waste forms under saturated and unsaturated conditions = Выщелачивание из отвержденных форм отходов в условиях насыщенных и ненасыщенных почв // Environ. Sci. Technol. - 1989. - Vol. 23, N 9. - P. 1098-1102.

979. Vovk I.F. IAEA Activities related to hydrogeology aspects of radioactive waste disposal: [Pap.] Colloq. int Hydrogeol. et urete depots dechets. et ind. toxiques, Orleans, 7-10 juin, 1988. Vol. 2. Actes = МАГАТЭ и гидрогеология захоронений радиоактивных отходов // Doc. BRGM. - 1988. - N 161. - P. 61-71.

Нек-рые обл. деятельности МАГАТЭ связаны с гидрогеол. изучением миграции радионуклидов в ОС. МАГАТЭ сотрудничает с рядом орг-ций по пробл. гидрогеол. и геохим. аспектов массопереноса радионуклидов. Обсуждены пробл. захоронения РАО с низ., сред. и высоким уровнями активности, гидрогеол. исслед. места захоронения и близлежащих обл., стабильные и радиоактив. изотопы, методики гидрогеол. измерений в подзем. лаб., моделирование подзем. потоков, использ. естеств. аналогий для па-

раметризации моделей, совершенствование концепций и методов предотвращения и нейтрализации загрязнения подзем. вод. Представлены планы и прогр. МАГАТЭ в этой обл.

1990

980. *Analysis of brine leachates from materials interface interactions tests* = Анализ продуктов выщелачивания поверхностей материалов в рассоле по данным экспериментов. Ч. 2. Выщелачивание лития и циркония из стекла ядерных отходов / M. Brandys, M. Gong, R.E. Sassoon et al. // Nucl. Waste Manag. III. Westerville (Ohio), 1990. - P. 287-295.

Сравнивался состав природ. рассолов (сильно минерализ. подзем. вод) из 2 скв. В одну из них ранее было помещено стекло марки SRL-Y, др. использовалась как контрольная (гидрохим. фон). Содерж. и изотоп. распределение Li и Zr определялись индукц. плазм. масс-спектрометрией. Определение изотоп. отношения  ${}^7\text{Li}/{}^6\text{Li}$  позволило сделать предвар. выводы о процессе выщелачивания Li из стекла ядер. отходов. Высокоточ. определение Zr дало возможность рассчитать верх. предел скорости его выщелачивания, составивший менее  $1,6 \cdot 10^{-4} \text{ г/м}^2$  в 1 сут. Масс-спектрометрией вторич. ионов изучали изменения в составе выщелоч. поверхностей. Делается ряд выводов об особенностях процессов растворения и осаждения. Скорость выщелачивания Li по данным масс-спектрометрии вторич. ионов составила 0,36 мкм/год.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; геохимия

981. *Averill M.C. Unsaturated transport of contaminants through undisturbed soil columns* = Перенос загрязнителей через ненарушенную, водоненасыщенную колонку грунта // Compass Sigma Gamma Epsilon. - 1990. - Vol. 67, N 2. - P. 77-83.

Исслед. проводили с помощью нейтрального ( $\text{Br}^-$ ) и актив. ( $\text{Sr}^{2+}$ ) индикаторов при различ. водонасыщенности грунта. Обсуждается характер переноса индикаторов через водоненасыщ. среду. Эксперим. кривые скорости переноса моделировали уравнениями, учитывающими конвекцию и дисперсию. Разработ. модель адекватно отражает перенос  $\text{Br}^-$  в ненасыщ. среде, но непригодна для анализа переноса нейтрального индикатора в водонасыщ. среде. Поведение  $\text{Sr}^{2+}$  удовлетворительно имитируется при дополн. учете адсорбции.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; методы исследования

982. *Bedinger M.S., Sargent K.A., Langer W.H. Studies of geology and hydrology in the Basin and Bange Province, Southwestern United States, for isolation of high-level radioactive waste-characterization of the Bonneville region, Utah and Nevada* = Изучение геологии и гидрогеологии провинции бассейнов и хребтов (юго-запад США) с целью изоляции высокоактивных отходов. Характеристики зоны Бонвилл, штаты Невада и Юта // US Geol. Surv. Prof. Pap. - 1990. - N 13706. - P. 1-4.

Даны физиогр. и климат. характеристики зоны (включая режим выпадения осадков и дренирования). Зона сложена палеозойскими породами с интенсив. разрыв. тектоникой; локально отмечаются мелкие интрузии и штоки мезозойских и третич. магмат. пород. В юж. и ю.-в. р-нах широко развиты вулкан. породы. Палеозойский разрез включает мощные толщи карбонатов и ряд водонос. горизонтов. Перечислены типы пород, к-рые могут использоваться как среда для захоронения. Четвертич. тектоника проявлена сейсмичностью, локальными аномалиями геотерм. потока, неотектон. разрывными нарушениями, актив. вертикал. движениями коры. Зона Бонвилл - это часть крупной подзем. водонос. системы, подстилаемой карбонат. отложениями палеозоя. Описаны характер локальных водонос. бассейнов и карбонат. коллекторов, режим и основ. хим. характеристики подзем. вод. Главные компоненты минерализации подзем. вод бикарбонаты Ca, Mg, Na. В зоне ведется пром. добыча флюорита; известны третич. проявления руд цвет. и драгоц. металлов.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; гидрогеология; США; Бонвилл

*983. Bedinger M.S., Sargent K.A., Langer W.H. Studies of geology and hydrology in the Basin and Range Province, Southwestern United States, for isolation of high-level radioactive waste-evaluation of the regions = Изучение геологии и гидрогеологии бассейнов и хребтов (юго-запад США) в рамках оценки регионов с точки зрения изоляции высокоактивных отходов // US Geol. Surv. Prof. Pap. - 1990. - N 13706. - P. 4-10.*

Изучены 6 зон с размерами от 21600 до 80000 км<sup>2</sup>, основ. благоприят. гидрогеол. характеристиками к-рых являются малое кол-во атмосфер. осадков, высокий уровень эвапотранспирации, малый поверхност. сток и низкая скорость пополнения подзем. вод; в сочетании с др. факторами это обусловило наличие мощных водоненасыщ. зон разреза и низкую скорость циркуляции подзем. вод. Приведены др. характеристики изуч. зон территории. Описаны типы предполагаемых вмещающих пород для размещения отходов по каждой из зон с оценками относит. скоростей миграции радионуклидов. По гидродинам. условиям лучшей альтернативой опис. зонам является зона пустыни Большого Соленого озера, однако литология ее разреза изучена слабо, и потенц. вмещающие породы оценить сложно. В табл. приведены сводки основ. характеристик зон.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; США; Провинция бассейнов и хребтов

*984. Blomqvist R.G. Deep groundwaters in the crystalline basement of Finland, with implications for nuclear waste disposal studies = Глубинные подземные воды кристаллического фундамента территории Финляндии в связи с проблематикой захоронения ядерных отходов // Geol. foren. Stockholm forhandl. - 1990. - Vol. 112, N 4. - P. 369-374.*

В послед. годы на всей фин. части докембр. Фенноскандинавского щита выполнена гидрогеохим. рекогносцировоч. съемка. Результаты опробования в 50 точках (в основ. это скв. поисково-разведоч. бурения на рудные полез. ископаемые) свидетельствуют о разнородности хим. состава подзем.

вод кристал. фундамента. В частности, содерж.  $\text{Cl}^-$  варьирует от неск. мг до 100 г/л. Проявляется вертикаль. гидрогеохим. зональность, выраж., напр., в росте минерализации вод с глубиной. Хим. состав и изотоп. характеристики минерализ. и сильно минерализ. вод свидетельствуют о больших временах их нахождения во вмещающих коллекторах и изолир. характере коллекторов. Послед. представляют собой уч-ки, в гидродинам. отношении наиболее благоприят. для захоронения. Рекомендованы более детальные их исслед.

охрана среды; захоронения отходов; радиоактивных; подземные воды загрязнение; Финляндия

985. *Bradbury M.H., Baeyens B., Alexander W.R.* Experimental proposals for procedures to investigate the water chemistry, sorption and transport properties of marl = Научно-технические проблемы оценки поведения высокоактивных отходов в мергелистых формациях // PSI Ber. - 1990. - N 82. - P. 1-70.

Обзор. Представлен отчет о НИР в рамках прогр. Ин-та Paul Scherrer (Швейцария) по пробл. глубин. захоронения ВАО в различ. геол. средах. Отчет содержит обшир. информ. о гидрогеол. и физ.-хим. характеристиках мергелистых формаций.

986. *Grandstaff D.E., Ulmer G.C., Kacandes G.H.* Prediction of near-field fluid composition in high-level nuclear waste repositories: Data from geothermal and experimental analogs = Прогноз состава ближней зоны хранилищ высокоактивных отходов. Данные по геотермальным и экспериментальным аналогам // Nucl. Waste Manag. III. Westerville (Ohio), 1990. - P. 347-362.

Изучение состава флюидов геотерм. месторождений и флюидов, образующихся при имитации природ. геотерм. процессов, может быть использовано для прогноза состава подзем. вод, мигрирующих через хранилище ВАО. Диапазоны тем-р в сопоставляемых аналогах в основ. совпадают. Нек-рые неполные соответствия аналогов (короткое время взаимодействий в геотерм. экспериментах, различия в составе геотерм. месторождений и хранилищ) не обесценивают результаты сопоставлений. Сложно проводить аналогии между режимом хранилища и геотерм. месторождения при высокотемператур. режиме геотерм.  $> 250^\circ\text{C}$ .

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные

987. *Pajnowska H.* Hydrogeological barrier against radioactive contamination of underground water in nuclear waste deposition area = Гидрогеологический барьер против радиоактивных загрязнений подземной воды в районе расположения ядерных отходов // Z. Dtsch. geol. Ges. - 1990. - Vol. 141, N 2. - P. 325-329.

Приводятся результаты геоморфол., геол. и гидрогеол. исслед. р-на хранения ядер. отходов в Сев. Польше близ Балтики. Отвал с отходами расположен на вершине холма на высоте 40 м над урезом близ протекающей реки. Рядом находится деревня. Местность сложена отложениями мощностью до 100 м четвертич. морены: гравием, песком и глиной. Кол-во

атмосфер. осадков составляет 525-600 мм в год. Отходы расположены на суглинках с коэф. фильтрации 0,35-1,62 м/сут. На глубинах 15,3-21,4 м находится горизонт подзем. вод. Проведены исслед. физ.-мех. и гидрогеол. св-в пород морены: пористости, фильтрации и пр. Приводятся геол., топограф. карты и геол. разрез местности. По закону Дарси произведены расчеты движения инфильтрац. вод. Через 30 лет эти загрязн. РАО воды достигнут горизонта подзем. вод, а через 125 лет - р-на деревни.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; подземные воды гидрогеохимия; радиоактивность; Польша

988. *Pigford T.H., Chambre P.L., Lee W.W.-L.* Mass transfer and transport in salt repositories = Перенос и транспорт вещества из хранилищ ядерных отходов в солях // С. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 879-885.

Проанализированы масштабы распространения радионуклидов из камер складирования в отложениях соли в результате миграции рассолов, формирующихся из-за разогрева стенок камер излучением, и вследствие их диффузии в межгрануляр. пространстве и пористых включениях соленос. массива. Отмечается, что потоки рассолов явление врем., размер обл. их существования ограничен первыми метрами, вследствие чего основ. роль в высвобождении радионуклидов отводится диффузии. Однако диффузия в солях не может привести к превышению допустимых норм конц-ий радионуклидов во вмещающих средах, и существ. вклад в такое превышение может принадлежать лишь распространению изотопов по пористым включениям.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; соленосные отложения

989. *Scanlon B.R., Kubik P.W., Sharma P.* Bomb Cl-36 Analysis in the Characterization of Unsaturated Flow at a Proposed Radioactive Waste Disposal-Facility, Chihuahuan Desert, Texas = Анализ содержания Cl-36 при описании ненасыщенного потока в планируемом устройстве для размещения радиоактивных отходов (пустыня Chihuahuan, шт. Техас) // Nucl. Instruments & Methods in Physics Research Section B-Beam Interactions with Materials and Atoms. - 1990. - Vol. 52, N 3-4. - P. 489-492.

990. *Talbot C.J.* Problems posed to a bedrock radwaste repository by gently dipping fracture zones = Проблемы, вызываемые наличием пологопадающих трещинных зон в коренных породах, хранящих радиоактивные отходы // Geol. foren. Stockholm forhandl. - 1990. - Vol. 112, N 4. P. 355-359.

Зоны трещиноватости в кристал. породах - важнейший гидродинам. фактор при проектировании хранилищ отходов. Он анализируется на прим. систем крутопадающих и вертикал. трещин. На ряде прим. (в т. ч. по опыту сооружения швед. хранилища SFR близ Форсмарк) показано, что пологопадающие зоны могут играть еще более важную роль в гидродинамике, т. к. они контролируют латер. водопритоки и разбивают пород. массив на слои с различ. гидромех. характеристиками. Для прогнозирования подоб. зон в регион. масштабе на территории Швеции недостаточно информ.

Неясно, на какую глубину прослеживаются мех. следствия снятия нагрузок при таянии ледников, в результате чего могли формироваться горизонт. (пологопадающие) трещины. Полез. информ. о времени и механизме формирования трещин может дать состав рыхлого материала, заполняющего трещины.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Швеция; Форсмарк

991. *Wittke W., Bosch G.* Modell zur raumlichen Schadstoffausbreitung im Untergrund = Модель пространственного распределения вредных веществ [из хранилищ отходов] в подстилающие породы // Veroff. Inst. Grundbau. Bodenmech., Felsmech. und Verkehrswasserbau RWTH, Aachen. - 1990. - N 18. - S. 224-243.

Запасы подзем. вод являются одним из важнейших ист. питьевого снабжения. Пригод. для этих целей могут быть и подзем. воды р-нов расположения старых отвалов, хранилищ пром. и РАО. Для возмож. использ. подзем. вод для техн. и питьевого снабжения разработана модель пространств. распределения вредных в-в при их утечках из хранилищ отходов по схем.: хранилище - песок с коэф. фильтрации  $10^{-3}$  м/с - водонос. горизонт со скоростью движения потока 1,44 м/сут. - первый водоупор. горизонт глины с коэф. фильтрации  $10^{-8}$  м/с. Движение вред. в-в рассматривается по 3 пространств. направлениям. Учитываются: адсорбция, фильтрация, плотность, пористость, гомог. изотроп. среда или анизотроп., фактор времени протекания вод. р-ров и пр. Проведены эксперименты в лаборатор. условиях при длине полигона 20 м в среде из песка с коэф. фильтрации  $10^{-3}$  м/с по миграции 20 хим. элементов при их конц-и в воде 1 г/л. В природ. условиях изучался полигон размером  $1 \times 1$  км и  $2 \times 2$  км с превышением 8,0 м в потоке ГВ с расходом  $60 \text{ м}^3/\text{сут}$  при конц-и вред. в-в 2 г/л. Составлены карты изолиний вред. в-в (мг/л): 5-10-20-50 и 100. Время опытов (сут): 200-400-600 и 1000.

подземные воды динамика; массоперенос; подземные воды загрязнение; промышленное; радиоактивное; гидрогеология охрана среды; экология

1991

992. *Анисимова Л.И., Рогачевская Л.М.* Оценка миграции радионуклидов, поступающих из долговременного хранилища радиоактивных отходов в подземные воды // Гидрогеол. аспекты в экологии. - М., 1991. - Р. 106-111.

Предлагается метод расчета для предвар. оценки миграции радионуклидов из хранилища РАО в водонос. горизонт. приемлемый на стадии выбора площадок для захоронения отходов АЭС.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; подземные воды загрязнение

993. *Кудельский А.В., Ясовеев М.Г.* Геолого-гидрогеологические предпосылки подземного захоронения радиоактивных отходов в Белоруссии. Районирование и простейшие модели // Атом. энергия. - 1991. - Т. 70, N 5. - С. 310-314.



подземные воды ресурсы; охрана; захоронение; Белоруссия

994. *Ahlbom K., Smellie J.A.T.* Overview of the fracture zone project at Finnsjon, Sweden = Обзор результатов исследований по проекту "Трещинная зона Финншен, Швеция" // *J. Hydrol.* - 1991. - Vol. 126, N 1-2. - P. 1-15.

С 1977 по 1982 г. проводили детальные исслед. пologoпадающей трещин. зоны в гранодиоритах докембр. возраста в Финншен, Швеция, с целью оценки возможностей ее использ. для складирования отработ. ЯТ. Исслед. выполняли с помощью бурения скв., геофиз. изучения их стволов, проведения гидродинам. испытаний (включая опыты по интерференции и распространению индикаторов), отбора и анализа проб трещин. вод. Зона представляет периодически обновляемую с докембр. времени сдвиговую структуру, прослеживаемую до глубин порядка 10-15 км. Верх. части зоны характеризуются высокими водо- (0,03-0,2 м/с) и пьезопроводностью ( $> 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$ ). В этой части зоны воды - пресные, и их расход составляет от 67 до 90 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> в год. Ниже (на глубинах от 70 до 250 м в разных скв.) воды через промежуточ. обл. солоноватых становятся солеными с минерализацией до 5500 мг/л и характеризуются условиями, близкими к застойным. Результаты испытаний скв. и хим. анализа вод свидетельствуют, что в пределах зоны существует гидравл. барьер, препятствующий проникновению подпоч. вод на глубину. Работы показали, что выбор мест захоронения представляет более слож. задачу, чем это представлялось. Необходимо создание количеств. моделей для более обосн. оценки всех возмож. последствий складирования отходов.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Швеция; Финншен

995. *Arthur R.C., Apted M.I.* An analysis of buffering in bentonite-groundwater systems = Анализ стабилизирующего воздействия бентонита на состав грунтовых вод // *High Level Radioact. Waste Manag.* - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 1390-1395.

Работа выполнена в рамках исслед. возможностей контроля за процессом миграции радионуклидов из глубоких подзем. хранилищ РАО Японии. Изучено стабилизирующее влияние бентонита на состав ГВ вблизи размещения контейнера из углеродистой стали с РАО. На основе теории регуляр. р-ров рассчитано перераспределение ионов в системе смектит-грунтовая вода и показано, что бентонит должен оказывать стабилизирующее влияние на состав ГВ в окрестности контейнера. Этим достигается разделение геохим. поля на ближнее и дальнее и уменьшается корроз. воздействие вод на материал контейнера. Отмечается, что эксперим. данные, подтверждающие возможность подхода к системе смектит-грунтовая вода как к регуляр. р-ру, отсутствуют.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; хранилища

996. *Baeyens B., Bradbury M.H.* A physico-chemical characterisation technique for determining the pore-water chemistry in argillaceous rocks = Методы физико-химического исследования химического состава поровых вод глинизированных пород // *PSI Ber.* - 1991. - N 103. - P. I-VI, 1-61.

Исслед. выполнены в рамках прогн. работ по оценке возможностей испльз. валанжинских мергелей для захоронения НАО. Мергели представляют собой неоднород. породу с чередующимися прослоями (порядка единиц мм) из карбонат. кластич. и глинистого материала. Образцы дробили и просеивали до 63 мкм в изолир. сосудах в атм. из двуоксида углерода с примесью кислорода. Конц-и Na, K, Mg, Ca, Sr, Si, Ni определяли методом плазменно-ионизац. спектроскопии. Сродство с катион. обменом мергелей оценивали с помощью никелевого этилендиамина - комплекса очень высокой избирательности. Изотерма никелевого этилендиамина на мергеле построена методом изотоп. разбавления с испльз. радиоактив. изотопа  $^{63}\text{Ni}$ . Анионы  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  анализировали на ион. хроматографе Dionex 2010i. Неорг. и орг. углерод определяли на анализаторе Dohrman 180D. Для большинства измеряемых величин (кроме  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$  и углерода) погрешность оценки лежит в пределах 10%. Погрешность определения углерода (орган. и неорган.) может достигать 25%.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; низкоактивные; мергели; валанжин

997. *Carlos B.A., Bish D.L., Chipera S.J.* Fracture-lining minerals in the lower Topopah String tuff at Yucca Mountain = Минералы заполнения трещин туфов пачки нижняя Топопах-Спринг, Юкка-Маунтин // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (III.); N.Y., 1991. - P. 486-493.

Минералы заполнения трещин исследовали в рамках оценки потенц. траекторий подзем. потоков внутри и снаружи горизонта, в к-ром проектируется разместить отходы. Предварительно выделен ряд типов матрицы и трещин. В трещинах в сильно спекшихся туфах выше базальных витрофиров выделены след. виды минер. заполнения: заполнение каверн; морденит и оксиды марганца в близ. по форме к плоским трещинах; последняя стадия минерализации, представл. цеолитами, смектитом и кальцитом. Минер. пленки в трещинах в витрофирах имеют тонкозернистую структуру и сложены смектитом и неск. разновидностями цеолитов. Неспекшиеся и частично спекшиеся стекловатые и/или цеолитовые туфы ниже базальных витрофиров содержат трещины, выполн. в большинстве случаев кристобалитом и клиноптилолитом.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; США; Юкка-Маунтин

998. *Chen Fu-Long, Li Shin-Hai, Yu Ge-Ping.* Preliminary assessments for disposal of high-level waste within small islets = Предварительная оценка возможности захоронения высокоактивных отходов на небольших островах // Nucl. Technol. - 1991. - Vol. 95, N 1. - P. 54-63.

Для малых о-вов, где прес. подзем. воды подстилаются солеными, размещение хранилища должно проектироваться ниже контакта указ. типов вод. Благоприят. фактором является стабильный тектон. режим мелких о-вов регионов, в т. ч. о-в Тайвань. Конструкция и расположение хранилища должны быть ориентированы на ограничение массопереноса через раздел прес. и соленых вод и макс. ограничение адвектив. движения соленых вод в латер. направлении. Рассмотрена соотв. гидродинам. модель. После размещения отходов генерируемое ими тепло может сформировать конвектив.

поток соленых вод через их верх. границу, создающий угрозу загрязнения прес. вод радионуклидами. Оценены масштабы такого эффекта, хотя ранее было установлено, что роль температур. эффекта невелика. Даны сравн. оценки масштаба переноса радионуклидов в остров. хранилище и хранилище на суше, располож. в частично водонасыщ. трещиноватой среде. Делается вывод, что эти масштабы одного порядка. Несмотря на полож. итоги предвар. анализа, требуется большое кол-во дополн. информ.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Тайвань

999. *Conca J.L.* Transport parameters in bentonite and candidate repository host rocks: [Pap.] Winter Meet., San Francisco, Calif., Nov. 10-14, 1991 = Параметры переноса в бентоните и предполагаемых вмещающих породах хранилища // Trans. Amer. Nucl. Soc. - 1991. - Vol. 64. - P. 205-206.

Приведены получ. экспериментально и оцен. значения коэф. диффузии, водопроводимости и коэф. удержания (по америцию) для бентонита и др. пород, в к-рых предполагаются сооружения хранилищ РАО в Японии. Обсуждаются различия параметров переноса для различ. радиоизотопов, в т. ч. для случаев водонасыщ. бентонита различ. плотности.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Япония

1000. *Cornell R.M.* Simultaneous incorporation of Mn, Ni and Co in the goethite ( $\alpha$ -FeOOH) structure = Одновременное вхождение Mn, Ni и Co в структуру гетита ( $\alpha$ -FeOOH) // Clay Miner. - 1991. - Vol. 26, N 3. - P. 427-430.

Вхождение посторон. ионов в структуру оксидов железа изменяет его св-ва, в частности поведение при растворении. В сильно щелоч. среде (рН 12-13) хранилищ РАО радионуклиды, выщелачиваемые 100 ГВ, могут быть удержаны в оксидах железа, сформир. в результате коррозии стальных резервуаров, содержащих отходы. Изучено одноврем. вхождение Mn, Ni и Co в структуру гетита, образ. из ферригидрита. Рассмотрены вопр. возможности одноврем. вхождения в структуру гетита всех 3 ионов, существование верх. предела замещения, возможности преимущ. порядка замещения и, если таковой имеется, и влияющих на него факторов.

минералы оксиды; гетит; охрана среды захоронение отходов; радиоактивных

1001. *Evidence of radionuclide migration in fracture systems in the Lac du Bonnet granite, Manitoba, Canada* = Свидетельство миграции радионуклидов по системам трещин в гранитах Лак-дю-Бонне, Манитоба, Канада / L.Y. Griffault, M. Gascoyne, C.D. Kamineni et al. // Jt Annu. Meet. Soc. Econ. Geol., Toronto, May 27-29, 1991: Program with Abstr. Vol. 16 / Geol. Assoc. Canada (GAC) and Miner. Assoc. Canada (MAC). - [Toronto], [1991]. - P. 48.

геохимия процессы; гидротермальная миграция элементов; радиоактивные элементы геохимия; граниты, системы трещин; захоронение радиоактивных отходов; Канада геохимия

1002. *Gellermann R., Hebert D., Radke S.* Isotope Hydrogeological Study of the Underground Repository for Radioactive Wastes at Morsleben = Изотопное гидрогеологическое исследование подземных хранилищ радиоактивных отходов // Isotopenpraxis. - 1991. - Vol. 27, N 4. - P. 178-184.

1003. *Healy R.W., Mills P.C.* Variability of an Unsaturated Sand Unit Underlying a Radioactive-Waste Trench = Изменение песчаного подслоя в траншеях [хранения] радиоактивных отходов // Soil Sci. Society of America J. - 1991. - Vol. 55, N 4. - P. 899-907.

1004. *Hinkebein T.E., Gardiner H.A.* Estimating geochemical behaviour of concretes to be placed at Yucca Mountain = Оценка геохимических изменений в бетонах, предполагаемых к использованию при сооружении хранилища японских отходов в Юкка-Маунтин // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 1404-1409.

Предсказание изменений св-в цементирующих материалов, используемых для бетонирования захоронения РАО, при взаимодействии их с природ. водами в туфовом массиве Юкка-Маунтин - один из важных элементов оценки допустимой долговременности хранения. Рассчитаны модели взаимодействия различ. типов цементирующих материалов с водой для равновес. распределений ионов между р-ром и бетоном при 25°C. Растворимости силикат. и известкового бетонов в воде, уравнивш. по составу с туфами, сопоставимы. pH р-ров при малых добавках бетона интенсивно стабилизируется водой до значения, близкого нейтральному, а при большом избытке бетона в системе pH колеблется около 12. Если в составе бетона есть этtringит или избыток портландита, то при разложении этих компонентов структуры бетонов раскрываются. Избыток кремнезема в смеси способствует их закрытию. Изменения проницаемости цементирующих материалов в изуч. диапазоне условий незначительны.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Юкка-Маунтин

1005. *Iterative approach to groundwater flow modeling of the Martinsville alternative site, under consideration for low-level radioactive waste storage in Clark County, Illinois, U.S.A.* = Итеративный подход к моделированию подземного водного потока на участке Мартинсвилл, округ Кларк, Иллинойс, США; его использование для захоронения радиоактивных отходов низкой активности / T.C. Beard, C.J. Perry, T.C. Fox et al. // Environ. Geol. and Water Sci. - 1991. - Vol. 18, N 3. - P. 195-207.

Итеративный подход оказался успеш. Целесообразно его использовать при всех исслед. такого рода.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; низкоактивные; США; Иллинойс

1006. *Ivanovich M.* Aspects of Uranium Thorium Series Disequilibrium Applications to Radionuclide Migration Studies = Исследование миграции радионуклидов в хранилище радиоактивных отходов // Radiochim. Acta. - 1991. - Vol. 52-3, N P1. - P. 257-268.

1007. *Koide H., Matsuhisa Y., Sakamaki Y.* Захоронение высокоактивных отходов в геологической среде - исследования Геологической службы

Японии в 1985-1989 гг. = Bulletin of the Geological Survey of Japan // Тисицу тесасе гэппо. - 1991. - Vol. 42, N 5. - P. 233-234.

Крат. итоги исслед., выполн. гос. орг. Геолог. службы Японии по направлениям: физ.-хим. эффекты взаимодействия пластовых вод с вмещающими породами, в т. ч. в геол. масштабе времени; природ. аналоги подзем. хранилищ РАО; гидрогеология и гидрогеохимия конкрет. р-нов и роль этих факторов в надежности изоляции ВАО.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; Япония

1008. *Krishnaswami S., Bhushan R., Baskaran M.* Radium isotopes and  $^{222}\text{Rn}$  in shallow brines, Kharaghoda (India) = Изотопы радия и радон-222 в неглубоко залегающих минерализованных водах района Кхарагхода, Индия // Chem. Geol. Isot. Geosci. Sec. - 1991. - Vol. 87, N 2. - P. 125-136.

Накопление данных о переносе радионуклидов в подзем. водах необходимо для пробл. подзем. захоронения РАО. В вод. пробах (сильно минерализ. подзем. вод р-на Кхарагхода) определены конц-и изотопов радия ( $^{224}\text{Ra}$ ,  $^{223}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ) и радона-222. Установл. конц-и на неск. порядков величин выше, чем в прес. питьевых водах того же р-на. Отношение  $^{224}\text{Ra}/^{222}\text{Rn}$  невысокое (значение типично для менее минерализ. вод). Коэф. задержки Ra в изуч. водах, рассчит. из системы  $^{222}\text{Rn}-^{224}\text{Ra}-^{228}\text{Ra}$  на основе модели обратимого обмена, составляют от 0,3 до 114, или на 3-4 порядка величин меньше, чем для питьевых вод. Время удержания Ra в минерализ. водах р-на Кхарагхода составляет ~ 1 сут. Данные свидетельствуют, что минерализация подзем. вод может иметь решающее значение для подвижности Ra и его геохим. гомологов.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; минеральные воды гидрогеохимия; радиоактивность; Индия; Кхарагхода

1009. *Kudelskii A.V., Yasoveev M.G.* Geological and Hydrogeological Preconditions for Underground Burial of Radioactive Wastes in Belorussia Zoning and Elementary Models = Геологические и гидрологические условия для подземного захоронения радиоактивных отходов в Белорусской зоне. Элементарные модели // Soviet Atomic Energy. - 1991. - Vol. 70, N 5. - P. 380-384.

1010. *Latorre V.R., Glenn H.D.* Microwave measurements of the water content of bentonite = Микроволновые измерения водосодержания в бентоните // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 578-580.

Изложена теория работы микроволновых коакс. резонаторов. Описаны процедуры подготовки образцов и резонатор. измерений при определении диэлектр. проницаемости бентонита. Результаты свидетельствуют о строго линейном изменении резонанс. частоты при последоват. изменении водонасыщенности (10, 30, 50, 70 и 90%). На этой основе сделан вывод о пригодности метода для измерений водонасыщенности. Обсуждены особенности определения этого параметра в различ. материалах.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; теория

1011. *Levy S.S. Mineralogic alteration history and paleohydrology at Yucca Mountain, Nevada* = История минералогических изменений и палеогидрогеология района Юкка-Маунтин, Невада // *Ibid.* - P. 477-485.

Важность палеогидрогеол. исслед. р-на Юкка-Маунтин определяется ролью, к-рую играет вода в прогнозах надежности хранилища. Изменения гидрогеол. режима хранилища на всем протяжении его существования могут прогнозироваться на основе вариаций этого режима в прошлом, в 1-ю очередь вариаций статич. вод. зеркала. На основе распределения в разрезе стекловатых и цеолитизир. туфов установлено, что макс. колебания зеркала вод наблюдались в интервале 11,6-12,8 млн лет назад. В течение последующего времени зеркало вод не поднималось более чем на 60 м относительно соврем. уровня. История вариаций потенциометр. градиента в сев. части Юкка-Маунтин может быть частично восстановлена по распределению тридимита в породах, насыщавшихся водой в различ. врем. периоды.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Юкка-Маунтин

1012. *Location and assesment of groundwater discharge* = Определение положения и оценка интенсивности выходов подземных вод / *D.R. Lee, G.M. Milton, R.J. Cornett, S.J. Welch* // *High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991.* - P. 1279-1283.

Картирование и оценка водообильности выходов подзем. вод должны существенно помочь при выборе мест заложения хранилищ РАО. Большая часть подоб. выходов концентрируется в обл. крупных понижений рельефа, занятых обычно долинами рек и озер. Разработан и опробован на площадях Канад. щита метод выявления подзем. излияний вод и оценки их водообильности. На рекогносцировоч. этапе измеряются тем-ра и уд. сопротивление донных осадков с помощью зонда, протягиваемого по дну движущейся лодкой. Скорость движения - 1 м/с. На выявляемых площадях распространения таких выходов изучаются вертик. профили распределения раствор. компонентов. Они позволяют построить модели для оценки восходящей адвекции, остающиеся работоспособными и при потоках достаточно малой интенсивности. Метод дал полож. результаты и проводится дальнейшая проверка условий его применимости.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; гидрогеология

1013. *Modelling of hydro-thermo-mechanical effects in a fracture intersecting a nuclear waste deposition hole* = Моделирование гидротермомеханических эффектов в трещине, пересекающей скважину с ядерными отходами / *J. Rutqvist, O. Stephansson, J. Noorishad, C.-F. Tsang* // *Ibid.* - P. 547-554.

Изучался поток подзем. вод в вертик. трещине, пересекающей гипотет. скв. с ядер. отходами. После проходки скв. и заложения канистр с отходами апертура радиальной трещины вблизи скв. уменьшается. После разбухания бентонитовой закладки и охлаждения пород до начальной тем-ры

происходит обрат. эффект - увеличение апертуры скв. При этом скорость потока флюида в прискважин. зоне трещины возрастает более чем на порядок величин. В дальней зоне хранилища влияние разбухания бентонитовой закладки на апертуру трещины сказывается в малой степени.

охрана среды; захоронения отходов; радиоактивных; высокоактивные; Швеция

1014. *Monroe W.H.* Probable origin of the Livingston Fault Zone = Возможное происхождение зоны разломов Ливингстон // *Environ. Geol. and Water Sci.* - 1991. - Vol. 18, N 2. - P. 83-84.

Большинство разломов прибреж. низменности (округ Самтер, Алабама, США) относится к категории крутопадающих сбросов. Разломы зоны Ливингстон резко от них отличаются. Они падают под умерен. углами (~ 45°) и относятся к категории взбросов. Сама зона представляет собой чередование относительно узких (~ 120 м) горстов и грабен. Параллельно зоне разломов в водонос. комплексах Юго и Таскалуса выделена линейная линза аномально соленых вод. Высказано предположение, что формирование зоны разломов и аномального состава вод комплексов связано с растворением соляного ядра антиклинальной складки нижнемелового возраста прес. ГВ, разгрузившимися в назв. резервуары. Если это предположение верно, то ожидать подвижек в зоне разломов Ливингстон не приходится, что имеет большое значение для перспектив размещения в зоне хранилищ вред. отходов.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Ливингстон

1015. *Morrison S.J., Cahn L.S.* Mineralogical residence of alpha-emitting contamination and implications for mobilization from uranium mill tailings = Минералогический состав альфа-излучающих компонентов и его использование при мобилизации из хвостов урановых фабрик // *J. Contaminant Hydrol.* - 1991. - Vol. 8, N 1. - P. 1-21.

Скорость и масштабы выщелачивания в-ва из хвостов в подзем. воды зависят от формы и минер. состава гранул. По 3 местонахождениям фабрик на западе США выделяется 4 типа дающих  $\alpha$ -излучение гранул: содержащие Ва-Sr-сульфаты; аутиген. кремнистые; урановые минералы и железо-титан-ванадиевые оксиды остающихся после определ. процессов извлечения U. При кислот. и щелоч. процессе обработки руд получают гранулы определ. типа. В кислот. продуктах Слик-Рока, Колорадо основ. ист.  $\alpha$ -излучения являются Ва-Sr-сульфаты. В щелоч. остатках таким ист. являются кремнистые, халцедоновые по составу гранулы. Ряд урановых минералов и Fe-Ti-V-оксиды остаются при такой переработке неизменен. Данные могут быть использованы для оценки крит. нагрузок хранилищ на подзем. воды, влияния радиоактив. пыли, долговременности устойчивости хвостохранилищ.

радиоактивность геологических образований интерпретация; альфа-излучающие компоненты; отходы урановых фабрик; минералогический состав, выщелачивание

1016. Mower T.E., Higgins J.D., Yang I.C. Pore-water extraction from unsaturated tuffs using one-dimensional compression = Извлечение поровых вод из ненасыщенных туфов с помощью однонаправленного сжатия образцов // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 999-1006.

Для изучения гидрохимии туфов Юкка-Маунтин, намечаемых под складирование ядер. отходов, разработана и испытана система высокого давления с 1-направл. сжатием. Основ. элементом системы является цилиндрич. камера из высокопроч. стали, в к-рой находится зажимная муфта из никельсодержащего сплава с образцом исследуемой породы. Камера закрывается крышкой с направляющим отверстием, в к-ром перемещается обжимающий поршень, и крепится на опор. плате. Поршень и плата снабжены желобками, по к-рым отводится в пробоотборники отжимаемая влага. Опыты показали, что из спекшихся туфов воду удается отжать, если их влагонасыщенность составляет не менее 8%. Для неспекшихся туфов эта величина равна 6,5%. Сопоставление системы с камерами всесторон. сжатия при извлечении воды из туфов свидетельствует о большей эффективности 1-направл. воздействия.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Юкка-Маунтин

1017. Nitao J.J. Theory of matrix and fracture flow regimes in unsaturated, fractured porous media = Теория матричного и трещинного режимов течения в ненасыщенной поровотрещинной среде // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 845-852.

Исслед. выполнены в связи с анализом пригодности трещиноватых туфов в Юкка-Маунтин (Невада) в кач-ве вместилища РАО. Заданы характер. размеры апертуры трещин и межтрещин. пористых блоков. При очень больших расходах (или малых апертурах) на входе в трещину возникает дополн. сопротивление потоку. В этом случае существует крит. значение апертуры, разделяющее режимы потока через среду. Если размер трещины меньше крит., основ. часть потока сосредотачивается в пористых блоках, больше - в полостях трещин. Если расход потока достаточно мал, и дополн. сопротивления на входе трещин не возникает, то разделяющим режимы течения является нек-рое пороговое значение самого расхода. Величина этого расхода определяется матричной пористостью, максимально достижимой и начальной влагонасыщенностями, а также постоян. диффуз. пропитки пористых блоков. В матрич. режиме течения среда может рассматриваться как однород. с равновес. распределением влаги между порами и трещинами.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; США; Юкка-Маунтин

1018. Nitsche H. Solubility Studies of Transuranium Elements for Nuclear Waste-Disposal - Principles and Overview = Изучение растворимости трансурановых элементов в хранилищах ядерных отходов - принципы и ... // Radiochim. Acta. - 1991. - Vol. 52-3, N P1. - P. 3-8.



1019. *Okuyama-Kusunose Y.* Образование аутигенных минералов в обломочных осадочных породах восточной части угольного месторождения Исикари (Хоккайдо) в связи с проблемой захоронения высокоактивных отходов // Тисицу тесасе гэппо = Bulletin of the Geological Survey of Japan. - 1991. - Vol. 42, N 6-7. - P. 289-304.

Разрез палеогеновой группы Исикари представлен в основ. чередованием песчаников, алевролитов и угольных пластов. Изучали образцы песчаников и алевролитов из 3 скв. и поверхностей обнажений. Фракция алевролитов, отвечающая по размеру глинистым частицам, состоит преимущественно из карбонатов, кварца и силикатов  $K_2O$  и  $Al_2O_3$ . Сход. состав имеет та же фракция сцементир. карбонатами песчаников (материал цемента и заполнения пор). Установлен закономер. порядок отложения цементирующих карбонатов и силикатов пор. Он отражает изменения состава межзерновых вод, последовательно переходивших от равновесия с калиевым шпатом к равновесию с каолинитом и насыщавшихся кварцем. Такая эволюция может быть объяснена либо постеп. смешиванием 2 типов подзем. вод, либо инконгруэнт. растворением каолинита слабо щелоч. пластовыми водами из прилегающих алевролитов. При обеих моделях допускается миграция (или циркуляция) флюида в осадоч. разрезе с низ. (менее 5%) пористостью. Применительно к геол. барьеру хранилища ядер. отходов это означает, что даже при низ. пористости в долговрем. прогнозах следует учитывать наличие перемешивания и изменения состава подзем. вод.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; Япония; Исикари месторождение

1020. *Ryan B.J.* Results of hydrologic research at a low-level radioactive waste disposal site near Sheffield, Illinois = Результаты гидрогеологических исследований участка захоронения отходов низкой активности близ Шеффилд, Иллинойс // US Geol. Surv. Water-Supply Pap. - 1991. - N 2367. - P. 1-67.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; низкоактивных; гидрогеология; США; Шеффилд

1021. *Site-generic* approach for performance assessment of HLW disposal system in Japan = Подход к оценке мест заложения хранилищ высокоактивных отходов в Японии с учетом характерных геолого-геохимических обстановок в зонах складирования / H. Umeki, K. Ishiguro, H. Takase et al. // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 1715-1733.

Обобщены материалы о геол.-гидрол.-геохим. обстановках в предполагаемых местах складирования РАО в пределах Японии (р-н шахт Тоно и Камаиси), подобраны наиболее вероят. сценарии развития взаимодействия природ. сред с инж. сооружениями, содержащими РАО, и на основе физ.-хим. моделирования прослежены возмож. пути и масштабы распространения радионуклидов хранилища. Учтены характер. варианты составов вод при воздействии их на бентонитовую упаковку, стальные оболочки контейнеров и остекл. массу отходов. Отмечено значение окисл.-восстан. потен-

циала для масштабов растворимости и интенсивности освобождения радионуклидов. Рассмотрены альтернат. гидрол. схем., для каждой оценены масштабы распространения радионуклидов как в обл. ближ., так и дальнего полей. Проанализированы возмож. варианты геол. структур (грануляр., трещиноватых) и даны ориентировоч. оценки их влияния на механизм и масштабы переноса радионуклидов. Подчеркнуто, что существует возможность создания инж. барьеров на пути распространения радионуклидов, способ. обеспечить безопасность хранилищ практически в любых условиях. Выделены факторы в природ. системах, способствующие выполнению ими роли естеств. барьеров.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; Япония; Тоно; Камаиси

1022. *Stuckless J.S.* An evaluation of evidence pertaining to the origin of vein deposits exposed in Trench 14, Nevada Test Site, Nevada = Оценки доказательств, относящихся к генезису жильных тел, вскрытых траншеей 14 на Невадском полигоне // *Ibid.* - P. 1429-1438.

Траншеей 14 в пределах Невад. ядер. полигона вскрыты крупные жлообраз. тела кальцита и опаловид. кварца, выполняющего второстеп. разрыв. нарушения сброса Боу. Генезис тел имеет большое значение для интерпретации геол. истории окраины уч-ка Юкка-Маунтин, где проектируется создание 1-го в США глубин. хранилища ВАО. Данные по изотоп. составу O, C, Sr и U жильных карбонатов позволяют предположить формирование минерализации за счет восходящих вод одного из водонос. горизонтов, извест. в разрезе. Изотоп. состав вод, согласно данным по сосед. уч-кам, не изменялся за последние 600 тыс. лет и является надеж. критерием. По совокупности геол., геохим. и педолог. данных происхождение жил может быть связано с педоген. процессами.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; США; Юкка-Маунтин

1023. *Tanaka T., Yamamoto T.* Influence of Drying Period on Migration Behavior of Radionuclides in Aerated Soil Layer = Влияние периода высыхания на миграцию радионуклидов в аэрируемом почвенном слое // *J. Nucl. Sci. and Technol.* - 1991. - Vol. 28, N 3. - P. 239-247.

1024. *Thamir F.* An alternative method to Mariotte reservoir system for maintaining constant hydraulic pressure = Новый метод поддержания постоянного давления в системе сосудов Mariotte // *High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991.* - P. 994-998.

При изысканиях в Юкка-Маунтин (шт. Невада) мест захоронения РАО вмещающие трещиноватые туфы испытаны на влагонепроводность с целью оценки возмож. утечек из хранилища. Исслед. выполняли с помощью системы сосудов Mariotte, в к-рой поддерживается постоян. давление (напор) жидкости, благодаря чему относительно просто рассчитывается ее расход в образце исследуемой пористой среды. Долговрем. эксперименты выявили недостатки модификаций этой системы, в частности, сильное влияние колебаний тем-ры и атмосфер. давления на регистрируемые расходы. Предложена новая модификация системы, в к-рой постоян. уровень воды поддер-

живается с помощью электродов, регулирующих подачу жидкости в камеру постоян. давления. Новый вариант лишен отмеч. недостатков и сохраняет все преимущества прежних модификаций.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Юкка-Маунтин

1025. *The shaft excavation effect experiment* = Экспериментальное изучение последствий проходки шахты / K. Yanagizawa, H. Imai, H. Kamamura, K. Watanabe // Ibid. - P. 1291-1298.

В рамках изучения последствий горных работ для условий глубин. захоронения ВАО изучено влияние проводки шахт. ствола на гидродинамику подзем. вод. Исслед. выполняли на полигоне Тоно, Япония, компанией Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation (PNC). Описаны подход и методика оценок, основ. на сравнении измеряемых гидравл. параметров до и в процессе проходки шахты. Для измерений использованы 4 специально пробур. наблюдат. скв. Приведены карты, графики, разрезы.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Япония; Тоно; компания Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation (PNC)

1026. *Tiren S.A. Geological setting and deformation history of a low-angle fracture zone at Finnsjon, Sweden* = Геологическое строение и история тектонического развития пологопадающей трещинной зоны Финншен, Швеция // J. Hydrol. - 1991. - Vol. 126, N 1-2. - P. 17-43.

С 1984 г. Швед. компания по ядер. горючему и использ. РАО начала дет. исслед. трещин. зоны в местечке Финншен. Пологопадающая зона в пластинчатых гранодиоритах свенокарельского возраста была установлена и изучена бурением ранее. Трещина заложена ~ 1,7 млрд лет назад и неоднократно подновлялась в результате сдвиговых и хрупких деформаций. Она сформировалась в полости скольжения надвига, амплитуда сдвига к-рого составляет 20-30 км. Большая часть тектон. подновлений зоны сосредоточена в верх. ее кромке. Здесь сформировалась высокопроницаемая зона. Анализ палеопотоков свидетельствует, что только часть полости этой зоны характеризовалась высокой водопроницаемостью, поток концентрируется в отд. подзонах, характеризующихся системат. тектон. подновлением. Именно такие подзоны могут стать путями сообщения между хранилищем отходов и биологически активной частью подзем. вод.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Швеция; Финншен

1027. *Troost K.G., Curry B.B. Genesis and continuity of quaternary sand and gravel in glacial sediment at a proposed low-level radioactive waste disposal site in east-central Illinois* = Происхождение и протяженность четвертичных песков и гравия в гляциальных отложениях восточной части центрального Иллинойса, в местах предполагаемого заложения хранилища радиоактивных отходов низкой активности // Environ. Geol. and Water Sci. - 1991. - Vol. 18, N 3. - P. 159-170.

НАО предполагается размещать в прослоях песков и гравия погреб. долин вблизи Мартинсвилл. Отд. линзы песков и гравия подстилаются и

перекрываются слабопроницаемыми образованиями типа озер, суглинков, лесса, валун. глин. Местами песчанистые и гравийные тела сообщаются между собой через приконтакт. зоны и трещины в слабопроницаемых породах. Наиболее протяж. тела песков находятся в пред- и постгляциальных аллювиальных комплексах. Пробные откачки воды из горизонтов песка и гравия и данные гидрохим. исслед. свидетельствуют о мин. взаимодействии проницаемых образований, раздел. тонкозернистым материалом.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; низкоактивные; США; Иллинойс

*1028. Underground nuclear repository investigations at Finnsjon, Sweden* = Исследования по подземному захоронению ядерных отходов в Финншен, Швеция // J. Hydrol. - 1991. - Vol. 126, N 1-2. - P. 1-158.

В 1977-1982 гг. Швед. компания по ядер. горючему и использ. РАО проводила исслед. в Финншен с целью выбора мест захоронения ОЯТ. В разрезе территории исслед. преобладают породы докембр. возраста. За период работ были получены данные по геологии и гидрогеологии р-на исслед. В 1984 г. на основе этих материалов начато осуществление проекта "Трещинная зона Финншен". На этот раз исслед. сосредоточены в пределах орган. уч-ка трещин. зоны (зона 2). На этом уч-ке зона является пологопадающей почти линейной структурой, верх. кромка к-рой вскрывается на глубинах 100-240 м. Продолжаются индикатор. гидродинам. испытания. Цель изучения - оценка геол. и гидрогеол. условий в зоне 2 для обеспечения надеж. моделирования процессов обмена в ее пределах и предвидения по возможности всех опас. последствий захоронения.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Швеция; Финншен

*1029. Weibel C.P., Berg R.C. Importance of geologic characterization of potential low-level radioactive waste disposal sites* = Роль геологической изученности участков возможного размещения хранилищ радиоактивных отходов низкой активности // Environ. Geol. and Water Sci. - 1991. - Vol. 18, N 3. - P. 209-214.

На прим. одного из возмож. уч-ков захоронения НАО в местечке Д-Жефф округ Уэйн в Иллинойсе показано, что всесторон. геол. изучение разреза, включая описание стратиграфии отложений, является важнейшим элементом как для формирования основы его дальнейшего гидролог. и гидрохим. испытания, так и для укрепления доверия к выводам исследователей. Оценка долговрем. устойчивости уч-ка и р-на заложения хранилища возможна только на основе такого изучения.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; низкоактивные; США; Иллинойс

*1030. Wood R.M., King G.C.P. An empirical data base for the investigation of earthquake-related changes in crustal hydrology* = База опытных данных для исследования изменений в гидрологическом режиме кристаллических пород, обусловливаемых землетрясениями // High Level Radioact. Waste Manag. - La Grande Park (Ill.); N.Y., 1991. - P. 1284-1288.

Установлено, что гидрол. режим в окрестностях захоронения РАО в кристал. породах меняется в связи с подготовкой и реализацией землетрясений. В зонах растяжения пористость и проницаемость в периоды между землетрясениями имеют тенденцию возрастать, и интенсивность потока поверхност. вод в поровотрещин. пространство пород в связи с этим увеличивается. Землетрясение снимает эти напряжения и способствует закрытию основ. трещин, что вызывает отжатие вод из пород. Наоборот, в зонах сжатия в период подготовки землетрясения трещины имеют тенденцию смыкаться, а воды отжимаются. Мгновен. снятие напряжений при землетрясениях обуславливает их раскрытие и приток поверхност. вод в породы. В зонах актив. разломов наблюдения за гидрол. режимом должны стать фундаментом для обоснования возможности заложения хранилища ядер. отходов во вмещающих породах.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; кристаллические породы; землетрясения

1031. *Wright J. Unsaturated transport parameters of an aridisol and its components: [Pap.] Winter Meet., San Francisco, Calif., Nov. 10-14, 1991 =* Параметры переноса урана в водоненасыщенной аридной почве и ее компонентах // *Trans. Amer. Nucl. Soc. - 1991. - Vol. 64. - P. 206-207.*

Специально созд. установка UFA позволяет быстро получать устойчивые гидравл. условия в широком диапазоне водосодержания (в течение минуты-часы по сравнению с сутками-месяцами при полевых измерениях). Изучали пробы с полигона Ханфорд (аридные почвы, алевроиты, средне- и крупнозернистые пески, гравий). Приведены получ. значения водопроводимости и коэф. диффузии. Обсуждается согласие с результатами измерений по традиц. методикам.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Ханфорд

1992

1032. *Исследования гранитных пород с помощью скважинного радара. О результатах измерений на экспериментальном участке шахты Камаиси / T. Semba, N. Ogata, K. Hasegawa et al. // Oyo chishitsu = J. Jap. Soc. Engineering Geology. - 1992. - Vol. 32, N 6. - P. 34-42.*

Яп. компания Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corp. (PNC) разрабатывает способы оценок подзем. потоков в гранит. породах. В рамках этой пробл. PNC провела опробование швед. аппаратуры скважин. радар. наблюдений RAMAC (разработка Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co.). Назначение аппаратуры - оценка размеров и ориентировок трещин. зон. Межскважин. исслед. выполняли на полигоне Камаиси (сев. часть о-ва Хонсю). Основ. результаты опытно-метод. работ: оконтурен ряд зон пониж. и повыш. скоростей электромагнит. волн; почти все зоны фильтрации в стенках скв., выдел. по данным скважин. телевидения, относятся к зонам пониж. скоростей электромагнит. волн; подзоны густой трещиноватости в пределах обводн. трещин. зон также отмечаются пониж. скоростями волн.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; граниты; Япония; Камаиси

1033. *An experimental investigation of matrix interaction on fracture flow* = Экспериментальное исследование влияния матрицы на течение в разрушенной среде / S.D. Foltz, V.C. Tidwell, R.J. Glass et al. // *Eos*. - 1992. - Vol. 73, N 43. - P. 223.

С целью изучения надежности захоронения РАО в вулкан. туфах исследовали ненасыщ. течение жидкости в пористой разруш. среде. Для этого рассматривали перколяцию через объем, образов. 2 тонкими поставл. рядом брусками из пористого материала. Течение жидкости изучали с помощью метода поглощения рентген. лучей.

математическая геология обработка; задачи; разрушенная среда; надежность захоронения; радиоактивные отходы

1034. *Bath A.H. Geochemical evidence for solute movement in natural systems* = Геохимические данные по движению растворимых веществ в природных системах // 29th Int. Geol. Congr., Kyoto, 24 Aug. - 3 Sept., 1992: Abstr. - Kyoto, 1992. - Vol. 1. - P. 87.

геохимия природные воды; грунтовые воды; растворенные вещества, перенос; захоронение ядерных отходов

1035. *Chlorine-36 releases from the Savannah River Site nuclear fuel reprocessing facilities* = Выделение  $^{36}\text{Cl}$  установками по воспроизводству ядерного топлива в Саванна-Ривер / T.M. Beasley, D. Elmore, P.W. Kubik, P. Sharma // *Ground Water*. - 1992. - Vol. 30, N 4. - P. 539-548.

Более 10 лет  $^{36}\text{Cl}$  применяют как радиотрассер в гидрогеол. исслед. для определения: 1) возраста и направления стока ГВ, 2) возраста отложений солей, 3) скорости инфильтрации вод в аридных и полуаридных обстановках, 4) для построения гидрол. моделей скорости накопления солей в замкнутых водоемах, 5) определения ист. поступления солей в озера Антарктики, 6) возраста гляциальных отложений, 7) изучения процессов испарения - транспирации. Способы решения этих задач основаны на том, что радиоактив.  $^{36}\text{Cl}$  с периодом полураспада 301000 лет имеет либо космоген. происхождение, либо является продуктом ядер. взрывов при испытаниях в атм. в 50-х гг. на атоллах Тихого океана. Установлено, что  $^{36}\text{Cl}$  может быть использован как индикатор радиоактив. загрязнения вокруг предприятий атом. пром-сти. Исслед. вблизи установок по воспроизводству ЯТ в Саванна-Ривер (США, Юж. Каролина), показали, что в процессе рециклинга в ОС выделяются измеримые кол-ва  $^{36}\text{Cl}$ . На этой широте естеств. фон  $^{36}\text{Cl}$  составляет 20-25 атомов/м<sup>2</sup>.с. На территории предприятий он в 10-20 раз выше, а в радиусе до 200 км дает экспозицию радиоактивности примерно  $3 \cdot 10^9$  Бк (или 84 мКи). По сравнению с кол-вом  $^{36}\text{Cl}$ , поступившим на эту площадь вместе с осадками в 50-х гг., эта доза вдвое выше. Конц-я  $^{36}\text{Cl}$  в поверхност. водах составляет 0,01% от нормы, установл. для питьевых вод, и, следовательно, не представляет опасности для здоровья.  $^{36}\text{Cl}$ , поступившей в ОС при переработке ЯТ, может быть индикатором радиоактив. загрязнения, а также использоваться при оценке интенсивности обмена с атм. и движения ГВ.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Саванна-Ривер

1036. *Clubb R.H.* Hydrogeologic assessment of potential contaminant pathways at a hazardous waste disposal site located on the Beaumont Formation, southeast Texas = Гидрогеологическая оценка возможных путей загрязнителей на свалке вредных отходов, приуроченной к свите Бомонт, юго-восточный Техас // *Bull. / Baylor Geol. Stud.* - 1992. - N 53. - P. 8-9.

Верхнеплиоценовая свита Бомонт сложена дельтовыми реч. отложениями. В ее разрезе выделено 7 гидрогеол. единиц песчаного и глинистого состава. Отходы хранятся в глубоких траншеях. Сделана попытка мат. моделирования распространения загрязнителей в породах свиты и подстилающей свиты Монтгомери. Числовая модель включает: взаимодействие между верх. проницаемой зоной и нижележащими водонос. горизонтами; взаимодействие между верх. проницаемой зоной и системой сбора продуктов выщелачивания; необходимые гидрогеол. данные. Приведены нек-рые результаты моделирования. Возможность загрязнения пород свиты продуктами растворения отходов в целом низкая и локально определяется геол. условиями.

охрана среды; захоронения отходов; радиоактивных; США; Техас

1037. *Fuger J.* Thermodynamic properties of actinide aqueous species relevant to geochemical problems: [Pap.] 3rd Int. Conf. "Chem. and Migr. Behav. Actinides and Fiss. Prod. Geos.", Jeres de la Frontera, Oct., 1991 = Термодинамические свойства актинидных водных форм и их использование при решении геохимических проблем // *Radiochim. Acta.* - 1992. - Vol. 58-59, N 1. - P. 81-91.

Дан обзор данных по термодинам. св-вам вод. комплексов (гл. обр., гидроксильных и карбонат.) актинидов различ. валентности (III, IV, V и VI). Даже для наиболее изуч. элемента - урана отсутствует значит. число констант, необходимых для оценки его поведения в вод. среде, особенно для наименее устойчивых валент. состояний. Подчеркивается необходимость существ. увеличения числа таких данных (в частности, энтальпии образования) для актинидов, особенно для трансурановых элементов. В огромном кол-ве работ по эксперим. изучению актинид. вод. комплексов (только для неорганич. форм число таких работ составляет неск. тыс.) приводятся порой противоречивые и несовпадающие результаты, что затрудняет их использ. при моделировании процессов миграции радионуклидов в обл. захоронения РАО, где главное значение приобретают гидроксильные и карбонат. комплексы. Это определяет настоятельную необходимость дальнейшего проведения эксперим. работ для получения надеж. констант. Будут подготовлены подобные обзоры по термодинам. константам др. элементов, включая Np, Pm и Am.

экспериментальная геохимия; актиниды, водная миграция, формы; термодинамические свойства; геохимия охрана среды; захоронение радиоактивных отходов

1038. Herczeg A.L., Payne T.E. Recharge and weathering processes in fractured rock aquifers in Northern Australia = Питание и процессы выветривания в водоносных горизонтах трещиноватых пород, Северная Австралия // Water-Rock Interact.: Proc. 7th Int. Symp., Park City, Utah, 13-18 July, 1992: WRI-7. - Rotterdam; Brookfield, 1992. - Vol. 1. - P. 561-564.

На эксперим. уч-ке (Сев. территория, уч-к Кунгарра) проводились предсмотр. проектом ARAP исслед. мобильности радионуклидов, группы урана и тория, ист. к-рых служит урановое рудное тело; уч-к является природ. аналогом репозитория ядер. отходов. Рудное тело залегает в толще графитовых сланцев с невысокой проницаемостью, отдел. от интенсивно трещиноватых кварцитов зоной разлома. Подзем. воды имеют сухой остаток 150 мг/л, состав  $Mg-HCO_3$ . Хим. и изотоп. ( $^{13}C$ ) данные показывают, что поступление большинства раствор. компонентов связано с воздействием раствор.  $CO_2$  на Mg-силикаты, последнее приводит к возрастанию содержания Mg, щелочности и  $SiO_2$ ,  $\Delta^{13}C$  около - 22%. Линейная корреляция между изотоп. составом молекул воды ( $\Delta^{2}H$ ) и конц-ей раствор. ионов позволяет предполагать связь между механизмом питания горизонта и процессами выветривания, идущими в породах. Существует непрерывность процесса смешения потока вод, идущего вниз от рудного тела, с подзем. водами, что приводит к их разбавлению и обогащению стабильными изотопами. Наблюдается возрастание конц-й радиокарбона вдоль направления движения воды, связ., вероятно, с привносом биог.  $CO_2$ , свобод. от  $^{14}C$  в пространстве вокруг руд. тела и соотв. привносом "новой" воды на пути движения потока.

подземные воды гидрогеохимия; состав химический; состав изотопный; радиоактивность; гидрогеология охрана среды; экология; складирование отходов; Австралия гидрогеология

1039. Identification of deep groundwater discharge areas in the Boggy Creek catchment, southeastern Manitoba, using excess aqueous helium: [Pap.] Symp. Geol. Assoc. Can. - Mineral. Assoc. Can. Jt Annu. Meet. "Precambrian Sediment.", Toronto, May 28-29, 1991 = Идентификация участков разгрузки глубоких подземных вод в водосборном бассейне Богги-Крик, юго-восточная Манитоба, Канада, с помощью растворенного в воде гелия / M. Stephenson, W.J. Schwartz, L.D. Evenden, G.A. Bird // Can. J. Earth Sci. - 1992. - Vol. 29, N 12. - P. 2640-2652.

В соответствии с прогр. исслед. захоронения РАО в емкостях, размещ. в кристал. породах Канад. щита, были проведены работы, включающие компьютер. моделирование; учитывали данные моделей геосферы, биосферы и техн. сооружений с испльз. метода Монте-Карло. Основ. направление - физ. положение зоны разгрузки подзем. вод, содержащих радиоактив. загрязнители, из геосферы в биосферу. Прогноз. расчеты массопереноса радионуклидов основаны на данных гидрогеол. моделей и массопереноса. Опыт. работы проведены на уч-ке выхода батолита, где верх. часть разреза слабо изучена в связи с наличием мощ. наносов. Последнее также затрудняет нахождение уч-ков разгрузки глубоких вод по тектон. трещинам и нарушениям. Глубокие подзем. воды обогащены радиог. He, до 50 мл/л, образующимся в результате распада U и Th. Поверхност. воды содержат



фоновые кол-ва He атмосфер. генезиса. Поиски уч-ков с аномально высоким содержанием He позволили оконтурить таковые, наиболее круп. уч-к зафиксирован в ю.-в. части озера. Оконтур. уч-ки совпадают с закартир. или предполагаемыми уч-ками тектон. нарушений, проходящих в гранитах. Полевые и расчет. данные показали, что вертикал. высачивание вод, обогащ. He, незначительно по объему, и связано с небольшими объемами глубоких подзем. вод, к-рые смешиваются с подзем. водами неглубокого залегания, циркулирующими в верхах разреза.

подземные воды динамика; массоперенос; подземные воды загрязнение; радиоактивное; гидрогеология охрана среды; экология; захоронение отходов; Канада гидрогеология

1040. *Kim J.I., Zeh P., Delakowitz B.* Chemical interactions of actinide ions with groundwater colloids in Gorleben aquifer systems: [Pap.] 3rd Int. Conf. "Chem. and Migr. Behav. Actinides and Fiss. Prod. Geos.", Jerez de la Frontera, Oct., 1991 = Химические взаимодействия ионов актинидов с коллоидами подземных вод в водоносной системе Горлебен [Германия] // *Radiochim. Acta.* - 1992. - Vol. 58-59, N 1. - P. 147-154.

Водонос. система располагается на глубине 150-300 м в ледниковых отложениях, перекрывающих соляной купол (цехштейн) объемом ~ 80-100 м<sup>3</sup>. Исследованы взаимодействия Am(III), Cm(III), Th(IV), Np(V) с гумусовым в-вом вод, а также поведение природ. уранил-иона. Ионы с валентностью (III), (IV) и (VI) интенсивно сорбируются на вод. коллоидообраз. соединениях, обогащ. гумусовым в-вом (так называемые гумусовые коллоиды), и образуют актинид. псевдоколлоиды. Сорбция-десорбция актинидов при взаимодействии с коллоидами является обратимым процессом и зависит от величины pH. Сорбция Np(V) в виде нептунил-иона практически не осуществляется. Содерж. Cm(III) в фильтрате строго линейно уменьшается с повышением pH: от ~ 100 (pH=1) до ~ 0,1 нмоль/л (при pH=9); при дальнейшем повышении pH до 12 конц-я в фильтрате остается постоянн. Фульватив. комплексообразование гуматов - основной процесс образования псевдоколлоидов актинидов в исслед. вод. системе. Эти исслед. проведены в вод. системе р-на, где предполагается размещение захоронений РАО.

экспериментальная геохимия; актиниды, водная миграция, коллоиды; химическое взаимодействие, динамика; геохимия охрана среды; захоронение радиоактивных отходов; Германия

1041. *Kobayashi A., Harada Y.* A Method for Examining Ground-Water Flow and Solute Transport Around a Repository = Метод изучения потока подземных вод и перемещения раствора вокруг депозитория // *Nucl. Eng. and Des.* - 1992. - Vol. 138, N 2. - P. 225-236.

1042. *Malinauskas A.P.* The management of low-level radioactive and mixed wastes at Oak Ridge National Laboratory: [Pap.] 8th Pacif. Basin Nucl. Conf., Taipei, Apr. 12-16, 1992 = Работы с низкоактивными и смешанными отходами Ок-Риджской национальной лаборатории // *Trans. Amer. Nucl. Soc.* - 1992. - Vol. 65. - P. 7D/1-7D/5.

Ок-Ридж. нац. лаб. (ORNL) - многопрофильная науч. и проект. орг. ядер. направления Мин-ва энергетики США. Работы с НАО затрудняются факторами: сложно определить допустимость сохранения стихийно сформировавшихся ранее свалок; производимые отходы являются продуктом неск. технологий, к ним добавляются отходы нек-рых ликвидир. свалок; в ряде случаев НАО смешаны с хим. и токсич. отходами. Описаны условия захоронения в засыпаемых траншеях, масштабы проникновения Cs в ГВ. Намечены работы по отводу ГВ от свалок, начата реализация проекта сокращения объема НАО с последующим хранением концентрир. отходов в бетонир. камерах и башнях. К смеш. отходам основ. подход - разделение в р-рах токсич. в-в и РВ либо термич. разрушение токсич. органики. охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Ок-Ридж

1043. *Martins K.L.* Practical Guide to Determine the Impact of Radon and Other Radionuclides on Water-Treatment Processes = Практическое руководство по определению воздействия радона и других радионуклидов [в процессе обработки] // *Water Sci. and Technol.* - 1992. - Vol. 26, N 5-6. - P. 1255-1264.

1044. *Meier H., Zimmerhackl E., Zeitler G.* Experimental Investigations of Radionuclide Diffusion in Site-Specific Sediment Groundwater Systems = Экспериментальные исследования диффузии радионуклидов в специфически расположенных осадочных системах подземных вод // *Radiochim. Acta.* - 1992. - Vol. 58-9, N P2. - P. 341-346.

1045. *Monastersky R.* Nuclear site flooding hazard dismissed = Опасность воздействия вод на место захоронения ядерных отходов // *Sci. News.* - 1992. - Vol. 141, N 16. - P. 247.

Федер. планы захоронения ВАО в пределах горного массива шт. Невада подвергаются критике эксперт. совета, к-рый считает, что предполагаемое для захоронения место подвержено риску воздействия вод при повышении уровня ГВ. Уч-к-кандидат Юкка-Маунтин предназначен для стр-ва подзем. хранилища, рассчит. ~ на 70000 т остатков топлива ядер. силовых установок. Хранилище должно надежно защищаться от проникновения вод на срок не менее 10000 лет. Камеры хранения по планам располагаются от 200 до 400 м выше соврем. уровня ГВ. Геолог S. Szymanski считает, что уровень вод в прошлом был выше, а развитие интенсив. минерализации вблизи поверхности могло быть связано с тектон. подвижками при землетрясениях или др. геол. событиях, когда теплые минерализ. воды поднимались по трещинам и в них, и в порах вмещающих вулкан. пород осаждалась вторич. минералы. Большинство ученых, работающих над проектом, отвергают эту теорию. Для проведения независимой экспертизы Департаменту энергетики предложено обратиться в Нац. академию наук. После 2-летних исслед. было получено заключение, что нет оснований опасаться выноса отходов, т. к. нет предпосылок внедрения ГВ, вторич. минерализация близ поверхности связана с воздействием дождевых вод и выносом минералов из почвы вниз по трещинам в корен. породах. Эти выводы основаны на полевых наблюдениях и изотоп. исслед. элементов вторич. минералов. Совет подчеркнул, что он не затрагивал др. более широких вопр.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Юкка-Маунтин

1046. *Nirex defers by one year its Sellafield schedule* = Агентство Nirex откладывает на один год свои планы по зоне Селлафилд // Nucl. News. - USA, 1992. - Vol. 35, N 9. - P. 57.

Агентство Nirex (Великобритания) объявило, что план работ по сооружению подзем. хранилища для НАО и отходов промежуточ. активности близ Селлафилд будет подписан лишь в конце 1993 г. Соответственно планируемый ввод хранилища в эксплуатацию переносится с 2005 на 2006 г. Основ. причина переноса сроков работ - выявл. необходимость более детальных гидрогеол. исслед. Хранилище будет сооружаться на глубине ~ 800 м. Первые 4 пробур. скв. не дали ответа на вопр. о возможности подьема зеркала подзем. вод.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Великобритания; Селлафилд

1047. *Nitsche H., Muller A., Standifer E.M. Dependence of Actinide Solubility and Speciation on Carbonate Concentration and Ionic-Strength in Groundwater* = Зависимость растворимости и видообразования актинида от концентрации и ионной силы карбоната в подземных водах // Radiochim. Acta. - 1992. - Vol. 58-9, N P1. - P. 27-32.

1048. *Rehbinder G. Thermally induced flow of two immiscible stratified liquids in a porous body at a low Rayleigh number* = Термально выведенный поток двух несмещивающихся жидкостей в пористом теле при низком числе Релея // Int. J. Heat and Fluid Flow. - 1992. - Vol. 13, N 2. - P. 168-175.

Если ядер. отходы захораниваются глубоко в породах, то генерируемое ими тепло порождает силы, к-рые приводят в движение соленые подзем. воды по направлению к поверхности. В случае, когда кол-во тепла становится достаточно большим, соленые воды будут подниматься к поверхности, несмотря на то, что близ поверхности залегают прес. воды, к-рые будут всплывать над солеными подзем. водами. Выполнена теорет. оценка и осуществлен простой лаборатор. эксперимент, показавшие, что сила, требуемая для достижения водами свобод. поверхности, пропорциональна относит. плотност. различиям вод и мощности слоя пресной воды. С практ. точки зрения важно, что большая часть генерируемого ядер. отходами тепла передается к поверхности кондуктив. путем, и лишь меньшая его часть приводит к конвектив. движению флюидов.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

1049. *Spatial variations in the hydrogeological properties of large fracture Zones in a granite batholith: [Abstr.] AGU Fal Meet., San Francisco, Calif., Dec. 7-11, 1992* = Пространственные вариации гидрогеологических характеристик крупной трещинной зоны в гранитном батолите / C.C. Davidson, L.H. Frost, E.T. Kozak et al. // Eos. - 1992. - Vol. 73, N 43. - P. 222-224.

Выполнены полевые исслед. крупной пологопадающей зоны трещин (генетически связ. с нарушением типа сдвига) в пределах гранит. батолита

Лак-дю-Бонне (ю.-в. Манитоба, Канада). Работы велись в процессе создания подзем. исслед. лаб. Трещин. зона - основной канал циркуляции вод в пределах батолита и прослежена до глубин не менее 1000 м. Основ. метод получения информ. - одно- и многоскважин. гидравл. испытания. Установлено, что проницаемость может меняться до 6 порядков величин на небольших расстояниях, хотя есть достаточно крупные зоны относительно устойчивых значений. Отд. каналы с высокой проницаемостью прослеживаются на отрезках до 1 км, а изолир. блоки ("карманы") с высокой проницаемостью могут встречаться в низкопроницаемых зонах. Геол.-геофиз. сопоставления показали, что зоны высокой проницаемости коррелируются с распространением пониж. напряжений (замеры *in situ*) и пониж. акуст. жесткости, для зон с низкой проницаемостью зависимости обратные. Эксперименты с индикаторами показали, что единой интерпретации для протяж. зон нет, и такие зоны должны делиться на уч-ки с сильно различающимися параметрами переноса.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; граниты; Канада; Лак-дю-Бонне

1050. *Tanaka K., Miyakawa K.* Использование системы скважинного телевидения для глубинных подземных наблюдений // *Oyo chishitsu = J. Jap. Soc. Engineering Geology.* - 1992. - Vol. 32, N 6. - P. 19-33.

Принято считать, что основ. опасность заражения биосферы радионуклидами из подзем. хранилища ВАО связана с динамически актив. подзем. водами. В твердых породах зонами миграции являются, как правило, зоны трещиноватости и разрыв. нарушений. Системат. применение скважин. телевидения позволяет получить 3-мерную картину зон разрывов и расслоения, а также данные о ширине и заполнении трещин и их густоте. На основе такой информ. могут строиться мат. модели потоков подзем. вод, а также представления о механизмах формирования трещин. зон. Рассмотр. вопр. об оценках проницаемости пород на основе данных скважин. телевидения. Детальная информ. о геол. разрезе получается путем комплексирования указ. данных с отбором керна и каротаж. работами.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные

1051. *Thermal effects on water exclusion from a cavity in unsaturated tuff:* [Pap.] *Int. Conf. 50 Years Controll. Nucl. Chain React.: Past, Present, and Future, Chicago, Ill., Nov. 15-20, 1992 = Влияние тепла на обезвоживание полости в водоненасыщенных туфах / W. Zhou, P.L. Chambre, T.H. Pigford, W.-L. Lee // Trans. Amer. Nucl. Soc. - 1992. - Vol. 66. - P. 64-65.*

Исследуются вопр. режима обводнения штолен и штреков в условиях разогрева пород теплом от РАО. Определяется крит. значение инфильтрации, после к-рого создается избыток воды на границе выработки и породы и создается угроза обводнения выработки. Задача решается аналит. путем на основе ур-ния Дарси с водопроводимостью с учетом температур. режима. Крит. условия определены с учетом размера полости, безразмер. градиента тем-р и скорости инфильтрации через поровое пространство. Наличие трещин не учитывалось.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; туфы

1052. *Thompson J.L.* Studies of FNion-Product Movement in Tuffaceous Media = Изучение движения продуктов расщепления в туфообразных средах // *Radiochim. Acta.* - 1992. - Vol. 58-9, N P2. - P. 273-276.

1053. *West J.M., Mckinley I.G., Vialta A.* Microbiological Analysis at the Pocos-de-Caldas Natural Analog Study Sites = Микробиологический анализ природного аналога для размещения радиоактивных отходов // *J. Geochem. Exploration.* - 1992. - Vol. 45, N 1-3. - P. 439-449.

1993

1054. *Азизов А.И., Копейкин В.А.* Геолого-гидрогеологические условия зоны Чернобыльской АЭС и их влияние на миграцию радионуклидов // *Тр. Коми науч. центра УрО РАН.* - 1993. - N 127. - С. 161-168.

Приводится детальная характеристика геол. и гидрогеол. условий, определяющих миграцию радионуклидов в 10-км зоне ЧАЭС. Даны оценки уровню содерж. радионуклидов в подзем. водах и рекомендации по орг-ции системы наблюдений за ним.

гидрогеология охрана среды; экология; подземные воды загрязнение; радиоактивное; Украина гидрогеология

1055. *Дубинчук В.Т., Поляков В.А., Ткаченко А.Е.* Время пребывания и радионуклидное загрязнение подземных вод // *Изотопы в гидросфере: Тез. докл. 4 Междунар. симп., Пятигорск, 18-21 мая, 1993.* - М., 1993. - С. 73-75.

подземные воды возраст; подземные воды загрязнение; радиоактивное; гидрогеология охрана среды; экология

1056. *Лисицин А.К., Марков С.Н., Попонина Г.Ю.* Далматовское месторождение в Зауралье как пример геологической ситуации, пригодной для безопасного захоронения радиоактивных отходов // *Геология руд. месторождений.* - 1993. - Т. 35, N 4. - С. 360-368.

По материалам геологоразвед. работ на Далматовском урановом месторождении охарактеризована геол. ситуация, в к-рой может быть обеспечено безопас. захоронение жидких РАО. Рудонос. породы Далматовского месторождения находятся в аллювиальных отложениях палеодолины средне- и верхнеюрского возраста. Эти отложения геологически изолированы от экосферы трансгрессивно перекрывающими их контин. и морскими отложениями, слагающими 4 мощные водоупор. толщи с разделяющими их водонос. горизонтами. Геохим. изоляцию уранового оруденения обеспечивает слабощелоч. восстанов. обстановка как в рудонос., так и в перекрывающих его пластовых водонос. горизонтах. Геохим. консервация рудомещающих пород и рудообразующих минералов отражается также в поструд. восстанов. изменениях пород и возрасте урановой руды ~ 140 млн лет, свидетельствующем о сравнит. изолированности рудного в-ва. По аналогии с соврем. процессом экзоген. эпигенет. рудообразования в пластовых водонос. горизонтах ожидаемое распространение радионуклидов от места их захоронения в жид. виде будет измеряться сотнями метров для

химически инерт. продуктов типа трития и первыми десятками метров для хим. элементов, задерживаемых восстанов. геохим. обстановкой.

охрана среды; захоронение отходов; жидких; Зауралье; Далматовское месторождение

*1057. Оценка защищенности грунтовых и пластовых вод от радиоактивного загрязнения на территории Брянской, Тульской и Калужской областей с использованием комплекса изотопных методов / В.М. Ачкасов, В.Т. Дубинчук, Б.В. Карасев и др. // Изотопы в гидросфере: Тез. докл. 4 Междунар. симп., Пятигорск, 18-21 мая, 1993. - М., 1993. - С. 17-22.*

подземные воды методы; изотопные; подземные воды загрязнение; радиоактивное; гидрогеология охрана среды; экология; Центр европейской части России

*1058. Роль и место пенетрационного каротажа при оценке защищенности грунтовых вод от радиоактивного загрязнения / Т.А. Грязнов, Л.В. Селиванов, В.Н. Балышев, А.С. Царицына // Там же. - С. 55-56.*

Пенетрац. каротаж успешно использовался в составе комплекс. радиоэкол. исслед., проведен. ВСЕГИНГЕО в 1992 г. на Новозыбковском радиоэкол. полигоне в Брянской обл., где подробно было исследовано геол.-литол. строение неск. уч-ков, определены уровень ГВ, физ.-мех. св-ва пород, их изменчивость по глубине и в плане. При этом за корот. срок было исследовано более 40 точек, получ. данные использовались для оценки защищенности ГВ в отношении радиоцезия и радиостронция. Представляется, что пенетрац. каротаж является эффектив. ср-вом получения исход. информ. для картирования защит. св-в зоны аэрации и экспрес. оценки защищенности подзем. вод в зонах радиац. и хим. аварий. Кроме того, пенетрац. каротаж может быть успешно применен для экспрес. оценки инж.-геол. св-в геол. среды для проектирования и осуществления защит. инж. сооружений в зонах аварий. Отмечается, что применяемый комплекс пенетрац. каротажа не позволяет определять плотность и влажность пород у дневной поверхности и до глубины 0,5 м, что обусловлено конструктив. особенностями пенетрационно-каротажа. зондов. Кроме того, в зонах радиоактив. загрязнения примерно до тех же глубин затруднена оценка глинистости по гамма-каротажу. Наконец, т. к. влажность и плотность верх. слоя грунта является определяющей на начальном этапе загрязнения, исслед. следует проводить в сезоны с примерно сред. увлажненностью или указ. параметры оценивать независимо др. методами и в др. сроки.

подземные воды методы; инженерная геология методы; геофизические; подземные воды зона аэрации; свойства

*1059. Токарев И.В. Использование тритий/гелиевого датирования для прогноза переноса радионуклидов в подземных водах // Многоцелевое гидрогеохимическое исследование в связи с поисками полезных ископаемых и охраной подземных вод: Тез. докл. Всерос. совещ., Томск, нояб., 1993. - Томск, 1993. - С. 71.*

подземные воды динамика; массоперенос; подземные воды загрязнение; радиоактивное; прогнозирование

1060. *Alauxnegrel G., Beaucaire C., Michard G.* Trace-Metal Behavior in Natural Granitic Waters = Поведение следовых металлов в природных водах в гранитах // *J. Contaminant Hydrol.* - 1993. - Vol. 13, N 1-4. - P. 309-325.

1061. *Beasley T.M., Cecil L.D., Sharma P.* Cl-36 in the Snake River Plain Aquifer at the Idaho National-Engineering-Laboratory - Origin and Implications = Захоронение радиоактивных отходов // *Ground Water.* - 1993. - Vol. 31, N 2. - P. 302-310.

1062. *Bish D.L., Aronson J.L.* Paleogeothermal and Paleohydrologic Conditions in Silicic Tuff from Yucca Mountain, Nevada = Палеогеотермальные и палеогидрологические условия в силиконовом туфе горы Yucca // *Clays and Clay Miner.* - 1993. - Vol. 41, N 2. - P. 148-161.

1063. *Bowler S.* Nuclear dump could pollute water = Сброс радиоактивных отходов может загрязнить воду // *New Sci.* - 1993. - Vol. 138, N 1874. - P. 9.

План захоронения РАО в Камбрии вблизи Селлафилда (Великобритания), разработ. компанией Nirex, вызвал серьез. опасения ученых. Анализ проб воды геологами из ун-та в Глазго показал, что потоки воды могут принести РВ на поверхность раньше, чем ожидалось по предвар. расчетам. В р-не вулканов Борроудейл, где предполагалось захоронение, было проведено пробное бурение. Давление жидкости на дне скв. оказалось более высоким, чем ожидалось. Кроме того, вода оказалась соленой, а следовательно более плотной. Эта информ. вызвала ряд сомнений, поскольку движение соленой воды недостаточно изучено и трудно предсказуемо. Но основ. пробл. остается недостаток информ. для окончат. решения. Ученые не уверены, что потоки воды не будут двигаться вверх, вынося на поверхность РВ. Компания Nirex намерена продолжать исслед. до получения необходимого кол-ва информ. Не исключена возможность отказа от захоронения в данном месте и поиска новой территории для захоронения РАО.

1064. *Braney M.C., Haworth A., Jefferies N.L.* A Study of the Effects of an Alkaline Plume from a Cementitious Repository on Geological-Materials = Изучение эффекта появления щелочных растворов в цементированных хранилищах на основе горных метериалов // *J. Contaminant Hydrol.* - 1993. - Vol. 13, N 1-4. - P. 379-402.

1065. *Brotzen O.* Local containment and evidence needed in HWL disposal = Региональная локализация отходов и данные, необходимые при захоронении отходов с высоким содержанием радиоактивных веществ // *Radioact. Waste Manag. and Nucl. Fuel Cycle.* - 1993. - Vol. 17, N 2. - P. 93-106.

Изучение хранилищ отходов с высоким содерж. РВ показало, что для прогнозирования состояния ГВ и перемещения радионуклидов нередко отсутствуют геофиз. данные. Обычно такие хранилища устраивают в горах, состоящих из силикат. пород, не поддающихся разрушениям в течение 200

длит. периода. Но для получения более точной информ. не подходит исп. общих крупномасштаб. моделей перемещения РВ. Необходимо под-роб. исслед. с учетом врем. фактора конкрет. местных условий. Особое внимание должно быть уделено исслед. хим. и мех. стабильности контакти-рующих с отходами горных пород и поведению ГВ.

радиоактивные отходы; захоронение; горы; силикатные породы; грун-товые воды; контроль; Швеция

1066. *Fattahi M., Eglem A., Houeelevin C.* Radiolysis of Clay-Water Systems - Application to the Storage of Radioactive Waste = Радиолиз сис-тем глина-вода - использование для хранения радиоактивных отходов // J. De Chimie Phys. et de Physico-Chimie Biologique. - 1993. - Vol. 90, N 4. - P. 767-775.

1067. *Kerndorff H., Schleyer R., Dieter H.H.* Bewertung der Grund- wassergefährdung von Alttablagerungen. Standardisierte Methoden und Ma'SS.stabe = Оценка угрозы подземным водам со стороны очагов за-грязнения. Стандартные методы и масштабы // Inst. Wasser-, Boden- und Lufthyg. Bundesgesundheitsamt. - 1993. - N 1. - P. 3-145.

Обоснованно уделяя повыш. внимание площад. или диффуз. загрязне-нию подзем. вод, не следует умялять значения точеч. ист. загрязнения (места захоронения вред. отходов, пром. площадки и т. п.). На территории ФРГ таких уч-ков, отличающихся часто весьма высокой токсичностью, около 100 тыс. Эта ситуация безусловно требует хорошо налаж. системы учета таких объектов и оценки их вред. воздействия на ОС и, в частности, на подзем. воды. Большая работа в этом направлении проделана сотрудни-ками Ин-та гигиены воды, почвы и воздуха Федер. службы здравоохране-ния (WaBoLu). Предлагаемые ими стандартиз. методики предоставляют возможность дифференцир. подхода к каждому изучаемому объекту, что обеспечивается учетом особенностей природ. условий уч-ка, св-в загрязни-теля, характера предполагаемого испльз. подзем. вод и др.

гидрогеология охрана среды; экология; подземные воды загрязнение; промышленное; радиоактивное; подземные воды методы; подземные воды ресурсы; использование; Германия гидрогеология

1068. *Marley N.A., Gaffney J.S., Orlandini K.A.* Evidence for Radionuclide Transport and Mobilization in a Shallow, Sandy Aquifer = Доказательства миграции радионуклидов // Environ. Sci. & Technol. - 1993. - Vol. 27, N 12. - P. 2456-2461.

1069. *Mills P.C.* Water movement and water chemistry in the unsaturated zone at a low-level radioactive waste disposal site near Sheffield, Illinois, 1986-1987 = Перемещение и химический состав вод в ненасыщенной зоне в месте захоронения низкорadioактивных отходов близ Шеффилда шт. Ил-линойс, 1986-1987 гг. [США] // US Geol. Surv. Water-Supply Pap. - 1993. - N 2398. - P. 1-66.

В 1986-1987 гг. проведено гидрол. исслед. места захоронения НАО, к-рое производилось в 1967-1978 гг. на площади 8,1 га в 21 траншее, в неот-вердевших ледниковых и послеледниковых отложениях вдоль Пенсильван-



ского скального основания. Динамика подзем. вод под траншеями исследована с помощью тензометров и гравитац. лизиметров. Для изучения влажности почв применялась почв. гамма-плотномер. В почвах и осадоч. породах определялась влажность, содерж. трития, исследовался хим. состав подзем. вод, проводились лизиметр. исслед., измерение уровня подзем. вод, определение их хим. состава. Приведено сопоставление результатов 1986-1987 гг. с результатами 1976-1985 гг. Для установления влияния скв. на движение подзем. вод создана числ. модель их потока. Установлено, что скв. не оказывают постоян. и значит. влияния на естеств. движение подзем. вод.

1070. *Monastersky R.* Nuclear site flooding hazard dismissed = Возможность затопления ядерного хранилища отвергается // Earth Sci. Programme Newslett. / Commonwealth Sci. Counс. - 1993. - N Jan.-febr. - P. 4-5.

В проектируемом хранилище Юкка-Маунтин (шт. Невада, США) выработки с размещ. в них отходами будут располагаться в водоненасыщ. части разреза. Проект. мощность хранилища 70000 использ. топлив. стержней АЭС. На основе палеогидрогеол. данных в 1980 г. J.S. Szymansky сделал заключение, что возможен подъем уровня подзем. вод выше хранилища, т. к. в геол. прошлом воды поднимались выше пласта спекшихся туфов (пласт-кандидат для размещения отходов). По этому поводу состоялось спец. совещ. 17 экспертов, к-рое сочло такие опасения необосн. Автора гипотезы (J.S. Szymansky) выводы совещ. не убедили.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США; Юкка-Маунтин

1071. *Pastuszek F., Vacek K., Vondruska V.* "In situ" radiation cleaning of underground water contaminated with cyanides - six years of experience = Радиационная очистка in situ подземных вод, загрязненных цианидами. Шестилетний опыт // Nucleon. - 1993. - N 2. - P. 20-21.

Уч-к с подзем. водами, загрязн. цианидами, очищался методом гидравл. барьера (с сетью насос. скв.) с 1986 г. Сред. конц-и цианидов на выходе составляли более 35 мг/л. Загрязнение должно быть в основ. исключено перед сбросом вод в сточ. систему. Для этого было предложено использовать разрушение цианидов гамма-облучением от изотоп. ист. Со, к-рые вводятся в насос. скв. Опыт использ. этого предложения показал, что т. о. конц-и цианидов снижаются более чем на порядок величин. Методика одобрена соотв. норматив. органами Чехословакии и разрешена к дальнейшему использ.

инженерная гидрогеология эксплуатация; водоподготовка; подземные воды загрязнение; радиоактивное; гидрогеология охрана среды; экология; Чехословакия гидрогеология

1072. *Vandergraat T.T., Kumata M.* Technetium behaviour under deep geological conditions = Миграция технеция в глубокозалегающих геологических отложениях // Radioact. Waste Manag. and Nucl. Fuel Cycle. - 1993. - Vol. 17, N 2. - P. 107-117.

Изучение технеция-99 как одного из долгоживущих радионуклидов ВАО проводилось в связи с пробл. их захоронения в изверж. глубоководно залегающих трещиноватых горных породах. Отмечается высокая миграц. способность  $^{99}\text{Tc}$  в вод. р-рах в форме  $\text{TcO}_4^{-4}$ . Лаборатор. испытания проводились с использ. образцов гранит. пород, измельч. до 20-80 меш. и подзем. вод, получ. с глубины 250 м в зоне трещиноватости при давлении 0,7 МПа. В эксперим. колонне (нержавеющая сталь, диаметр 2,54 см, длина 20 см, объем 101,3 см<sup>3</sup>, скорость потока 2 мл/ч) Tc сильно сорбировался на темноцвет. мафических минералах. Приведены данные по составу пород и химии подзем. вод, условия и результаты эксперимента.

геохимия природных процессов миграция; технеций; изверженные породы; радиоактивные отходы; захоронение

1994

*1073. Воздействие* жидких отходов радиохимических производств на геологические формации при глубинном захоронении / А.И. Рыбальченко, М.К. Пименов, П.П. Костин и др. // 1 Рос. конф. по радиохимии, Дубна, 17-19 мая, 1994: Тез. докл. - М., 1994. - С. 96.

Определяющие факторы воздействия РАО на геол. среду: изменение гидродинам. условий уч-ков захоронения; физ.-хим. превращения отходов в условиях пласта; изменение тем-ры и др. Большую роль играют физико-хим. процессы взаимодействия отходов с геол. средой, приводящие к изменению состава и структуры горных пород, переходу радионуклидов из раствора в твердую фазу. Основ. процессами, протекающими в системе отходы-порода-пластовые воды, являются ион. обмен, осадкообразование в фильтрате отходов, захват и соосаждение радионуклидов. Аналогич. процессы могут происходить и в естеств. условиях при образовании нек-рых типов месторождений полезных ископаемых.

*1074. Rao R.R., Killey R.W.D.* Quantitative Separation and Determination of Inorganic and Organic Forms of Total Carbon and Radiocarbon in Natural Waters and Application at a Radioactive Waste Management Site = Количественное выделение и определение неорганических и органических форм углерода и радиоактивного углерода в природных водах и применение для мест захоронения радиоактивных отходов // *Radiochim. Acta.* - 1994. - Vol. 65, N 1. - P. 63-74.

*1075. Viitanen P.* Tracer Experiments in a Research Tunnel of a Repository for Low-Active and Medium-Active Nuclear Waste = Трассерные эксперименты в поисковом туннеле для захоронения низко- и высокоактивных отходов // *Nucl. Instr. Meth. in Phys. Res Section A-accelerators Spectrometers Detectors and Associated Equipment.* - 1994. - Vol. 353, N 1-3. - P. 546-549.

## 4.6. Захоронение в Мировом океане

1987 - 1989

1076. *Davies G.* Radwaste disposal = Захоронение радиоактивных отходов // *Mar. Pollut. Bull.* - 1988. - Vol. 19, N 11. - P. 552.

Проведены исслед. последствий захоронения РАО в морской среде. Рассмотрена эффективность различ. "барьеров", задерживающих загрязнение среды. Изучены св-ва осадков океан. ложа с точки зрения миграции радиоактив. частиц. По величине вод. переноса, скорости диффузии и стабильности структуры они - надеж. барьер наряду с витрификацией и метал. покрытием канистр для РАО.

радиоактивные отходы; захоронение; морская среда, последствия; исследования; Великобритания

1077. *Disposal of radioactive waste in seabed sediments: Proc. of an intern. conf., Oxford, 20-21 Sept., 1988* = Захоронение радиоактивных отходов в отложениях на морском дне / Ed. T.J. Freeman. - London a.o.: Graham & Trotman, 1989. - 333 p. - (*Advances in underwater technology, ocean science a. offshore engineering.* - Vol. 18).

1078. *Fornfeld M.* Die Endlagerung radioaktiver Abfälle in Schweden = Захоронение радиоактивных отходов в Швеции // *Bergbau.* - 1989. - Vol. 40, N 1. - P. 24-27.

В 1980 г. швед. парламент вынес решение о прекращении стр-ва АЭС и окончания эксплуатации имеющихся не позднее 2010 г. Ответственность за удаление РАО возлагается законом на предпринимателей. В 1972 г. ими создано об-ние, осуществляющее все этапы процесса, от планир. до сопутствующих исслед. Захоронение НАО и САО с пренебрежимо малым тепловыделением производится сразу. Отходы НИР и мед. учреждений частично кондиционируют. Твэлы выдерживают в течение года на АЭС и направляют в промежуточ. хранилище. 30-40 лет они находятся в подзем. водоеме; окончат. захоронение - в 2015-2025 гг. Проведены исслед. по выбору места захоронения. Место постоян. захоронения расположено в 3 км от одной из АЭС на глубине 50 м под дном моря, в гранитах. В хранилище ведут 2 пандуса ок. 1 км длины. Стр-во хранилища ведется в 2 этапа, первый закончен и обеспечивает емкость 60000 м<sup>3</sup>, завершение 2-го этапа увеличит эту емкость. Упаковка отходов (форма, материал) различна в зависимости от их кач-ва и геометр. размеров камер захоронения. Однород. отходы размещаются отдельно посредством дистанц. управления. Сложная система захоронения бетонируется.

радиоактивные отходы; АЭС, прекращение строительства; захоронение, морское дно; хранилища; проектирование; исследования; Швеция

1079. *James R.G., Poorooshasb F.* Centrifuge modelling of heat-generating waste disposal = Моделирование способа захоронения радиоактивных отходов АЭС // *Can. Geotechn. J.* - 1989. - Vol. 26, N 4. - P. 640-652.

В геотехн. отделе Кембридж. лаб. (Великобритания) проведена серия экспериментов по изучению возможностей захоронения РАО АЭС на дне

моря. В соответствии с предлож. способом РАО после остекловывания помещают в наконечник-контейнер, к-рый в определ. р-не опускают в море. Масса наконечника-контейнера вызывает его ускор. движение в процессе опускания на дно, при этом конеч. скорость достигает 50-80 м/с (в зависимости от конструкции наконечника), после чего наконечник погружается в грунт. В процессе экспериментов исследовали влияние различ. факторов на глубину проникновения наконечника в грунт, степень закрытия грунта после прохождения наконечника и на выделение теплоты в окружающий грунт, связ. с радиоактив. распадом РАО.

*1080. Johnston K.* BNEL and Nirex in deep water over nuclear waste disposal plans = BNFL и Nirex находятся в затруднении в связи с новым проектом удаления радиоактивных отходов [Великобритания] // Nature. - 1987. - Vol. 329, N 6137.

Предложение компании British Nuclear Fuels Ltd (BNFL) захоранивать САО на глубине 800 м под Ирландским морем вблизи г. Селлафилд встретило сильное противодействие правительства Ирландии и Брит. агентства по РАО Nirex, отв. за проектирование и эксплуатацию установок по переработке НАО и САО. Проект предусматривает резкое сокращение транспорт. расходов, поскольку именно в Селлафилде осуществляется регенерация ЯТ из различ. европ. стран и Японии, образуется 2/3 всех брит. САО. Несмотря на это Ирландия, обеспокоен. возмож. загрязнением ОС, обязуется оказать давление на брит. правительство с целью наложить вето на проект по подвод. захоронению.

радиоактивные отходы; удаление; переработка; подводное захоронение; Великобритания, NIREX

*1081. Mereu G.* Lo stoccaggio definitivo nei sedimenti oceanici = Хранение и переработка радиоактивных отходов на дне океана // Energ. e mater. prime. - 1988. - P. 7-8.

радиоактивные отходы; АЭС; хранение, переработка; океаны; Италия

*1082. Mg may proect waste under glass* = Магний может предохранять остеклованные отходы // EOS. Trans. Amer. Geophys. Union. - 1988. - Vol. 69, N 4.

Сообщаются результаты исслед., проводимых NASA и ун-тами шт. Делавэр и Вашингтон (США) по влиянию морской воды на эрозию природ. тектон. пород и искусств. силикат. стекла. Цель их - определение степени разрушения контейнеров с остекл. РАО АЭС при размещении на дне морей для длит. хранения. Показано, что они могут дольше сохраняться в морской воде, чем под землей в присутствии ГВ. Высказана гипотеза о полож. роли Mg, содержащегося в морской воде и замедляющего выщелачивание. Рассмотрены пробл. контроля попадания РАО АЭС и предпринятый ядер. пром-сти в ОС и поиска наиболее безопас. зон для их хранения. Обсуждаются физ.-хим. и экол. характеристики остекл. РАО в США.

радиоактивные отходы; захоронение; остекловывание; стекла; морские воды; грунтовые воды; выщелачивание; магний; влияние; США, NASA

1083. Milloy C., Nicholson D., Dutton T. A review of international HGW deep ocean engineering disposal studies = Международная программа по проблемам океанического захоронения высокоактивных отходов // Underwater Technol. - 1989. - Vol. 15, N 2. - P. 10-16.

Дан обзор концепций океан. захоронения ВАО, предлагаемых рядом стран для решения пробл. консервации РАО. Основ. внимание при этом уделено обсуждению 3 концепций: естеств. заглубление бомбообраз. толстостен. (толщина стенки 75 мм) контейнеров диаметром 650 и длиной 8500 мм с бочками РАО (за счет кинет. энергии, приобретаемой при сбрасывании на глубину ~ 6 км); размещение РАО в предварительно пробур. скв. в донных отложениях или корен. породах; размещение РАО на поверхности донных отложений (с последующим естеств. заилением). Рассмотрены техн. и организац. аспекты реализации прогр. междунар. сотрудничества в этой обл.

1084. Murray C.N. The disposal of heat-generating nuclear waste in deep ocean geological formation: A feasible option = Перспективы концепций океанического захоронения высокоактивных отходов // Oceanol. '88: Proc. Int. Conf., Brighton, 8-11 March, 1988 / Soc. Underwater Technol. - L., 1988. - P. 227-233.

Представлен обзор состояния и перспектив решения пробл. океан. захоронения ВАО. Для рассмотрения ее различ. аспектов и оценки техн. осуществимости безопасности океан. захоронения при NEA OECD в 1977 г. была создана междунар. рабочая группа, которая разработала комплекс. прогр. НИОКР и координировала в дальнейшем ход ее реализации. Основ. направления прогр.: оптимизация комплекса естеств. и искусств. барьеров океан. захоронения; прогнозирование радиол. воздействия океан. захоронения с применением детерминист. и стохаст. методологий; идентификация предполагаемых зон океан. захоронения в Атлантическом и Тихом океанах; обоснование техн. осуществимости проектов с отработкой способов консервации РАО и оптимизацией типоразмеров захороняемых бомбообраз. контейнеров с бочками РАО; отработка технологии океан. захоронения на моделях; технико-экон. обоснование океан. захоронения. Дана крат. характеристика указ. направлений НИОКР и подведены предвар. итоги их реализации.

1085. Nuclear subs' last deadly cargo = Последний опасный груз ядерных подводных лодок // New Sci. - 1987. - Vol. 116, N 1587.

Мин-во обороны Великобритании изыскивает возможность для захоронения реактор. отсеков с отслуживших ядер. подвод. лодок. Агентство Nirex занимается размещением РАО, и Королев. ВМФ рассчитывает, что это агентство подберет на побережье место, подходящее для размещения реакторов с массой 300 т, не прибегая к их демонтажированию, что связано с опасностью облучения. Если агентство не предоставит подходящего места для захоронения реакторов, изучаются 2 варианта: затопить реактор в глубоком месте океана; изыскать соотв. место на материке. Существует дорогой проект размещения реактора в подвод. шахте глубиной 3000 м. Специалисты по ОС не рекомендуют подзем. размещение реакторов, а предлагают спец. надзем., обеспечивающее безопас. хранение любых РАО.

радиоактивные отходы; ядерные реакторы; ядерные подводные лодки; захоронение; проекты; океан; затопление; шахты; побережье; хранение; Великобритания

*1086. Radioactive waste disposal - new proposals from NIREX = Новые предложения NIREX по захоронению радиоактивных отходов [Великобритания] // Eart Sci. Conserv. - 1988. - N 25. - P. 12-16.*

В Великобритании на протяжении последних 40 лет РАО в основ. складывают на поверхности земли в ожидании постоян. размещения. Ин-т ядер. исслед. по исполъз. РАО разработал прогр., содержащую предложения по захоронению РАО. Дается характеристика ВАО, САО и НАО, ежегод. пр-во к-рых в стране составляет соответственно 1100, 2500-5000 и ок. 40000 м<sup>3</sup>. Приводится карта мест размещения САО и НАО в Великобритании. Предлагаются схем. захоронения РАО: на небольшом о-ве, в скальных породах на морском берегу, донных отложениях, глубоко под морским дном и в хранилище под землей. Изучение места захоронения РАО займет ок. 4 лет, а стр-во хранилища может быть закончено к 2000 г.

радиоактивные отходы; характеристика; захоронение; программы; Великобритания, NIREX, Институт ядерных исследований по использованию радиоактивных отходов

*1087. Stockage profond des dechets radioactifs a vie longue. Presentation geologique sommaire des sites selectionnes PAR L'ANDRA pour les etudes de caracterisation = Глубинное хранение долгоживущих радиоактивных отходов. Краткое геологическое описание мест, выбранных Национальным агентством по управлению радиоактивными отходами для изучения и определения характеристик (Франция) / R. Andre-Jehan, Ph. Geneste, E. Molinas et al. // Geochronique. - 1987. - N 24. - P. 21.*

Нац. агентство по управлению РАО выполнило работу по идентификации возмож. мест глубин. захоронения долгоживущих РАО на территории Франции. На 1-м этапе проведены геол. исслед. и выбор 4 мест в различ. геол. средах: гранитах, сланцах, глинах и соленос. формациях с учетом данных о сейсм. стабильности, гидрогеологии и геохимии. Для гарантии безопасности в течение геол. масштабов времени захоронение РАО проводят на глубине неск. сот метров в устойчивой геол. формации с изолированием на первое время соотв. кондиционированием и искусств. барьерами между упаковками с отходами и геол. средой. Итогом исслед. будет выбор места для стр-ва подзем. лаборатории, предназнач. для оценки пригодности места для захоронения долгоживущих РАО (безопасности длит. хранения и оптимизации стоимости и техники эксплуатации).

радиоактивные отходы; подземные хранилища; выбор территории; геологические формации; сейсмичность; гидрогеология; геохимия; результаты исследований; перспективы; Франция, Национальное агентство по управлению радиоактивными отходами

1990

*1088. Сивинцев Ю.В. Удаление радиоактивных отходов под дно океана // Атом. техника за рубежом. - 1990. - N 5. - С. 25-29.*

Описан 1-й этап исслед. возможности удаления долгоживущих РАО под дно океана, заверш. фирмой NIREX (Великобритания). Рассмотрены преимущества и недостатки удаления отходов под дно океана; уч-ки, пригод. для захоронения; транспорт. ср-ва для морских перевозок. Охарактеризованы 3 типа могильников под дном океана.

1089. *Billington D.E., Lever D.A., Wisbey S.J.* Radiological assessment of deep geological disposal: work fo UK Nirex Ltd = Радиологическая оценка глубоких геологических захоронений; разработка для Nirex Ltd, Великобритания // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 271-286.

Рассмотрены возможности размещения хранилищ РАО в условиях слабобасчл. рельефа с преимуществ. выходами твердых пород, на небольших необитаемых о-вах, на прибреж. территориях с погружением пластов в сторону моря, в складчатых основаниях осадоч. пород, под дном морей и океанов с разными глубинами водной толщи. В кач-ве основ. агентов вероят. переноса радионуклидов рассматриваются подзем. воды, тектон. явления, освобождение радиоактив. газов, воздействие человека. При описании переноса используются как детерминист., так и вероятност. схем. Обсуждены предвар. результаты оценки пригодности перечисл. участков для захоронения отходов.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Великобритания

1090. *Jones D.* Down with waste! = Отходы - глубоко вниз! // *Nature.* - L., 1990. - Vol. 346, N 6284. - P. 9-15.

ВАО могут быть изолированы путем размещения их в породах субдукц. тектон. зон. Субдукция (погружение одной литосфер. плиты под др.) наблюдается на окраинах различ. континентов. По мере погружения нижней плиты отходы будут опущены на большие глубины (значительно большие, чем доступ. соврем. бурению), расплавятся вместе с вмещающими породами и будут рассеяны в мантии. Геол. цикл перемещения пород от зон субдукции к срединно-океан. хребтам настолько продолжителен, что до вывода пород на поверхность океан. дна радионуклиды ядер. отходов полностью распадутся. Обсуждаются возмож. р-ны захоронения отходов в зонах субдукции (вулканы, "горячие пятна") и необходимые техн. решения (создание теплоизолирующих горизонтов).

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные

1994

1091. *Яскин С.А.* Международно-правовой аспект удаления радиоактивных отходов в море // Бюл. Центра обществ. информ. по атом. энергии. -1994. - N 9-10. - С. 49-53.

1996

1092. *Сивинцев Ю.В., Кикнадзе О.Е.* Радиоэкологическая опасность судовых ядерных реакторов, затопленных в Арктике // Там же. - 1996. - N 1. - С. 17-22.

#### 4.7. Захоронение в космосе

1991

1093. *Герценштейн М.Е., Клавдиев В.В.* Радиоактивные отходы в космос? Почему бы нет // Энергия: Экономика, техника, экология. - 1991. - N 6. - С. 32-34.

Рассмотрены варианты захоронения РАО в космич. пространстве. радиоактивные отходы; захоронение; космическое пространство

1094. *Коваль А.Д., Коньков В.Н., Лебедев С.В.* О перспективах удаления радиоактивных отходов в космос // Гагарин. науч. чтения по космонавтике и авиации, 1990-1991 гг. / АН СССР. Ин-т пробл. механики. - 1991. - С. 184-185.

1992

1095. *Герценштейн М.Е., Клавдиев В.В.* Отходы АЭС в космос! // Энергия: Экономика, техника, экология. - 1992. - N 4. - С. 16-17.

Отмечено, что радиоактив. могильники-контейнеры будут засорять околозем. пространство при их выводе на околосолнеч. пространство, что совершенно недопустимо. Нельзя засорять и дальний космос. Также недопустимо и засорение РАО Луны и необитаемых планет. Приведены недостатки проекта вывода РАО в космос электрон. пушкой. РАО выделяют тепло, поэтому в контейнерах с РАО должен быть предусмотрен отвод тепла. Для предотвращения столкновений должен быть радиомаяк, работающий при повыш. тем-ре и радиации. Отмечено, что скорость контейнера должна быть  $> 8-10$  км/с, если он выводится на околозем. орбиту, и  $\sim 20$  км/с при выводе в далекие области Солнеч. системы и полном уходе его из нее.

1096. *Куперсмит Д.* Реальная возможность для российско-американского сотрудничества // Энергия: Экономика, техника, экология. - 1992. - N 6. - С. 54-56.

Рассмотрена концепция удаления РАО. Вместо захоронения предложено найти ср-ва вывода РАО за пределы планеты. В техн. плане размещение РАО в космосе потребует разработки методов перевода их в твердое состояние, создание контейнеров и их вывода на околозем. орбиту, а затем



перевода на околосолнеч. орбиту. Считается возмож. ввести в действие такую систему утилизации РАО к 2000 г. Наилучшим организац. подходом к решению этой пробл. было бы создание междунар. консорциума, т. к. пробл. РАО глобальна по своему характеру и потребует привлечения техн. потенциалов из разных стран мира, напр., использ. ракеты-носителя "Энергия".

1993

*1097. Кириченко В.Г., Ткаченко В.И., Ткаченко В.И.* Теоретическое и экспериментальное обоснование нового способа захоронения радиоактивных отходов в космическом пространстве // 15 Менделеев. съезд по общ. и прикл. химии, Минск, 24-29 мая, 1993. - Минск, 1993. - Т. 2. - С. 87-88.

радиоактивные отходы; захоронение; космос; безвозвратное удаление; обработка, эксперименты; Украина

*1098. О Возможности* транспортирования радиоактивных отходов с Земли на орбиту в поясе астероидов / Л.М. Воробьев, И.А. Герасимов, В.Г. Демин и др. // Транспорт: Наука, техника, управление / ВИНТИ. - 1993. - N 8. - С. 16-21.

Рассмотрены 2 аспекта пробл. удаления с Земли РАО: 1) выбор обл. размещения контейнера с отходами; 2) оценка характеристик его выведения в эту обл.

*1099. Чекалин С.В., Мухамеджанов М.Ж.* Перспективы космической изоляции радиоактивных отходов // Энергия: Экономика, техника, экология. - 1993. - N 12. - С. 40-43.

Ключевая пробл. косм. захоронения РАО - экол. безопасность на всех этапах работы. Анализ возможностей использ. ракетно-косм. комплексов для запуска аппаратов с РАО в космос должен учитывать следующие исходные положения: в конструкцию ракет-носителей внедрены дополн. "мероприятия" по повышению надежности и безопасности выведения, включая резервирование жизненно важ. систем и агрегатов, применение бортовых ср-в диагностики и пожаро-взрывопреупреждения: при пусках ракет-носителей допускаются аварийные исходы, при этом исключение контакта радионуклидов с биосферой Земли в аварийных пусках предполагается обеспечить бортовыми ср-вами аппарата с РАО; трассы пусков ракет-носителей должны контролироваться ср-вами слежения; выбор азимутов пусков проводится из условия обеспечения радиац. безопасности старта орбит. блока с РАО и исключения возможности столкновения с фрагментами "косм. мусора", массовые пуски ср-в выведения не должны приводить к нарушению экологии ОС. Описаны ср-ва для запуска РАО в космос.

1994

*1100. Иванов Н.Ф.* Космическая изоляция радиоактивных отходов как направление конверсии // Энергия: Экономика, техника, экология. - 1994. - N 4. - С. 11-15.

Дан анализ транспорт. обеспечения косм. изоляции РАО, как перспектив. направления конверсии ВПК. Представлены основы технол. идеологии косм. изоляции РАО. Отмечено, что в результате проект. исслед. была признана оптим. для выведения особо опас. РАО 2-ступенчатая транспорт. косм. система (ТКС) блоч. схем. на базе двигат. кислородно-водород. установки центр. блока ракеты-носителя "Энергия". Приведены основ. прогнозируемые характеристики этой ТКС под услов. названием "Трезубец", а также исход. данные для эконом. оценки и сама эконом. оценка косм. изоляции РАО.

## 4.8. Материалы для закладки в хранилище

1988 - 1989

1101. *Lutze W. Silicate glasses = Модификация силикатного стекла // Radioact. Waste Forms Future. - Amsterdam etc., 1988. - P. 1-159.*

Представлен обзор состояния и перспектив разработок новых модификаций стекла, гл. обр. боросиликат., применительно к технологии витрификации ВАО. Дан ист. экскурс по 9 странам, предпринимаящим наиболее интенсив. усилия в этой обл. (Канада, ФРГ, Франция, Индия, Италия, Япония, Великобритания, США, СССР) с обобщением подхода к выбору критериев состава стекла. Наибольший раздел обзора посвящен систематизации в-в стекла по хим. составу, фазовым превращениям, мех. характеристикам, радиац. и хим. стойкости. Рассмотрены также вопр. прогнозирования длит. безопасности захоронения остекл. РАО и, в связи с этим, пробл. моделирования их в лаборатор. экспериментах с привлечением информ. о природ. аналогах стекла. Отдельно представлен обзор состояния уровня технологии витрификации и кратко описаны крупномасштаб. витрификац. установки ряда перечисл. выше стран.

1102. *Sales B.C., Boather L.A. Lead-iron phosphate glass = Железосвинцовое стекло // Radioact. Waste Forms Future. - Amsterdam etc., 1988. - P. 193-231.*

В концептуальном аспекте рассмотрены вопр. применения железосвинцовых стекол для фиксации ВАО АЭС и воен. пром-сти. Модификации железосвинцовых стекол, впервые получ. в 1984 г., отличаются высокой коррозиестойчивостью в вод. р-рах при тем-рах до 150°C и сравнительно низ. тем-рой плавления. Кроме того, железосвинцовые стекла менее агрессивны в сравнении с натриевым стеклом и поэтому допускают широкий выбор конструкц. материалов при разработке оборудования витрификац. установок. Представлены данные об основ. физ.-хим. характеристиках железосвинцовых стекол и обсуждена прогнр. НИОКР по отработке технологии витрификации РАО на основе железосвинцовых стекол.

1103. *Stefanovskii S.V., Lifanov F.A. Glasses for Immobilization of Sulfate-Containing Radioactive Wastes = Стекло для иммобилизации серо-*

содержащих радиоактивных отходов // Soviet Radiochem. - 1989. - Vol. 31, N 6. - P. 746-751.

1104. *Thermal and physical properties of candidate bufferbackfill materials for a nuclear fuel waste disposal vault* = Тепловые и физические свойства перспективных материалов для закладки в хранилищах радиоактивных отходов / H.S. Radhakrishna, H.T. Chan, A.M. Crawford, K.C. Lau // Can. Geotechn. J. - 1989. - Vol. 26, N 4. P. 629-639.

Выполнен обзор результатов лаборатор. испытаний тепловых св-в, прочности, гидропроводимости и совместимости закладоч. материалов на основе глин, используемых в хранилищах РАО. Результаты позволяют сформулировать критерии выбора закладоч. материалов для прототип. хранилища РАО Канады.

1990

1105. *Abrajano T.A., Bates J.K., Bradley J.P. Analytical electron microscopy of leached nuclear waste glasses* = Аналитическая электронная микроскопия выщелоченных стекол для [иммобилизации] ядерных отходов // Nucl. Waste Manag. III. - Westerville (Ohio), 1990. - P. 211-228.

Исследовались слои изменений на поверхности стекол SRL-131. Слои представляют собой результат многих р-ций и имеют системат. вариации состава и структур. Внутр. (прилегающий к неизмен. стеклу) слой обеднен подвиж. элементами (напр., щелоч. металлы и бор), но по составу от стекла значительно не отличается. В др. слоях развиты многочисл. кристал. и аморф. фазы, в т. ч. глины (сметитового и серпентин-каолининового типов), оксиды и гидроксиды Mn и Fe, оксид Ti. Доля и степень орг-ции кристал. фаз увеличивается по мере удаления от неизмен. стекла. Только вторич. фазы самого внеш. слоя являются, очевидно, продуктами осаждения из растворителя. Обсуждаются механизмы изменений и вопр. моделирования процесса растворения стекла.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; моделирование

1106. *Analysis of brine leachates from materials interface interaction tests* = Анализ продуктов выщелачивания в соляном растворе по данным испытаний на контактное взаимодействие. Ч. 1. Выщелачивание стекла, содержащего химические индикаторы / R.E. Sassoon, M. Gong, M. Brandys et al. // Nucl. Waste Manag. - Westerville (Ohio), 1990. - P. 307-316.

Образцы стекла выдерживались в р-ре в течение 12 мес. после пере-рыва в 12 мес. с момента окончания прежнего испытания. Анализ продуктов выщелачивания выполнялся с помощью плазм. масс-спектрометрии (метод ICP-MS). Для определения конц-й La, Eu, Ce, Nd, Y, Pr, Zr, Th и U использовался способ стандарт. добавок. Оценены верх. пределы скоростей выщелачивания для стекол SRL-Y, FR-JSSA и CUA-WV, составившие менее  $8 \cdot 10^{-4} \text{ г}^{-2} \text{ Пс}^{-1}$ . Это соответствует полной коррозии слоя толщиной менее 0,1 мкм в год.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; методы исследования

1107. Bartlett J.R., Woolfrey J.L., Buoykx W.J. Production of SYNROC powders by alkoxide hydrolysis = Производство порошков SYNROC с помощью гидролиза щелочного оксида // Ibid. - P. 45-55.

Передовая хим. технология применена для пр-ва многокомпонент. керамики SYNROC В. На ее основе в Австрал. орг-ции по ядер. науке и технике получено ~ 2000 кг материала. Технология включает гидролиз смеси щелоч. оксидов Ti, Zr и Al и сорбцию катионов Ba<sup>2+</sup> и Ca<sup>2+</sup> при основ. хим. условиях. Обсуждается влияние условий обработки на физ. св-ва порошка. охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

1108. Batyukhnova O.G., Devyatkova L.I., Ozhovan M.I. Study of the State of Vitrified Radioactive Waste After Long-Term Testing on Open Grounds = Изучение состояния остекловывания радиоактивных отходов после длительного тестирования [исследования] в открытом грунте // Dokl. Akademii Nauk SSSR. - 1990. - Vol. 315, N 2. - P. 373-377.

1109. Calcination, redox control and waste loading of Synroc = Обжиг, контроль окислительно-восстановительного потенциала и доля отходов в SYNROC / E.R. Vance, D.J. Cassidy, K.L. Smith, J.L. Woolfrey // Nucl. Waste Manag. - Westerville (Ohio), 1990. - P. 71-81.

С помощью дифференц. терм. и термогравиметр. анализа исследовали различ. стадии обжига (высушивание, денитрификация и кристаллизация промежуточ. фаз) щелочно-окисного предшественника SYNROC с включ. отходами. Кажущиеся энергии активации для кристаллизации куб. и орторомб. промежуточ. фаз составили соответственно ~ 1100 и 600 кДж/моль. Если в кач-ве окисл.-восстанов. буфера в обож. порошок перед горячим прессованием добавляли до 5% вес. тонкоизмельч. метал. Ti, то до 20% Ti перераспределяется между фазами рутил-Magneli, др. иммобилизующие фазы остаются без изменений. Кол-во Ti, необходимое для развития указ. перехода, слабо возрастает с ростом доли отходов. В скорости выщелачивания вследствие того же фазового перехода не отмечается изменений. Допустимая доля отходов Pugex в составе SYNROC может достигать 35% вес. по оксидам.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

1110. Chapman N., McKinley I. Radioactive waste: back to the future? = Радиоактивные отходы: взгляд в будущее // New Sci. - 1990. - Vol. 126, N 1715. - P. 54-58.

С помощью природ. месторождений радиоактив. руд анализируются различ. аспекты надежности мат. моделей полигонов для глубин. захоронения РАО. Рассматривается возможность разрушения используемых для удаления РАО контейнеров под воздействием хим. коррозии, физ. воздействия или микробов, в результате контакта РАО с водой, приводящих к их растворению и миграции в горных породах. В отличие от лаборатор. экспериментов, длящихся месяцы или годы, изучение природ. полигонов по-

зволяет моделировать процессы миграции и коррозии в течение сотен лет. Приводится описание неск. моделей.

радиоактивные отходы; захоронение; окружающая среда, воздействие; математическое моделирование

1111. *Characterization of high level waste glass* = Исследования стекла для [иммобилизации] высокоактивных отходов / K. Kawamura, T. Takahashi, M. Horie, N. Tsunoda // Nucl. Waste Manag. III. - Westerville (Ohio), 1990. - P. 469-481.

На апрель 1989 г. на з-де по переработке отходов в Токаи было накоплено ~ 350 м<sup>3</sup> жидк. ВАО, являющихся продуктом переработки использ. ЯТ реакторов на легкой воде. Эти отходы планируется иммобилизовать с помощью боросиликат. стекла на сооружаемом уч-ке остеклования отходов з-да Токаи. Изложены результаты мат. моделирования состава стекла. Оценены эффекты параметров: плотность, вязкость, уд. электр. сопротивление, характер. тем-ры, теплостойкость, хим. устойчивость. Показано, что разработ. состав стекла обеспечивает достаточ. гибкость технол. параметров.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные; Япония; Токаи

1112. *Ewing R.C., Lutze W. Radiation damage effects: Comparison of borosilicate glass to Synroc phases* = Эффекты радиационных повреждений: сравнение боросиликатного стекла и фаз керамики SYNROC // Ibid. - P. 33-44.

Синтез опубл. данных показал, что как стекло, так и кристал. формы отходов могут содержать значит. конц-и дефектов от  $\alpha$ -распада, снижающих устойчивость материалов. Радиационные эффекты в стеклах менее выражены и менее сложны, чем в одно- или многофаз. керамике; в последних случаях требуется более тщательное исслед. Очень важно что кратковрем. эксперименты с добавлением актинидов в кристал. фазы дают реальную картину долговрем. эффектов. Наблюдающиеся здесь различия могут быть отнесены за счет эффектов низкотемператур. продолжит. отжига.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

1113. *Harker A.B., Flintoff J.F. Tailored ceramic consolidation forms for ICPP waste compositions* = Керамические формы для консолидации отходов типа ICPP // Nucl. Waste Manag. - Westerville (Ohio), 1990. - P. 3-12.

Для консолидации отходов типа ICPP с высокими содержаниями Zr в виде высокоактив. продукта обжига разработан состав многофаз. керамики. Керамика химически стабильна по отношению к каждому компоненту отходов и отвечает условию минимизации объема за счет высоких конц-й отходов и плотности (3,35±0,05 г/см<sup>3</sup>). Основ. фаза керамики - высокосиликат. стекло, содержащее бор (поглотитель нейтронов). Перечислены первич. кристал. фазы. Испытания на выщелачивание и изучение под микроскопом показали, что керам. форма химически устойчива. Лишь стеклян. фаза показала нек-рую способность к растворению в деионизир. воде при 90°C.

214

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; методы исследования

1114. *Immobilization of high-level nuclear waste in glass: Processing constraints imposed by iron-nickel-sulfur interactions* = Иммобилизация высокоактивных отходов в стекле; технологические ограничения из-за взаимодействий железо-никель-сера / H.D. Schreiber, S.J. Kozak, D.G. Wetmore et al. // *Ibid.* - P. 581-590.

Как следствие осаждения сульфидов металлов из стеклообразующих систем хим. взаимодействие железо-никель-сера определяют летучесть кислорода при переработке ВАО. Растворимость сульфидов железа и никеля изучалась на эталон. расплаве SRL-131. Сульфид никеля осаждается при летучести кислорода ниже  $\sim 10^{-4}$  Па ( $10^{-9}$  атм) при  $1150^{\circ}\text{C}$ , для сульфида железа летучесть кислорода еще меньше. Железо ( $\text{Fe}^{3+}$ ) и сера ( $\text{S}^{2-}$ ) взаимодействуют через р-цию электрон. обмена, что улучшает растворимость сульфида железа в диапазоне значений летучести кислорода от  $10^{-4}$  до  $10^{-6}$  Па в данной эталон. системе.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; высокоактивные

1115. *Jercinovic M.J., Kaser S.A., Ewing R.C. Alteration of basaltic glasses in WIPP in-situ corrosion tests* = Изменения базальтовых стекол в испытаниях in situ на коррозию, проект WIPP // *Ibid.* - P. 241-253.

Искусств. базальтовые стекла находились в контакте с концентр. соляным р-ром при  $90^{\circ}\text{C}$ . Установлено, что продукты осаждения на поверхности стекол представлены в основ. хлоридом Mg и галитом. Этот результат сильно отличается от результатов изучения взаимодействия базальтовых стекол с природ. водами при низ. тем-рах, где поверхность. слои представлены преимущественно Fe-Al-силикатами, замещающими стекло. Кардинальные отличия продуктов выщелачивания in situ искусств. базальтового стекла и боросиликат. стекла ставят вопрос о применимости природ. аналогов взамен боросиликат. стекла. Если устойчивость природ. стекол справедлива и для условий хранилища ВАО, различия в краткосроч. поведении природ. и боросиликат. стекол в любом случае требуют дополн. изучения.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; базальтовые стекла; методы исследования

1116. *Lifanov F.A., Stefanovskii S.V. Silicate-Glasses and Vitroceramics for Immobilization of Radioactive Ash Arising from Incineration of Organic Wastes* = Силикатное стекло и керамика для иммобилизации радиоактивной золы, образующейся при сжигании органических отходов // *Soviet Radiochem.* - 1990. - Vol. 32, N 3. - P. 291-295.

1117. *Lifanov F.A., Stefanovskii S.V., Zakharenko V.N. Accelerating Radioactive Waste Vitrification in Continuously-Running Electric Furnaces* = Ускорение процесса остекловывания радиоактивных отходов в электропечах непрерывного действия // *Soviet Atomic Energy.* - 1990. - Vol. 69, N 5. - P. 942-945.

1118. *Marker study of surface layer formation and partial dissolution =* Изучение образования поверхностного слоя и частичного растворения с помощью индикаторов / B.K. Zaitos, R.L. Schulz, D.E. Clark, A.R. Lodding // *Nucl. Waste Manag. - Westerville (Ohio), 1990. - P. 297-306.*

Для прямых измерений степени общего конгруэнт. растворения использовали фосфор. индикатор. соединения, имплантир. на небольшую глубину в стекло для иммобилизации ядер. отходов. Выщелачивание в течение 2 сут проводили на стеклах 165/TDS и ABS 39 (в деионизир. воде) и на гранитах (в природ. водах с полигона Стрипа). Распределение индикаторов по глубине стекла изучали с помощью масс-спектрометрии вторич. ионов (SIMS). Оба типа испытываемых стекол в одинаковой степени подвержены общему конгруэнт. растворению (от 0,1 до 0,2 мкм), однако глубина зоны изменений в стекле 165/TDS в 4-12 раз больше, чем в стекле ABS 39. Показана эффективность использ. индикаторов для изучения растворения. Они будут использованы в более продолжительных экспериментах.

охрана среды; захоронения отходов; радиоактивных; методы исследования

1119. *Quantitative concentration profiling and element balance in SRL glass after two years in WIPP =* Построение количественных профилей концентраций и элементного баланса в стекле SRL после 2-летнего выщелачивания в рамках проекта WIPP / A.R. Lodding, E.U. Engstrom, D.E. Clark, G.G. Wicks // *Ibid. - P. 317-333.*

Изучали профили распределения элементов по глубине в образцах стекла SRL-Y (165/TDS) после выщелачивания в течение 2 лет. Конц-и 17 элементов определялись методом масс-спектрометрии вторич. ионов. Установлено наличие 3 зон выщелачивания. Во внеш. зоне преобладают Mg, B, Si и H в соотношении 4:1:2:3. Зона относительно проницаема для растворителя, но служит в определ. мере экраном др. зон. В др. зонах наблюдается слабое дифференцир. обеднение, а также обогащение нек-рыми компонентами. Толщина суммар. слоя измен. стекла после 2-летнего эксперимента составила 1,0 мкм при контакте стекла и соли и 0,5 мкм при контакте стекла с соляным р-ром.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; проект WIPP

1120. *Ramsey W.G., Wicks G.G. WIPP/SRL in-situ tests; compositional correlations of MIIT waste glasses =* Испытания in situ по проекту WIPP/SRL; корреляция состава стекол, используемых в программе MIIT // *Nucl. Waste Manag. III. - Westerville (Ohio), 1990. - P. 257-270.*

Прогр. MIIT - единств. прогр., предусматривающая изучение изменений материалов путем захоронения. Изучаются 15 типов стекол и форм отходов, а также упаковоч. материалы из 8 стран. Эксперим. захоронение производится в камен. соли полигона WIPP (Карлсбад, Нью-Мексико). Работы проводятся совместно лаб. Sandia и Savannah River. Выполняются тщательные исслед. исход. состава образцов, а также их структуры и образования поверхность. слоев. Отмечено значит. сходство состава всех представл.

стекло, на основании чего прогнозируется сходное их поведение в условиях захоронения.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; каменная соль; США; Карлсбад

1121. *Ramsey W.G., Wicks G.G.* WIPP/SRL in-situ tests; laboratory support experiments = Лабораторные эксперименты для обоснования полевых испытаний по проекту WIPP/SRL // Ibid. - P. 335-346.

Образцы, имитирующие остекл. отходы лаб. Саванна-Ривер, испытывали на растворение в минерализ. и деионизир. воде при 90°C в присутствии и отсутствии металлов. Поведение стекла марки 165/TDS оценивали на основе анализа р-ра и образца и изучения изменений его поверхности, с экстраполяцией результатов на полевые условия. В целом стекло в р-ре сохраняется хорошо, и основ. фактором изменений являются образующиеся солевые фазы. Присутствие металлов (нержавеющая сталь 304L, свинец, сплав Ticode 12) заметно не влияет на выщелачивание стекла.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; методы исследования; проект WIPP

1122. *Stefanovskii S.V., Minaev A.A., Lifanov F.A.* Glasses Containing Lead for Immobilization of Radioactive Wastes = Оловосодержащее стекло для иммобилизации радиоактивных отходов // Soviet Radiochem. - 1990. - Vol. 32, N 3. - P. 286-290.

1123. *Tacca J.A., Wicks G.G.* WIPP/SRL in-situ tests: MIIT program-surface studies of SRL waste glasses = Испытания in situ серии WIPP/SRL: программа MIIT по изучению поверхности стекла SRL // Nucl. Waste Manag. - Westerville (Ohio), 1990. - P. 271-285.

Первые испытания in situ с захоронением не радиоактив. стекло и компонентов ячейки хранения начаты в США в 1986 г. По этой прогн. было захоронено ~ 2000 образцов различ. состава (из 7 стран) в камен. соли на полигоне WIPP (Карлсбад). Среди них были образцы стекла лаб. Саванна-Ривер (SRL), захоронявшиеся на 6 мес., 1 год, 2 года как часть 5-летних исслед. Эти образцы изучали с помощью сканирующей электрон. микроскопии, дисперс. рентген. анализа и рентген-дифракц. методом с большим углом пучка. Приведены предвар. результаты. Характер коррозии стекла в солях отличается от случаев, когда использовали др. вмещающие породы in situ, важнейшую хим. роль играют Mg и Cl. Время оказывает значит. влияние на результат процесса. Скорость коррозии стекла SRL-Y относительно невелика.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; США

1991

1124. *Albinsson Y., Christiansensatmark B., Engkvist I.* Transport of Actinides and Tc Through a Bentonite Backfill Containing Small Quantities of Iron or Copper = Транспорт актинидов через бетонные загородки с не-



большим содержанием железа и меди // *Radiochim. Acta.* - 1991. - Vol. 52-3, N P1. - P. 283-286.

1125. *Bhattacharyya D.K., Dutta N.C.* Immobilization of Barium, Cadmium and Antimony Cations over Zirconia = Иммобилизация катионов бария, кадмия и сурьмы через цирконий // *J. Nucl. Sci. and Technol.* - 1991. - Vol. 28, N 11. - P. 1014-1018.

1126. *Plecas I., Peric A., Drljaca J.* Leaching Behavior of Cs-137 in Cement = Выщелачивание цезия-137 из цемента // *J. Radioanal. and Nucl. Chem.-Letters.* - 1991. - Vol. 154, N 5. - P. 309-317.

1127. *Weber W.J., Mansur L.K., Clinard F.W.* Radiation Effects on Materials in High-Radiation Environments - A Workshop Summary = Радиационные эффекты при воздействии высокой радиации на материалы // *J. Nucl. Mater.* - 1991. - Vol. 184, N 1. - P. 1-21.

1128. *Wu X.Q., Yen S., Shen X.D.* Alkali-Activated Slag Cement Based Radioactive Waste Forms = Щелочно-активированные цементные шлаки - основа для иммобилизации радиоактивных отходов / *Cement and Concrete Research.* - 1991. - Vol. 21, N 1. - P. 16-20.

1129. *Zhou Z., Fyfe W.S.* Characteristics of surface layers formed during glass corrosion = Характеристики поверхностных слоев, образующихся при коррозии стекла // *Jt Annu. Meet. Soc. Econ. Geol., Toronto, May 27-29, 1991 / Geol. Assoc. Canada (GAC) and Miner. Assoc. Canada (MAC).* - [Toronto], [1991]. - P. A138.

Хим. устойчивость стекол PNL 76-68, ABS 118 и их природ. аналогов (базальтовые стекла) изучали с помощью тестов типа МСС-1. В кач-ве растворителей использовали дистиллир., деионизир. и природ. мор. воду. Корродир. поверхности изучали с помощью масс-спектроскопии вторич. ионов и электрон. микроскопии сканирующего типа и в проходящем пучке. Описаны зоны р-ций и поверхност. слои. Показано, что состав поверхност. слоев зависит от состава стекла и растворителя; описаны соотв. особенности. Основ. р-циями, приводящими к коррозии стекла, являются: 1) ион. обмен между щелочами в стекле и  $\text{H}_3\text{O}^+$  (и/или  $\text{Mg}^{2+}$ ) в растворителе; 2) образование зон, обедн. В, Na, Li, Mo, Si или обогащ. Mg; 3) медленное растворение реакц. зоны на разделе твердое тело/жид-кость, сопровождающееся диффузией ионов от свежей поверхности стекла; 4) осаждение гидроксидов и слоистых силикатов.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных

1992

1130. *Borovec Z., Bouska V.* Prirodni skla jako etalon stability latek pro ekologické uložení radioaktivních odpadu = Природные стекла как эталон для фиксации веществ, используемых в хранилищах радиоактивных отходов // *Cas. miner. a geol.* - 1992. - Vol. 37, N 1. - P. 71-80.

218

Природ. стекла (риолитовые, базальтовые и импакт., тектиты, микро-тектиты и др.) могут быть использованы в кач-ве эталонов для искусств. стекла, применяющихся при оценке стабильности РВ, подлежащих экол. захоронению, или заменять их. Процессы девитрификации под воздействием РИ, протекающие в искусств. стеклоподоб. в-вах (напр. в боросиликатах), могут быть оценены количественно путем измерения скорости роста гидратац. (девитрификац.) ореолов вокруг радиоактив. частиц. Для корреляц. зависимости между временем воздействия и размером девитрификац. ореолов предложены ф-лы, позволяющие определять скорость и время девитрификации.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; остеклованные отходы

1131. *Gauglitz R., Holterdorf M., Franke W.* Immobilization of Heavy-Metals by Hydroxylapatite = Имобилизация тяжелых металлов с помощью гидроксилapatита // *Radiochim. Acta.* - 1992. - Vol. 58-9, N P2. - P. 253-257.

1132. *Iriya K., Itoh Y., Hosoda M.* Experimental-Study on the Water Permeability of a Reinforced-Concrete Silo for Radioactive Waste Repository = Экспериментальное изучение водопроницаемости железобетонной ямы для депозитория радиоактивных отходов // *Nucl. Eng. and Des.* - 1992. - Vol. 138, N 2. - P. 165-170.

1133. *Jacobs F., Wittmann F.H.* Long-Term Behavior of Concrete in Nuclear Waste Repositories = Длительные изменения цемента в депозиториях радиоактивных отходов // *Ibid.* - P. 157-164.

1134. *Matsuda M., Nishi T., Kikuchi M.* Solidification of Spent Ion-Exchange Resin Using New Cementitious Material. 2. Improvement of Resin Content by Fiber Reinforced Cement = Отверждение отработанной ионообменной смолы с помощью нового цементного материала. Повышение содержания смолы с использованием волокнистого железобетона // *J. Nucl. Sci. and Technol.* - 1992. - Vol. 29, N 11. - P. 1093-1099.

1135. *Pihlajavaara S.E.* Estimation of the Service Life of Concrete Under Different Conditions with Special Reference to Radioactive Waste Repositories = Оценка срока службы бетона в различных условиях, особенно в депозиториях радиоактивных отходов // *Nucl. Eng. and Des.* - 1992. - Vol. 138, N 2. - P. 127-133.

1136. *Ritter J.A., Zamecnik J.R., Hutson N.D.* High-Level Radioactive Waste Vitrification Technology and Its Applicability to Industrial-Waste Sludges = Технология остекловывания высокорadioактивных отходов // *Water Sci. and Technol.* - 1992. - Vol. 25, N 3. - P. 269-271.

1993

1137. *Ensor D.D.* The Application of Ion-Exchangers to the Decontamination of Radioactive Wastes = Применение ионообменников в обеззараживании радиоактивных отходов // Abstracts of Pap. of the Amer. Chem. Soc. - 1993. - Vol. 206, N AUG. - P. 19-SOCED.

1138. *Golubtsov I.V., Kachalov M.B., Ozhovan M.I.* Fractal Structure of Glass-Composite Materials for Radioactive Waste Products = Трещиноватая структура стеклосодержащих материалов, используемых для обработки продуктов радиоактивных отходов // Vestnik Moskovskogo Universiteta Ser. 2 Khimiya. - 1993. - Vol. 34, N 2. - P. 161-162.

1139. *Ilina O.V., Pokonova Y.V., Shuiskii D.B.* Method for Optimization of the Binder Composition for Radioactive Wastes = Метод оптимизации связующей композиции для радиоактивных отходов // Russian J. Applied Chem. - 1993. - Vol. 66, N 3. - P. 551-555.

1140. *Sudareva N.A., Aleksandrov V.P., Zavyalova I.M.* Use of Polymers to Preserve Radioactive Wastes = Использование полимеров в хранении радиоактивных отходов // Atomic Energy. - 1993. - Vol. 74, N 2. - P. 123-124.

1141. *Zimmer E., Scharf K., Schmidt S.O.* A Stable Ceramic-Matrix for Fixation of Fission-Products = Стабильная керамическая матрица для фиксации продуктов расщепления [атомного ядра] // J. Nucl. Mater. - 1993. - Vol. 201, N MAY. - P. 320-325.

1994

1142. *Разработка технологии переработки высокоактивных осадков из емкостей-хранилищ ПО "Маяк" / М.В. Логунов, В.А. Мезенцев, Н.Е. Дружинина и др. // 1 Рос. конф. по радиохимии, Дубна, 17-19 мая, 1994: Тез. докл. - М., 1994. - С. 110.*

Проведены успеш. эксперименты по приготовлению фосфат. стекла из соотв. имитац. р-ров. Величины тем-ры варки и хим. стойкости стекла соответствуют требованиям, предъявляемым к компаундам, содержащим радио-нуклиды.

1143. *Huang F.H., Mitchell D.E., Conner J.M.* Low-Level Radioactive Hanford Wastes Immobilized by Cement-Based Grouts = Отходы с низким уровнем радиации, иммобилизованные цементным раствором // Nucl. Technol. - 1994. - Vol. 107, N 3. - P. 254-271.

1144. *Керак F., Urbanec Z., Haklova H.* Determination of the Amount and Retention Efficiency of Aerosols Arising During the Vitrification of MediumLevel Activity Wastes from Nuclear-Power-Plants = Определение количества и эффективности удержания аэрозолей, появляющихся в про-  
220

цессе остекловывания (среднеактивных) отходов от ядерных станций // J. Radioanal. and Nucl. Chem.-Articles. - 1994. - Vol. 177, N 2. - P. 335-344.

1145. *Kimura K., Ishikawa T., Kinno M.* Residual Long-Lived Radioactivity Distribution in the Inner Concrete Wall of a Cyclotron Vault = Распределение остаточной долговременной радиоактивности во внутренней бетонной стене циклотрона Vault // Health Physics. - 1994. - Vol. 67, N 6. - P. 621-631.

1146. *Kinzig A.P., Holdren J.P., Hibbard P.J.* Safety and Environmental Comparisons of Stainless-Steel with Alternative Structural-Materials for Fusion-Reactors = Сравнение безопасности и экологичности использования нержавеющей стали и альтернативных структурных материалов для реакторов плавления // Fusion Technol. - 1994. - Vol. 26, N 1. - P. 79-104.

#### **4.9. Радиационный контроль (источника, среды, человека)**

1987 - 1989

1147. *Киносита М.* Радиационный контроль на заводах по переработке ядерного топлива и опыт контроля окружающей среды // Гэнсиреку коге. = Nucl. Eng. - 1988. - Vol. 34, N 2. - P. 25-30, 37.

Описан 10-летний опыт по контролю за радиац. безопасностью на яп. з-де для регенерации ЯТ "Токай". Основ. меры радиац. безопасности включают тщат. контроль состояния производств. среды для обеспечения защиты персонала от излучений, индивидуальный контроль, а также контроль сбрасываемых газообраз. и жид. отходов, анализ радиац. обстановки в окрестностях з-да, разработку радиометр. аппаратуры, методики оценки доз облучения, способов контроля аппаратуры защиты органов дыхания, методов анализа радионуклидов в ОС, обучение персонала технике безопасности, проведение науч. семинаров по пробл. радиац. безопасности. Приведены нормы выброса газообраз. РАО и сброса загрязн. сточ. вод, схем. системы мониторинга производств. среды и конструкции применяемого термолюминесцент. дозиметра и др.

АЭС; ядерное топливо; регенерация; радиационная безопасность; экологический контроль; Япония

1148. *Клыгин А.Е., Косицын В.Ф.* Аналитический контроль при переработке отработавшего ядерного топлива // Современные методы разделения и определения радиоактивных элементов. - М., 1989. - С. 52-57.

Необходимость переработки ОЯТ диктуется экон. и экол. соображениями. Исполыз. регенерир. урана приводит к экономии ок. 17% естеств. урана при изготовлении топлив. элементов. Исполыз. накопившегося плутония сокращает ~ на 13% затраты для обогащения естеств. урана. Технология переработки и повтор. исполыз. топлива в реакторах на тепловых нейтронах (пурекс-процесс) основана на экстракции урана и плутония из азотнокислых растворов ОЯТ. При этом снижается активность выдел. элементов до уровня естеств. урана - 0,67 Ки/т. Описаны методы аналит. контроля за

ходом процесса на технол. оборудовании, коммуникациях и байпасах, отбор проб технол. растворов для анализа в лаб.; сведение материального баланса и обеспечение кач-ва выход. продукции; соблюдение условий ядер. и радиац. безопасности технол. процесса. Подчеркнута важность создания дистанц. автоматизир. методов хим.-аналит. контроля процесса переработки ЯТ.

радиоактивные отходы; отработавшее ядерное топливо; переработка; аналитический контроль; методы; экономическая эффективность

1149. *Davis B.G.* Use of bar codes for radwaste tracking = Использование ленточных меток для контроля перемещения радиоактивных отходов на АЭС // *Nucl. News (USA)*. - 1989. - Vol. 32, N 9. - P. 45-48.

Компьютер. система предназначена для контроля за перемещением РАО на АЭС Millstone (BWR, 654 МВт; RWR, 863 и 1142 МВт), начиная от их возникновения до отправки с АЭС. Основана на применении спец. меток, позволяющих идентифицировать любой контейнер с РАО на АЭС. Она включает ПК, лазер. принтер, портатив. прибор для чтения меток и оптич. интерфейс передачи счит. информ. в память ЭВМ. Считывание меток производится неск. раз в смену. Обобщен опыт эксплуатации системы в течение 2 лет. Отмечено, что ее применение позволило ужесточить контроль за прохождением РАО на АЭС, снизить дозы облучения для персонала и сократить время составления документации, требуемой для сопровождения перевозок РАО.

1150. *Gibbs A., Kuhns J.D.* Nondestructive analyses of TRU waste and processes at the Savannah River Site = Неразрушающие методы анализа трансураниевых отходов на полигоне у реки Саванна [США]: /Пап./ Winter Meet. Amer. Nucl. Soc., San Francisco, Calif., Nov. 26-30, 1989 // *Trans. Amer. Nucl. Soc.* - 1989. - Vol. 60. - P. 280-281.

Дается крат. обзор применяемых с 1950 г. методов анализа трансураниевых отходов. Описываются перспективы развития неразрушающих методов контроля, основ. на использ. высокочистых германиевых детекторов, многоканальных компьютер. анализаторов и гамма-сканирующих устройств, а также пробл., связ. с использ. таких измер. систем.

радиоактивные отходы; полигоны; контроль, методы; измерительное оборудование; неразрушающие методы контроля; США; обзоры

1151. *Non-destructive* measurement method for the radioactive concentration of drums containing radioactive wastes = Система неразрушающего контроля низкоактивных отходов // *Techno Jap.* - 1989. - Vol. 22, N 11. - P. 75.

Фирмы Fuij Electric Co, Ltd и IGC Corp разработали систему дозиметр. обследования упаковок с НАО перед их захоронением с целью оценки уровня радиоактивности РАО без разрушения упаковки. Кратко описана концепция системы и особенности ее реализации. Система включает пластич. сцинтилляц. детектор, германиевый детектор, ПК и поворот. стол. Помимо

неразрушающего характера обследования, система обладает также более высоким быстродействием (5 мин/упаковка против 30-50 мин раньше).

1152. *Public radiation exposure from nuclear power generation in the United States* = Воздействие на население радиации при производстве энергии на электростанциях, использующих ядерное топливо, в США // NCRP Rept. - 1987. - N 92. - P. 165-185.

В рекомендациях Нац. совета по радиац. защите и измерениям (NCRP; 1987, США) рассмотрены вопр.: 1) все циклы процесса от добычи компонентов ЯТ до транспортировки отходов, образующихся после его использ.; 2) пути воздействия радиоактивности на человека (наруж., ингаляцион., с пищей и водой) и расчет дозы; 3) добыча топлива; 4) переработка и очистка топлива; 5) получение гексафторид урана; 6) обогащение топлива; 7) создание топлива; 8) НАО; 9) хранение отходов; 10) ВАО; 11) транспортировка отходов; 12) обсуждение пробл. и рекомендации.

радиоактивное загрязнение; АЭС; воздействие; здоровье населения; США; NCRP - Национальный совет по радиационной защите и измерениям

1153. *Teng S.-P., Lee C.-H. Radiological assessment of an off-island low-level radioactive waste repository* = Радиологическая оценка островного полигона для низкорadioактивных отходов: /Pap./ Winter Meet. Amer. Nucl. Soc., San Francisco, Calif., Nov. 26-30, 1989 // Trans. Amer. Nucl. Soc. - 1989. - Vol. 60. - P. 503-506.

Описывается вероятност. модель оценки безопасности остров. захоронения НАО, образующихся в результате эксплуатации 6 АЭС на Тайване. Основ. ист. радиации являются  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , макс. мощность дозы облучения составляет всего  $3,5 \cdot 10^{-9}$  Эв, (официально допустимая  $1 \cdot 10^{-5}$  Эв).

1990

1154. *Гулиш Г., Титтлова Е., Газуха Е. Радиационный контроль при сжигании твердых радиоактивных отходов* // Атом. техника за рубежом. - 1990. - N 11. - С. 27-29.

Обобщены результаты эксперим. исслед. по оценке радиац. ситуации, возникающей при сжигании твердых РАО.

1155. *Принципы захоронения радиоактивных отходов и проблемы* // Нихон гэнсиреку гаккайси = J. Atom. Energy Soc. Jap. - 1990. - Vol. 32, N 11. - P. 2-29.

Дан обзор результатов исслед. OECD/NEA, МАГАТЭ, междунар. комис. по радиац. защите (МКРЗ) по разработке принципов захоронения РАО и пробл., связ. с переработкой и захоронением РАО. В соответствии с рекомендациями МКРЗ сформулированы на основе вероятност. расчетов понятия верх. граница риска, определена необходимость регулирования границы индивидуального риска. Залож. в принципах захоронения РАО критерии безопасности определяются снижением нагрузки облучения на будущее поколение, независимостью контроля за хранилищами РАО, снижением воздействия на ОС, установлением верх. предела дозы облучения,

верх. предела риска облучения. В соответствии с рекомендациями МКРЗ эффектив. доза облучения должна быть  $< 1 \text{ мЗв/г}$ , что соответствует риску 10-5. Индивидуальная доза облучения -  $< 0,01 \text{ мЗв/г}$ , коллектив. доза облучения -  $< 1 \text{ чел. Зв/г}$ .

1156. *Хироо О., Масахиро С.* Неразрушающие методы измерений радиоактивности низкоактивных радиоактивных отходов // *Гэнсиреку коге = Nucl. Eng.* - 1990. - Vol. 36, N 7. - P. 43-48.

В рамках прогн. стр-ва хранилища с НАО на предприятии цикла ЯТ Rokkasho Mura префектуры Аомори (Япония) проведены эксперим. измерения радиоактивности бочек с НАО с помощью неразрушающих методов измерения. В кач-ве образцов были подготовлены 200-литровые бочки, в к-рых были загружены отвержд. путем цементации, битумирования и пластификации НАО с гомоген. и неодород. составом: обрезки труб, теплоизоляц. материалы, фильтры, хлоридвиниловая резина. Для сравн. анализа результатов измерений радиоактивности были получены базовые результаты измерений с помощью метода радиохим. анализа. Среди возмож. факторов, влияющих на погрешность измерений, отмечены матричная погрешность, статист. и калибровоч. ошибки. Коэф. вариации измерений по  $^{60}\text{Co}$  составил 5-8%, по  $^{137}\text{Cs}$  - 8-16%.

1157. *Carpena J.* Traces de fission et geologie = Треки деления в геологии // *Clefs Sea.* - 1990. - N 19. - P. 35-41, 53.

В результате деления ядер  $^{238}\text{U}$  в кристал. решетке минералов образуются линейные нарушения в виде т. н. треков (длина 50-100 А), к-рые могут быть визуализированы хим. обработкой и наблюдаться ср-вами оптич. микроскопии. Плотность треков (кол-во на ед. площади) и частично их форма определяются двумя основ. факторами: возрастом минералов и температур. режимом. Соответственно метод треков используется в задачах хронол. датирования и прослеживания температур. режима, а также в ядер. физике, астрофизике, археологии, биологии, геологии и др. В геол. задачах используются оба способа - как хронол., так и температур.; кроме того, с помощью метода анализируются содерж. и пространств. распределение урана в образцах пород и руд. Перечислены прим. использ. метода в ист. геологии, при поисках нефти и газа, в тектонике, минералогии, при поисках радиоактив. сырья. Показаны предпосылки использ. метода треков деления при контроле за состоянием хранилищ РАО.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; хранилища; метод треков деления

1158. *In der Schmitt Wilhelm, Sohnius Bernd, Wehner Erwin* Calculation of calibration factors and layout criteria for gamma scanning of waste drums from nuclear plants = Дозиметрический контроль радиоактивных отходов // *Nucl. Technol.* - 1990. - Vol. 92, N 3. - P. 374-382.

Предложена методика интерпретации результатов гамма-спектрометр. измерений, проводимых при массовом дозиметр. контроле цилиндр. бочек РАО. Методика апробирована при контрольных измерениях мощности гамма-излучения упаковок с извест. содерж. и распределением радионук- 224

лидов в объеме РАО. Представлены и обсуждены результаты аттестации методики.

1159. *Izabel C. Principes de surveillance radiologique dun site nucleaire: Cas dun stockage de dechets radioactifs* = Принципы радиологического надзора за хранилищами радиоактивных отходов // Rev. gen. secur. - 1990. - N 94. - P. 47-49.

Представлена концепция радиол. надзора, разработ. CEA/ANDRA. Описаны цели радиол. надзора предприятия атом. энергетики, принципы и используемые ср-ва. Описаны конструкция и назначение назем. хранилища РАО La Manche (SSM) и особенности радиол. надзора. Радиол. надзор - независимый компонент анализа безопасности, важный ист. сведений для властей и обществ. мнения. Такой надзор должен контролировать отсутствие распространения радиоактив. заражения в земле, вод. и атмосфере. средах, как внутри предприятия атомной энергетики, так и в ОС.

1160. *Shapiro J. Radiation protection. 3rd ed.* = Радиационная защита // Harvard Univ. Press, Cambridge. - 1990.

1161. *The UK assessment of disposal of intermediate level waste in clay for the CEC PACOMA project* = Оценка захоронения отходов промежуточной активности в глинах (Великобритания, европейский проект PACOMA) / S.F. Mobbs, R.A. Klos, G. Dalrymple et al. // C. r. Symp. anal. surete depots dechets radioact., Paris, 9-13 oct., 1989 / AEN-AIEA-CCE. - Paris, 1990. - P. 812-817.

Задача работ - оценка радиол. эффекта захоронений отходов промежуточ. активности в глинистых породах. Работы выполняются консорциумом из 4 брит. орг-ций по методике, принятой в европ. проекте PAGIS (остекл. отходы). В методику введены 2 дополнения: демонстрация эффективности методики для выбора статист. распределения параметров и сравнение 1- и 2-мерных моделей геосферы. Получены оценки индивидуальных и групповых доз, макс. индивидуального риска, неопределенности самих оценок и чувствительности доз к вариациям значений параметров.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; глины; Великобритания

1991

1162. *Салимов О.Н. Оптимальное размещение постов радиационного контроля на местности* / Всесоюз. науч.-техн. конф. "Методология измерений", Ленинград, 11-13 июня, 1991 г.: Материалы конф. - Л., 1991. - С. 176-177.

При изучении зависимости оптим. размещения постов радиац. контроля и эффективности от критериев оптимизации рассматривали 4 критерия: минимизацию сред. квадрат. погрешности интерполяции, минимизацию дисперсии прогнозируемой полной активности выпадений на площади, коллектив. дозы и ожидаемого радиац. риска. 1-й критерий приводит к равномер. распределению постов контроля на местности, остальные - к неравномер. размещению постов, при их исполъз. погрешность интерполя-



ции радиац. полей может возрасти на 605, но погрешность прогнозируемого риска на контролируемой территории может снизиться от неск. раз до десятков раз. Результаты могут использоваться при радиац. измерениях в ОС АЭС и в зоне выпадений радионуклидов от аварии на ЧАЭС.

подземные воды режим; мониторинг; подземные воды загрязнение

1163. *Bramlitt E.T., Willhoite S.B.* Method for assay of radioactivity in waste soil: [Pap.] Winter Meet., San Francisco, Calif., Nov. 10-14, 1991 = Метод оценки радиоактивности загрязненных почвогрунтов // Trans. Amer. Nucl. Soc. - 1991. - Vol. 64. - P. 95-96.

Цель разработки, выполн. Агентством по ядер. защите США (DNA) и корпорацией Eberline Instruments Corp., - создание техн. ср-в и методики измерений радиоактивности почв при их перемещении на конвейерной линии (измерения на потоке). Измерения необходимы при работах по очистке зараж. плутонием атолла в сев. части Тихого океана. Созд. установка включает программируемый детектор ERM-2 на основе счетчика гамма-квантов с энергией 60 кэВ, IBM-совместимый ПК для обработки результатов. Управляется одним человеком. Получены более точные и воспроизводимые данные, чем при ранее использовавшихся замерах радиоактивности в коробках с отходами.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Тихий океан

1164. *Frankena F.* Radioactive waste problems at defense facilities = Проблемы радиоактивных отходов - в средствах защиты. - 1991. - Vauce Bibls.

1992

1165. *Комочков М.М.* Величины для контроля радиационной безопасности. - Дубна, 1992. - 19 с. - (Сообщ. Объед. ин-та ядер. исслед.; P16-92-190).

1166. *Measurement and calculation of radon releases from uranium mill tailings* = Измерение и расчет выбросов радона из хвостов урановых обогатительных фабрик. - Vienna: IAEA, 1992. - 59 p. - (Technical rep. ser. / IAEA. - N 333).

1167. *Patillard P., Clerk H.* Low level tritium waste management and associated controls at Bruyeres le Chatel research center: [Pap.] 4th Nat. Top. Meet. Tritium Technol. Fission, Fusion and Isot. Appl., Albuquerque, N. M., Sept. 29 - Oct. 4, 1991 = Работа с отходами с низкими содержаниями трития и соответствующий контроль в исследовательском центре Брюйер-ле-Шатель // Fusion Technol. - 1992. - Vol. 21, N 2. - P. 696-699.

С точки зрения требований к врем. или постоянн. хранению отходов важное значение имеет определение суточ. нормы дегазации из бочек, содержащих отходы с небольшими концентрациями трития. Описаны методика и способы повышения чувствительности таких определений, выполняемых отделом мед. физики исслед. центра Брюйер-ле-Шатель (Франция). Для бочек объемом 0,2 м<sup>3</sup> измер. суточ. нормы составили от 0,1 МБк до 1,85 ГБк, поэтому используются 3 измерит. комплекса с различ. чувстви-

тельностью. Они апробированы в течение неск. лет, за это время обследованы 443 емкости.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Франция

1168. *Sené M.R.* Applications of Electron-Accelerators in Radioactive Waste Inspection and Assay = Использование электронных ускорителей для инспекции и оценки радиоактивных отходов // Nucl. Instruments & Methods in Physics Research Section B-Beam Interactions with Materials and Atoms. - 1992. - Vol. 68, N 1-4. - P. 53-60.

1169. *Spanu V., Turcanu C.N., Filoti G.* Radioactive Waste Treatment Products Studied by Mossbauer-Spectroscopy = Изучение продуктов обработки радиоактивных отходов спектроскопией Мессбауэра // J. Radioanal. and Nucl. Chem.-Letters. - 1992. - Vol. 166, N 4. - P. 309-320.

1993

1170. *Дацкевич П.И., Долгов В.М., Хвалец О.Д.* Гидробионты как индикаторы радиоактивных загрязнений водных экосистем // 15 Менделеев. съезд по общ. и прикл. химии, Минск, 24-29 мая, 1993. - Минск, 1993. - С. 316-317.

Исследована вод. биота на накопление радиоизотопов Cs и Sr из вод. среды. Сделан вывод, что высшая вод. растительность (корневище айра, ряска маленькая, телорез алоэвид. и др.), рыбы и моллюски являются сильными накопителями радиоизотопов и могут служить индикаторами радиоактив. загрязнения. Отбор проб следует проводить во время пика вегетац. периода, когда уд. активность максимальна. Специф. виды-накопители  $^{90}\text{Sr}$ , однако, выявить достаточно сложно, т. к. накопление неспецифично. Необходимо расширять число наблюдаемых видов моллюсков и ихтиофауны. Индикаторами загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  могут служить детриты, что особенно важно осенью, зимой и ранней весной, когда выбор вегетирующих вод. растений ограничен.

геохимия охрана среды; радиоактивное загрязнение; водные экосистемы

1171. *Дубинчук В.Т., Поляков В.А., Корниенко Н.Д.* К концепции единой государственной системы контроля радиационной обстановки: подсистема "Подземные воды" // Изотопы в гидросфере: Тез. докл. 4 Междунар. симп., Пятигорск, 18-21 мая, 1993. - М., 1993. - С. 68-71.

подземные воды режим; изменение качества; мониторинг; подземные воды загрязнение; радиоактивное; гидрогеология охрана среды; экология

1172. *Козлов А.А.* Структура автоматизированной системы слежения за образованием и захоронением радиоактивных отходов // Атом. энергия. - 1993. - Т. 74, N 2. - С. 129-134.

Предложена структура автоматизир. системы слежения за образованием и захоронением РАО, к-рая состоит из 2 частей: технол. и информ.-измер. Ее внедрение на пунктах захоронения РАО обеспечит оператив. учет поступивших на долговрем. хранение отходов, идентификацию их параметров, выбор метода переработки, оценку кач-ва переработки и захоронения,

установление экономически обосн. цены за долговрем. хранением. Предлагаемая структура построена по модульному принципу может содержать различ. число технол. установок и спецхранилищ в зависимости от типа, уд. активности перерабатываемых отходов на пунктах захоронения.

охрана среды; захоронения отходов; радиоактивность

1173. *Hagemann R.* Les reacteurs naturels d'Oklo. Reaction nucleaire spontanee et enfouissement naturel = Природные реакторы Окло. Спонтанная ядерная реакция и захоронение в природной среде // *Rev. gen. nucl.* - 1993. - N 2. - P. 122-126.

Открытие природ. ЯР в Окло (Габон) явилось науч. событием исключ. важности. 2 млрд лет, прошедших после конца актив. фазы реакторов, дают возможность изучить долговрем. геохим. последствия нахождения ЯР в геол. среде. Поведение продуктов деления и трансурановых элементов позволяет оценить последствия размещения отходов ЯТ в породах. Вулканизм (внедрение долеритов ~ 750 млн лет тому назад) не оказал замет. влияния на распределение элементов. Новые зоны реакторов отличаются высокой степенью сохранности. Несмотря на невозможность полных аналогий между природ. реакторами и хранилищами ядер. отходов, проделана большая работа по уточнению геохим. аспектов миграции и удержанию радионуклидов в пространстве и времени, при этом сложность природ. систем не позволяет выполнять адекват. моделирование в лаборатор. условиях. По данным геохим. исслед. реакторов Окло, наибольшим потенциалом миграции в геол. среде обладают Cr, Sr, Ba, Mo, а наибольшим Nb, Zr, PЗЭ, Th, U, Pu.

охрана среды; захоронение отходов; радиоактивных; Габон; Окло

1174. *Kozlov A.A.* Structure of Automated-System for Tracking the Formation and Burial of Radioactive Wastes = Структура автоматических систем слежения за образованием и захоронением радиоактивных отходов // *Atomic Energy.* - 1993. - Vol. 74, N 2. - P. 125-128.

1175. *Meier U.* Standardized Scans of Radioactive Waste Generating Negligible Amounts of Heat = Стандартное сканирование радиоактивных отходов, генерирующих пренебрежимо малое количество тепла // *Atomwirt.-Atomtechn.* - 1993. - Vol. 38, N 4. - P. 295-295.

1176. *Methe B.M.* Managing Radioactively Contaminated Infectious Waste at a Large Biomedical Facility = Контроль радиоактивного загрязнения инфекционных отходов // *Health Physics.* - 1993. - Vol. 64, N 2. - P. 187-191.

1994

1177. *Методика* и некоторые результаты авиационной гамма-съемки радиоактивного загрязнения территории европейской части России: Сб. ст. // Федерал. служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Ин-т глоб. экологии и климата Росгидромета и РАН, Ин-т прикл. геофизики им. Е.К. Федорова. - СПб.: Гидрометеоиздат, 1994. - 269 с.

1178. Corsaro P., Deltin G., Zucchetti M. A Radiological Safety Optimization Study for Compact Fusion Machines = Изучение оптимизации радиологической безопасности для компактных плавильных машин // Fusion Technol. - 1994. - Vol. 26, N 3. - P. 1009-1013.

1179. Dai S., Delcul G.D., Metcalf D. Modification of Cary 14H Spectrophotometer into a Fiberoptic Absorption Spectrophotometer = Спектрофотометр для изучения радиоактивных отходов // Spectroscopy Letters. - 1994. - Vol. 27, N 5. - P. 687-690.

1180. Dakshinamoorthy A., Singh R.K., Iyer R.H. Extractive Spectrophotometric Determination of Palladium from Acidic High-Activity Nuclear Waste = Экстрагируемое спектрометрическое определение палладия в жидких радиоактивных отходах высокого уровня // J. Radioanal. and Nucl. Chem.-Articles. - 1994. - Vol. 177, N 2. - P. 327-333.

1181. Estep R.J., Prettyman T.H., Sheppard G.A. Tomographic Gamma Scanning to Assay Heterogeneous Radioactive Waste = Томографическое сканирование для анализа радиоактивных отходов // Nucl. Sci. and Eng. - 1994. - Vol. 118, N 3. - P. 145-152.

1182. Evdokimoff V., Cash C., Buckley K. Potential for Radioactive Patient Excreta in-Hospital Trash and Medical Waste = Возможное попадание радиоактивных испражнений пациентов в больничные отбросы и медицинские отходы // Health Physics. - 1994. - Vol. 66, N 2. - P. 209-211.

1183. Jedinakovakrizova V., Dvorak Z. Statistical Estimate for Evaluation of Vitrified Radioactive Wastes = Методы оценок утечек из остекленных радиоактивных отходов // J. Radioanal. Nucl. Chem.-Articles. - 1994. - Vol. 181, N 2. - P. 253-261.

1184. Kaye J.H., Strebin R.S., Nevissi A.E. Measurement of Ni-63 in Highly Radioactive Hanford Waste by Liquid Scintillation-Counting = Измерение Ni-63 в радиоактивных отходах высокого уровня // J. Radioanal. and Nucl. Chem.-Articles. - 1994. - Vol. 180, N 2. - P. 197-200.

1185. Spanu V., Turcanu C.N. Radioactive Waste Treatment Products Studied by Mossbauer-Spectroscopy. 2. Iron Hydroxide Precipitation Systems = Изучение продуктов обработки радиоактивных отходов с помощью спектрометрии // J. Radioanal. and Nucl. Chem.-Articles. - 1994. - Vol. 181, N 1. - P. 189-200.

1186. Tolgyessy U.M.J., Win N., San K. Reverse Radiometric Flow-Injection Analysis (Rfia) of Radioactive Waste-Waters with an Asia (Ismatec) Analyzer = Анализ вод с радиоактивными отходами методом RFIA // J. Radioanal. and Nucl. Chem.-Letters. - 1994. - Vol. 187, N 5. - P. 351-354.

1995

*1187. О Федеральной целевой программе "Создание Единой государственной автоматизированной системы контроля радиационной обстановки на территории РФ": Постановление Правительства РФ // Рос. газ. - 1995, 19 дек.*

**РАДИОАКТИВНЫЕ ОТХОДЫ:  
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И УПРАВЛЕНИЕ**

Библиографический обзор

Часть 2. Хранение радиоактивных отходов

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы Word 6.0 for Windows.  
Компьютерная верстка выполнена Т.А. Калюжной.

Подписано в печать 30.01.98.      Формат 60x84/16.

Бумага писчая.      Ротапринт.      Усл. печ. л. 13,2.

Уч.-изд. л. 18,0.      Тираж 500 экз.      Заказ N 65.

Цена договорная

ГПНТБ СО РАН. Новосибирск, ул. Восход, 15, комн. 407, ЛИСА.

Типография СО РАН.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
4. ХРАНИЛИЩА И ЗАХОРОНЕНИЕ, УДАЛЕНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛИГОНОВ, ВЫБОР ПЛОЩАДОК.....	8
4.1. Состояние и перспективы оценки (обоснование) безопасности действующих и проектируемых хранилищ .....	18
4.1.1. Характеристика участка, площадки.....	29
4.1.2. Анализ операций по эксплуатации.....	34
4.1.3. Последствия хранения.....	35
4.2. Разработка сценариев и оценка изменений среды и разрушительных событий.....	37
4.3. Математическое моделирование и прогнозирование миграции радионуклидов в окружающей среде .....	51
4.4. Проверка и оценка различных моделей - гарантия качества оценки надежности.....	82
4.5. Оценка пригодности геологической среды для захоронения.....	122
4.5.1. Обоснование комплекса исследований для оценки участков складирования и хранения .....	138
4.5.2. Выбор системы барьеров, препятствующих распространению радионуклидов из хранилищ. Подбор материалов для сооружения барьеров .....	155
4.5.3. Исследование динамики и геохимии подземных вод.....	171
4.6. Захоронение в Мировом океане.....	203
4.7. Захоронение в космосе .....	208
4.8. Материалы для закладки в хранилище.....	210
4.9. Радиационный контроль (источника, среды, человека).....	220