

# Вклад горной науки Якутии в решение проблем экологической безопасности республики

**В.В. Киселев**, канд. техн. наук, старший научный сотрудник

**Ю.А. Хохолов**, д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник

**М.В. Каймонов**, канд. техн. наук, старший научный сотрудник

Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН (ИГДС), г. Якутск

e-mail: gtf@igds.ysn.ru

## Ключевые слова:

экологическая и радиационная безопасность, высокотоксичные отходы, способы захоронения отходов, подземный и поверхностный могильники.

*В статье отмечена потенциальная радиационная опасность для биоты, создаваемая неутралированными отходами. Рассмотрена радиационно-экологическая обстановка в отдельных регионах Якутии. Представлены разработанные институтом концепция и способы захоронения твердых высокотоксичных отходов.*

## 1. Введение

Экстремальные климатические условия регионов азиатского Севера, специфические социально-экономические условия, высокая техногенная нагрузка на экосистемы требуют неординарного подхода к решению целого ряда проблем, в том числе радиационной безопасности.

Несмотря на относительно невысокую напряженность, по мнению министерства охраны природы Республики Саха (Якутия) (РС(Я)), экологической обстановки в целом в отдельных регионах (в первую очередь горнодобывающих), ее можно охарактеризовать как не совсем благополучную в силу наличия целого ряда негативных факторов, в первую очередь высокой загрязненности высокотоксичными, в том числе радиоактивными материалами. Необходимо отметить, что до начала 1990-х годов в республике не уделялось должного внимания проблемам выявления, утилизации и захоронения высокотоксичных отходов, в том числе наиболее опасных — радиоактивных. И только в «эпоху гласности» стала проясняться истинная, далеко не радужная картина экологической обстановки, стали проводиться конференции и разрабатываться республиканские подпрограммы федеральных программ по обеспечению радиационной безопасности, в разработке которых принимали участие научно-исследовательские институты, в том числе ИГДС СО РАН. Для их реализации было организовано

специальное Управление ликвидации воздействий радиации (УЛВР).

## 2. Актуальность проблемы

Важность решения этих проблем подтверждается тем фактом, что обеспечение радиационной безопасности населения во многих странах возведено в ранг государственной политики после принятия концепции беспорогового воздействия радиации на здоровье человека [1].

Исторически сложилось, что радиационное загрязнение территории РС(Я) началось еще во времена «Дальстроя» (1930–1940-е годы) и происходило сначала за счет техногенного перераспределения естественных радионуклидов при разведке, добыче и переработке ряда месторождений полезных ископаемых, которое многократно усилилось в последующие десятилетия с развитием горнодобывающей промышленности. Затем существенный «вклад» стали вносить искусственные радионуклиды, выпадающие из облаков, сносимых с испытательных полигонов на Новой Земле. Радиационная загрязненность стала нарастать в период с 1974 по 1987 г. после проведения подземных ядерных взрывов (ПЯВ), особенно в Мирнинском районе, где их было произведено 8 из 12 в целом по республике, при этом два из них под кодовыми названиями «Кристалл» (1974 г.) и «Кратон-3» (1978 г.) признаны аварийными в связи со значительным выбросом на поверхность долгоживущих

радионуклидов широкого спектра, а также изотопов плутония [2].

Существенную радиационную опасность представляют отвалы необогащенных урановых руд, хвосты обогатительных фабрик, геологические отвалы и пробы, кернохранилища, различные источники питания и излучения, которые стали бесхозными. Все они в соответствии с действующими нормами относятся к твердым радиоактивным отходам (ТРАО) и подлежат переработке и обязательному захоронению.

Необходимо отметить, что по степени опасности для биоты на первом месте (за исключением отработавших ресурсов радиоизотопных термоэлектрических генераторов (РИТЭГов), которые периодически вывозятся за пределы республики для утилизации), стоят изотопы плутония и долгоживущие радионуклиды, выброшенные при авариях на ПЯВ и загрязнившие значительные площади. Несмотря на проведенные реабилитационные работы, опасность их все еще велика, что подчеркивается материалами проведенных исследований [2–4].

Отвалы урановых руд, хвостохранилища довольно объемны и небезопасны. В некоторых районах значительные территории загрязнены урановыми рудами, добытыми при ведении разведочных работ. Других типов ТРАО на территории республики сравнительно немного, их изоляция, по нашему мнению, технически менее сложная.

Необходимо отметить, что из-за большой разбросности местоположения высокотоксичных отходов на территории РС(Я) и их большого объема, практически невозможны их сбор и транспортировка в одно место для переработки. Крайне затруднено использование передвижных установок для переработки отходов ввиду их громоздкости и сложности доставки в нужный пункт. Кроме этого, такие установки используют «мокрые» способы переработки, требуют значительного количества воды, эксплуатация их возможна только в короткий летний период при наличии источников воды.

Учитывая вышеперечисленные обстоятельства, в целях снижения риска радиационного облучения населения, постановлением правительства РС(Я) (№ 50 от 17.07.1997 г.) ряду организаций (в том числе ИГДС СО РАН) было поручено разработать концепцию утилизации и захоронения ТРАО на её территории.

При разработке концепции ИГДС было учтено множество характерных для северных регионов факторов: отдаленность загрязненных объектов от основных транспортных магистралей; сложная схема доставки грузов и дороговизна перевозок; отсутствие каких-либо перерабатывающих предприятий, хранилищ (могильников) и т.д.

### 3. Основные принципы концепции ИГДС обращения с ТРАО

Принципы концепции института горного дела Севера (ИГДС):

- учет разнообразия типов высокотоксичных отходов, специфики мест их размещения и особенностей миграции;
- поэтапное решение всех вопросов обращения с ТРАО на территории РС(Я): *первый этап-сбор*, компаундирование и временное захоронение (на срок не менее 100 лет) на месте их размещения; *второй этап* — переработка ранее захороненных ТРАО на специальных установках и окончательное захоронение их в специально построенных могильниках, обеспечивающих надежную изоляцию от биоты;
- приоритетное использование существующих технологий и мощностей наиболее развитой горнодобывающей промышленности для ведения всех видов работ по обращению с ТРАО;
- разработка нетрадиционных подходов и способов утилизации ТРАО, конструкций могильников и защитных барьеров на основе природных аналогов ландшафтов криолитозоны;
- максимальное использование естественных, природных ресурсов криолитозоны — атмосферного холода, местных материалов, льда при компаундировании ТРАО, возведении могильников и защитных барьеров;
- использование имеющегося подземного пространства, образованного и образуемого при разработке полезных ископаемых, для временного захоронения (изоляции) некоторых видов ТРАО (хвосты шлихообогатительных фабрик, геологические пробы, керны), не выделяющих тепло в низкоконтентрированном виде.

### 4. Радиационно-экологическая обстановка территорий РС(Я)

Наиболее напряженная экологическая обстановка наблюдается в промышленно развитых гондобывающих регионах РС(Я) — Алданском, Нерюнгринском, Олекминском и Момском районах, где в значительных масштабах велись и ведутся разведочные и добычные работы. В Мирнинском районе радиационная загрязненность значительно возросла после проведения ПЯВ, два из которых, как уже говорилось ранее, признаны аварийными, сопровождавшихся выбросами техногенных высокоактивных радионуклидов цезия и стронция, а так же трития, плутония, америция.

После проведения реабилитационных работ на объекте ПЯВ «Кристалл» радиационный фон не-

сколько снизился, этому способствовал и естественный полураспад долгоживущих радионуклидов цезия и стронция, но уровень ещё достаточно высок.

На объекте «Кратон-3» реабилитационные работы, проведенные в 2007 г., дали некоторый положительный эффект, но никаких работ по утилизации сухостойного «мертвого» леса, являющегося объектом высокого экологического риска ввиду его высокой пожароопасности, лесной подстилки и грунтов на площади более 100 га не проводилось.

В настоящее время в меньшей степени, но происходит естественная (площадная) миграция радионуклидов в летний период с попаданием их в поверхностные водотоки с последующим депонированием в донных отложениях. Несмотря на произошедший полураспад долгоживущих радионуклидов, они все еще опасны для биоты.

В Алданском районе высокотоксичными признаны отвалы Эльконского урановорудного месторождения, которые являются источниками загрязнения биоты естественными радионуклидами, ураном, а так же тяжелыми металлами — таллием, молибденом, мышьяком, сурьмой.

В Олекминском и Момском районах значительно загрязнены территории ведения разведочных работ на урановых месторождениях, вследствие вымывания урана из геологических отвалов.

### 5. Рекомендуемые способы ведения реабилитационных работ на радиационно-загрязненных территориях

Учитывая исключительную важность первоочередной нормализации радиационной обстановки на объектах аварийного ПЯВ «Кратон-3», руководствуясь принципами вышеизложенной концепции, ИГДС были разработаны горнотехнические способы утилизации и захоронения ТРАО. Использовались результаты НИР и имеющийся опыт различных организаций в области возведения ледопородной закладки, намораживанию искусственного льда, строительству гидротехнических сооружений, разработке россыпных месторождений, проведению рекультивационных и рекреационных работ на территории криолитозоны.

Как уже говорилось, к источникам радиационного загрязнения на объектах аварийных ПЯВ относятся: погибший «мертвый» лес, грунт и донные отложения, существующий траншейный могильник ТРАО, не имеющий герметичного защитного саркофага.

В связи с этим реабилитационные работы, проводимые в зимний период, должны включать: утилизацию растительности («мертвого» леса и подстилки), почвенного слоя и грунта, донных отложений водотоков; возведение защитного саркофага над суще-

ствующим траншейным могильником; возведение поверхностного курганного могильника на дезактивированной территории; сооружение донных карьеров, фильтрующих дамб для очистки поверхностных вод, стекающих с загрязненной радионуклидами территории.

Взамен существующих способов утилизации органических ТРАО путем их сжигания был разработан способ, включающий спиливание сухостоя («мертвого» леса) в зимний период, уборку лесосечных отходов и подстилки с последующей переработкой их в технологическую щепу (рис. 1) [5]. Щепу складируются во временные отвалы, а затем укладываются в поверхностный курганный могильник (ПКМ) совместно со снятым загрязненным грунтом и донными отложениями по нижеописанной технологии [2, 6].

По мере спиливания леса производится механическое рыхление и снятие промороженного почвенного и грунтового слоев с использованием землеройной техники и технологий горного дела. Работы начинаются с наступлением устойчивых (среднесуточных) отрицательных температур и образованием замерзшего грунтового слоя на земной поверхности. Последующие слои (на всю мощность загрязнения) снимаются по мере их промерзания. Снятые грунты складировываются во временный отвал с последующим захоронением в ПКМ.

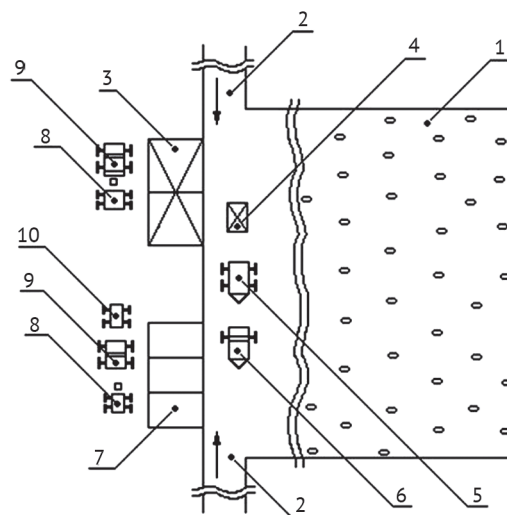


Рис. 1. Способ переработки радиационно загрязненной растительности на территориях криолитозоны:

1 — территория с радиационно загрязненным растительным покровом; 2 — подъездная дорога; 3 — штабеля спиленных деревьев; 4 — фрезернопильная установка; 5 — дефебрерная машина; 6 — дизель-электрическая установка; 7 — отвал технологической щепы; 8 — передвижная установка для раскряжевки леса; 9 — погрузчик; 10 — транспортное средство

Ввиду краткости летнего периода и отсутствия необходимой техники, взамен существующих способов изъятия и переработки донных отложений с использованием плавучих земснарядов, разработан более рациональный, на наш взгляд, способ их утилизации в условиях криолитозоны (рис. 2) [7].

Принимая во внимание, что у большинства ручьев и небольших рек северных регионов в зимнее время сток прекращается, сбор загрязненных донных отложений рекомендуется вести, как уже говорилось, в зимнее время с использованием аналогичной землеройной техники, применяемой для срезания грунта. После выявления границ загрязненных участков путем разведочного бурения, донные отложения также послойно срезаются по мере промерзания с использованием вышеописанной технологии со складированием во временные отвалы.

Для изъятия донных отложений частично замерзающих водотоков предлагается следующая технологическая схема. С наступлением отрицательных температур и образованием ледяного панциря достаточной толщины, в нем пробуриваются скважины и на льду устанавливается насосная установка, с помощью которой из-под льда выкачивается вода. После этого лёд разрезается бензопилами на блоки, зацепляется тросами и вытаскивается на берег. Обнажившийся донный грунт промерзает под действием атмосферного холода и по мере его замерзания, как и грунт, срезается послойно по вышеописанной технологии и складывается во временный отвал [2].

После завершения работ по переработке леса, снятию грунтов на большей части дезактивированной территории ПЯВ и донных отложений следует приступить к сооружению могильника (рис. 3) с использованием технологий горного дела и гидротехнического строительства [2, 7].

В соответствии с разработанной Концепцией, в качестве природного аналога по конструкции, структуре и форме ПКМ должен быть идентичен естественному природному образованию, характерному для ландшафтов криолитозоны, — бугру пучения (булгунням — якутское название, пинго — эскимосское). В качестве компаундирующего материала ТРАО и возведения защитного барьера рекомендуется использовать лёд (замерзшую воду).

Размещаться ПКМ должен в центре дезактивированной площади для сокращения транспортных плеч, за пределами русел водотоков. Размер площадки основания ПКМ определяется расчетным путем в зависимости от количества ТРАО, технических возможностей используемого оборудования, обеспечения требуемых углов откоса бортов. Количество возводимых ПКМ определяется исходя из этих условий.

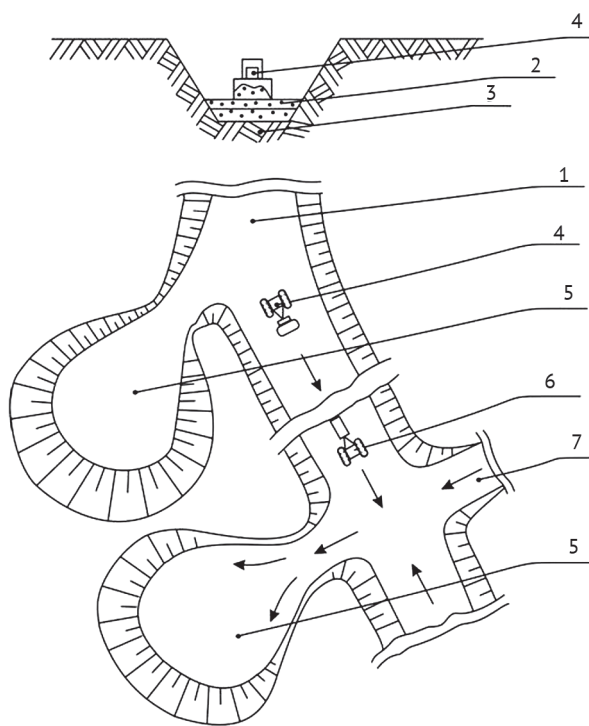


Рис. 2. Способ очистки русел малых рек криолитозоны от донных отложений, загрязненных радионуклидами:

1 — загрязненный участок реки; 2 — загрязненный слой донных отложений; 3 — плотик реки; 4 — бульдозер; 5 — временные отвалы донных отложений; 6 — рыхлитель; 7 — врезная траншея

Складированные во временные отвалы грунт, щепа и донные отложения транспортными средствами доставляются и укладываются вперемешку послойно на подготовленную площадку, разравниваются и уплотняются бульдозером, а затем обильно проливаются водой (из расчета  $\geq 300$  л на  $1 \text{ м}^3$  ТРАО)

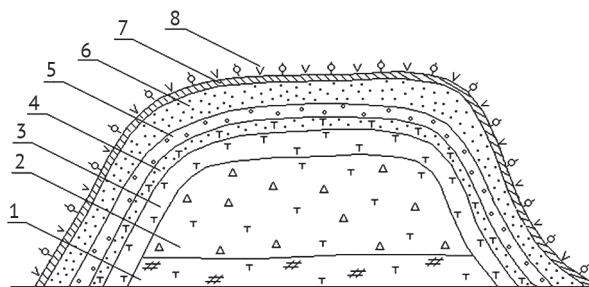


Рис. 3. Способ возведения поверхностного курганного могильника твердых радиоактивных отходов (ПКМ ТРАО) в зоне многолетней мерзлоты:

1 — гидроизоляционный экран; 2 — послойно замороженные твердые радиоактивные отходы; 3 — защитный барьер (слой намороженного льда толщиной 0,5 м); 4 — слой глины; 5 — слой торфа; 6 — слой теплоизоляции (опилки, технологическая щепа); 7 — грунтовый слой; 8 — почвенный слой, засеиваемый кустарником и многолетними травами

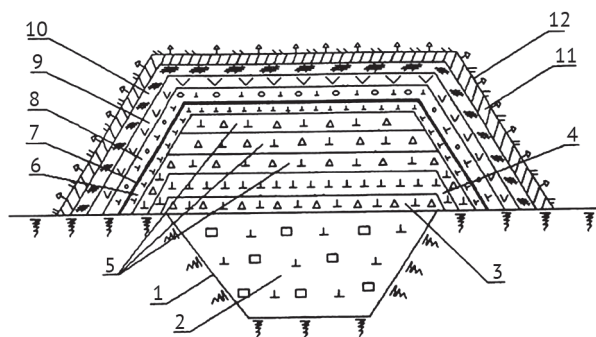


из поливочной машины обратным ходом и промораживаются естественным холодом с образованием ледопородного монолита. После промораживания 1-го слоя ТРАО поверх него укладываются последующие слои расчетной толщины с проливом водой и промораживанием каждого слоя.

После укладки последнего слоя ТРАО поверх него намораживается слой льда толщиной 0,5 м вышеописанным способом, выполняющий функции защитного барьера, предотвращающего миграцию радионуклидов (рис. 3). Затем укладываются слои глины, торфа, (опилки, технологическая щепка) расчетной толщины, предохраняющие могильник от проникновения вод и растепления в летний период атмосферным теплом. Поверх теплоизоляции затем укладывается слой грунта.

Вся поверхность ПКМ должна быть тщательно утрамбована, в летний период задернована, или засажена травой и кустарником для предотвращения эрозионного разрушения. В плане ПКМ должен представлять усеченный конус (при сравнительно небольших объемах ТРАО) или лежащую призму трапецеидального сечения, ориентированную длинной осью с севера на юг (при больших объемах ТРАО) [8].

Таким образом, в течение зимнего периода должен быть возведен ПКМ — искусственный булгуннях, сложенный из различных типов ТРАО, цементированных льдом, представляющий собой ледопородное сооружение, являющееся одновременно аккумулятором холода, заряжающимся ежегодно естественным атмосферным холодом в зимнее время, запасов которого должно хватить на теплый период года для поддержа-



**Рис. 4.** Способ возведения защитных саркофагов полууглубленных могильников твердых радиоактивных отходов в криолитозоне:

1 — существующий полууглубленный могильник; 2 — ранее уложенные в траншейный могильник ТРАО, цементированные льдом; 3 — существующая грунтовая насыпь над могильником, цементированная льдом (замерзшей водой); 4 — 1-й защитный ледяной барьер (панцирь); 5 — слой грунта, цементированный льдом; 6 — 2-й защитный ледяной барьер (панцирь); 7 — гидроизоляционный экран из полиэтиленовой пленки; 8 — защитный слой из цементированного льдом песка; 9 — теплоизоляционный слой из местных материалов; 10 — слой грунта; 11 — почвенный слой; 12 — кустарник, многолетние травы.

ния отрицательной температуры ТРАО, обеспечивая тем самым надежную локализацию радионуклидов.

ИГДС разработал методику расчёта как основных геометрических параметров ПКМ в зависимости от объемов ТРАО, так и оптимальной толщины единичного слоя в зависимости от хода температур наружного воздуха [8]. Проведенными исследованиями на разработанной математической модели подтверждено, что ПКМ будет сохранять устойчивость даже в условиях возможного потепления климата в криолитозоне, в частности, при повышении среднегодовой температуры на 3°C [9]. На этот случай предложены безэнергетические системы, позволяющие осуществлять подзарядку ПКМ атмосферным холодом в зимний период и стабилизировать отрицательный температурный режим в летнее время.

Кроме этого, разработаны мероприятия по защите ПКМ от неблагоприятных факторов, способы очистки поверхностных вод путём устройства донных карьеров и фильтрующих дамб, ведения рекреационных и рекультивационных работ, восстановления ландшафта. Разработан календарный график ведения реабилитационных работ на объектах аварийных ПЯВ [2].

По результатам проведенных оценочных расчётов, круглогодичное хранение ТРАО, содержащих высокоактивные радионуклиды, в ПКМ в не сконцентрированном, скомпаундированном льдом виде не должно сопровождаться выделением тепла и вызывать его растепление.

По нашему мнению, с появлением эффективных передвижных модульных установок и специализированных предприятий дальнейшая переработка уложенных в ПКМ ТРАО не должна вызывать каких-либо затруднений. Окончательное захоронение переработанных ТРАО должно осуществляться, как уже говорилось, в специализированных могильниках.

Для герметизации существующего траншейного полууглубленного могильника ТРАО на объекте «Кратон-3» и разведочных канав, заполненных ураносодержащими рудами, в ряде регионов РС(Я) разработан способ возведения защитных саркофагов (рис. 4) [10].

Работы должны вестись в зимнее время с использованием местных ресурсов и материалов. Технологическая схема возведения аналогична вышеописанной, разработанной для возведения ПКМ с выполнением всех операций [2]. Возведенный саркофаг должен представлять собой возвышенное ледопородное сооружение (искусственный булгуннях) со всеми степенями защиты от неблагоприятных факторов.

Зачастую в пределах горных отводов предприятий имеется большое количество бесхозных геологических отвалов и проб, кернов, шлихов и т.д., содержащих естественные радионуклиды, которые могут быть

отнесены к ТРАО и должны быть захоронены. Несмотря на небольшой объем, переработка таких отходов сопряжена со значительными трудностями, и их рекомендуется захоранивать на месте.

В соответствии с разработанной концепцией для захоронения малообъемных ТРАО предлагается использовать отработанные подземные горные выработки шахт и рудников, пригодные для повторного использования, которые остались с открытым выработанным пространством в период подземной отработки месторождений и имеют круглогодичный отрицательный температурный режим [11]. В этом случае высокая надежность их подземного захоронения обеспечивается: стабильным круглогодичным отрицательным температурным режимом ТРАО и горных выработок; надёжной изоляцией от негативного воздействия, природных и техногенных катастроф; высокой герметичностью подземного пространства; отсутствием притока подземных вод.

ИГДС в этих целях разработан бесконтейнерный подземный способ захоронения ТРАО (рис. 5) [12], который основан на использовании горных технологических возведения ледопородных целиков в подземных горных выработках мерзлотных горизонтов шахт и рудников Севера. Производится с использованием замерзшей воды (льда) в качестве компаундирующего материалы и естественного, атмосферного холода для промораживания укладываемых ТРАО.

Реализация способа производится следующим образом. Предварительно охлажденные в зимний период ТРАО доставляются в отработанные подземные горные выработки вперемешку с ледяным щебнем через предварительно пробуренные с поверхности скважины большого диаметра и укладываются послойно в сооруженную под землей передвижную опалубку, разравниваются и уплотняются с проливом водой и принудительным обдувом холодным воздухом каждого слоя (рис. 5). После промораживания первого слоя поверх него укладывается следующий и т.д. на полную высоту выработки. В результате получается столбобразное ледопородное сооружение — индивидуальный мини-могильник, выполняющий функции поддерживающего целика. Такими мини-могильниками может быть заполнено все выработанное пространство шахты или рудника с образованием подземного полигона. Проведенными исследованиями на математических моделях определены оптимальные технологические параметры ведения работ [11].

Высокая надежность такого полигона в условиях криолитозоны определяется: высокой устойчивостью горных выработок в условиях круглогодичного отрицательного температурного режима; высокой несущей способностью возведенных индивидуальных могильников (выполняющих функции

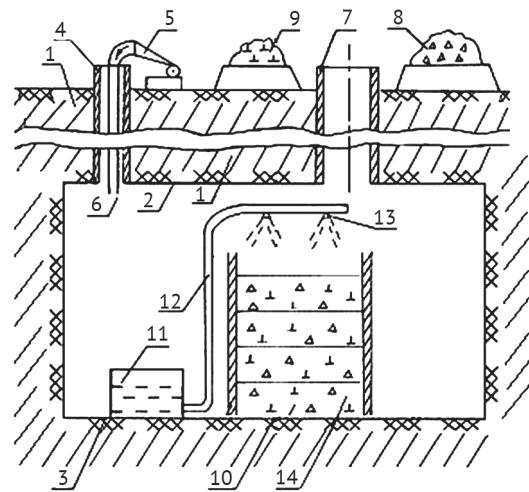


Рис. 5. Подземный бесконтейнерный способ захоронения твердых радиоактивных отходов (ТРАО) в отработанных подземных горных выработках рудников криолитозоны:

1 — налегающий над горной выработкой массив мерзлых горных пород; 2 — кровля отработанной подземной горной выработки; 3 — почва горной выработки; 4 — вентиляционная скважина; 5 — нагнетающий вентилятор; 6 — вентиляционный рукав; 7 — загрузочная скважина; 8 — временный отвал ТРАО; 9 — временный отвал колотого льда; 10 — опалубка; 11 — емкость с водой; 12 — напорный шланг; 13 — форсунки; 14 — ТРАО, сцементированные льдом.

поддерживающих целиков); низкой интенсивностью физико-химического выветривания; высокой температурной устойчивостью даже в условиях возможно глобального потепления климата в криолитозоне.

ТРАО, содержащие уран и радионуклиды, в не сконцентрированном, скомпаундированном льдом виде по проведенным оценкам не должны выделять тепло и вызывать растепление подземного могильника.

## 6. Заключение

Значительное количество неутилизованных твердых радиоактивных и высокотоксичных материалов различных типов, скопившихся в отдельных районах Якутии, и неудовлетворительное состояние хранилищ создают опасность для биоты. В связи с этим, ведение всех видов работ по их дезактивации и захоронению во временных (промежуточных) поверхностных или подземных хранилищах является одной из первоочередных задач обеспечения экологической безопасности населения загрязненных районов РС(Я), снижения социально-психологической напряженности.

Реализация вышеизложенных разработанных ИГДС способов захоронения твердых высокотоксичных отходов будет способствовать в значительной степени решению этих задач при сравнительно невысоких затратах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ярошинская А.А. Ядерная энциклопедия. — М., 1996.
2. Киселев В.В., Бурцев И.С. Ликвидация последствий аварийных ядерных взрывов в зоне многолетней мерзлоты. — Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1999. — 145 с.
3. Радиационная безопасность Республики Саха (Якутия): Материалы II республиканской научно-практической конференции. — Якутск: ЯФГУ «Изд-во СО РАН» 2004. — 472 с.
4. Радиационная безопасность Республики Саха (Якутия): Материалы III республиканской научно-практической конференции. — Якутск, 2012. — 544 с.
5. Патент на изобретение № 2407084 РФ. Способ переработки и захоронения радиационно-загрязненной растительности на территориях криолитозоны МПК G 21 F 9/24 / В.В. Киселев, Ю.А. Хохолов, М.В. Каймонов. Заявл. 15.06.2009; Опубл. 20.12.2010 Бюл. № 35.
6. Патент на изобретение № 2134459 РФ. Способ захоронения твердых радиоактивных отходов в зоне многолетней мерзлоты / В.В. Киселев, Ю.А. Хохолов. МКИ GG21 F 9/24; Заявл. 12.08.97; Опубл. 10.08.99. Бюл. № 22.
7. Патент на изобретение № 2331732 РФ. Способ очистки русел малых рек криолитозоны от донных отложений загрязненных радионуклидами / В.В. Киселев, Ю.А. Хохолов, М.В. Каймонов. МПК E 028 3/02. Заявл. 10.12.2007; Опубл. 20.08.2008. Бюл. № 2.
8. Киселев В.В., Хохолов Ю.А. Оптимизация геометрических размеров поверхностных могильников твердых

- радиоактивных отходов (ТРАО) возводимых в криолитозоне // Забайкалье на пути к устойчивому развитию: экология, ресурсы, управление. Материалы международной конференции; часть 1, Чита, 2001. — С. 68–70.
9. Киселев В.В., Хохолов Ю.А., Каймонов М.В. Математическое моделирование динамики температурного режима могильников твердых радиоактивных отходов возводимых в криолитозоне. // Материалы годичной сессии научного совета РАН по проблемам геологии и гидрогеологии. Выпуск 4. Москва, 2002. — С. 443–447.
  10. Патент на изобретение № 2357310 РФ. Способ возведения защитных саркофагов полууглубленных могильников твердых радиоактивных отходов в криолитозоне. МПК G 21 F 9/24/ В.В. Киселев, Ю.А. Хохолов, М.В. Каймонов. Заявл. 26.02.07; Опубл. 10.09.08 Бюл. № 15.
  11. Киселев В.В., Хохолов Ю.А., Каймонов М.В. Использование горных технологий и выработанного пространства рудников криолитозоны для захоронения твердых радиоактивных отходов (ТРАО) // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2006; 3: 129–134.
  12. Патент на изобретение № 2263985 РФ. Подземный бесконтейнерный способ захоронения твердых источников радиоактивного излучения в отработанных подземных горных выработках криолитозоны. МПК G 21 F 9/34, 9/24. / В.В. Киселев, Ю.А. Хохолов, М.В. Каймонов. Заявл. 11.08.03.; Опубл. 10.11.2005, Бюл. № 31.

## REFERENCES

1. Jaroshinskaja A.A. *Jadernaja jenciklopedija* [Nuclear Encyclopedia]. Moscow, 1996. 656 p. [in Russian]
2. Kiselev V.V., Burcev I.S. *Likvidacija posledstvij avarijnyh jadernyh vzryvov v zone mnogoletnej merzloty* [Liquidation of consequences of emergency nuclear explosions in the permafrost zone]. Yakutsk, Yakut Scientific Center SB RAS Publ., 1999. 145 p. [in Russian]
3. *Radiacionnaja bezopasnost' Respubliki Saha (Jakutija): Materialy II republikanskoj nauchno-prakticheskoj konferencii* [Radiation Safety of the Republic of Sakha (Yakutia): Proceedings of the II Republican Scientific and Practical Conference]. Yakutsk, Yakut federal government agency «SB RAS Publ.», 2004. 472 p. [in Russian]
4. *Radiacionnaja bezopasnost' Respubliki Saha (Jakutija): Materialy III republikanskoj nauchno-prakticheskoj konferencii* [Radiation Safety of the Republic of Sakha (Yakutia): Proceedings of the III Republican Scientific and Practical Conference]. Yakutsk, 2012. 544 p. [in Russian]
5. Kiselev V.V., Khokholov Y.A., Kaimonov M.V. Pat. 2407084 Russian Federation, IPC G21F 9/24. *Sposob pererabotki i zahoronenija radiacionno-zagraznenoj rastitel'nosti na territorijah kriolitozony* [Recycling and disposal of radiation contaminated vegetation in areas Cryolithozone]; ap-

- plicant and patentee Mining Institute of North Siberian Branch Russian Academy of Sciences. Appl. 15.06.2009, publ. 20.12.2010, Bull. № 35. [in Russian]
6. Kiselev V.V., Khokholov Y.A. Pat. 2134459 Russian Federation, MКИ GG 21 F/24. *Sposob zahoronenija tverdyh radioaktivnyh othodov v zone mnogoletnej merzloty* [Method of disposal of solid radioactive waste in the permafrost zone]; applicant and patentee Mining Institute of North Siberian Branch Russian Academy of Sciences. Appl. 12.08.97, publ. 10.08.99, Bull. № 22. [in Russian]
  7. Kiselev V.V., Khokholov Y.A., Kaimonov M.V. Pat. 2331732 Russian Federation, IPC E02V 3/02. *Sposob ochistki rusel malyh rek kriolitozony ot donnyh otlozhenij zazrjaznennyh radionuklidami* [The purification method of small river Cryolithozone from sediments contaminated with radionuclides]; applicant and patentee Mining Institute of North Siberian Branch Russian Academy of Sciences. Appl. 10.12.2007, publ. 20.08.2008, Bull. № 23. [in Russian]
  8. Kiselev V.V., Khokholov Y.A. *Optimizacija geometricheskikh razmerov poverhnostnyh mogil'nikov tverdyh radioaktivnyh othodov (TRAO) vozvodimyh v kriolitozone. Zabajkal'e na puti k ustojchivomu razvitiyu: jekologija, resursy, upravlenie. Materialy mezhdunarodnoj konferencii; chast' 1* [Optimiza-

- tion of geometrical dimensions of surface burial of solid radioactive waste constructed in permafrost. Baikal towards sustainable development: the environment, resources, management. Proceedings of International Conference, Part 1]. Chita, 2001, pp. 68–70. [in Russian]
9. Kiselev V.V., Khokholov Y.A., Kaimonov M.V. *Matematicheskoe modelirovanie dinamiki temperaturnogo rezhima mogil'nikov tverdyh radioaktivnyh othodov, vozvodimyh v kriolitozone // Sergeevskie chtenija. Vyp. 4 / Materialy godichnoj sessii Nauchnogo soveta RAN po problemam geojekologii, inzhenernoj geologii i gidrogeologii (Moskva, 21–22 marta 2002)* [Mathematical modeling of the dynamics of the temperature regime of solid radioactive waste burial grounds, erected in permafrost. Sergeevskie reading. Issue 4. Materials annual session of the Scientific Council on geoscience, engineering geology and hydrogeology (Moscow, 21–22 March 2002)]. Moscow, GEOS Publ., 2002, pp. 443–449. [in Russian]
  10. Kiselev V.V., Khokholov Y.A., Kaimonov M.V. Pat. 2357310 Russian Federation, IPC G 21 F 9/24. *Sposob vozvedeniya zashhitnyh sarkofagov poluuuglublennyh mogil'nikov tverdyh radioaktivnyh othodov v kriolitozone* [A method of erecting protective sarcophagus half embedded burial of solid radioactive waste in permafrost]; applicant and patentee Mining Institute of North Siberian Branch Russian Academy of Sciences. Appl. 26.02.07, publ. 10.09.08, Bull. № 15. [in Russian]
  11. Kiselev V.V., Khokholov Y.A., Kaimonov M.V. *Ispol'zovanie gornyh tehnologij i vyrabotannogo prostranstva rudnikov kriolitozony dlja zahoronenija tverdyh radioaktivnyh othodov (TRAO). Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'* [Use of mining technologies and developed space mines Cryolithozone for disposal of solid radioactive waste. Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal)]. Moscow, Gornaya Kniga Publishing House. 2006, no. 3, pp 129–134. (in Russian)
  12. Kiselev V.V., Khokholov Y.A., Kaimonov M.V. Pat. 2263985 Russian Federation, IPC G 21 F 9/34, 9/24. *Podzemnyj beskontejnnyj sposob zahoronenija tverdyh istochnikov radioaktivnogo izluchenija v otrabotannyh podzemnyh gornyh vyrabotkah kriolitozony* [Underground without container way to disposal of solid radioactive sources in the abandoned underground mines Cryolithozone]; applicant and patentee Mining Institute of North Siberian Branch Russian Academy of Sciences. Appl. 11.08.03, publ. 10.11.2005, Bull. № 31. [in Russian]

## Yakutia's Mining Science Contribution to the Republic's Ecological Security Problems Solution

**V.V. Kiselev**, Ph.D. of Engineering, Senior Researcher, Institute of Mining of the North of the Siberian Branch of the RAS, Yakutsk

**Yu.A. Khokholov**, Doctor of Engineering, Leading Researcher, Institute of Mining of the North of the Siberian Branch of the RAS, Yakutsk

**M.V. Kaymonov**, Ph.D. of Engineering, Senior Researcher, Institute of Mining of the North of the Siberian Branch of the RAS, Yakutsk

*Created by unutilized waste a potential radiation hazard for a biota has been noted in this paper. The radiation and ecological situation in Yakutia's certain regions have been considered. Developed by institute a concept and solid highly toxic waste disposal processes have been submitted.*

**Keywords:** ecological and radiation security, highly toxic waste, waste disposal processes, underground and superficial repositories.

### В Чебоксарах создается межмуниципальная система переработки и захоронения твердых бытовых отходов (ТБО)

Во второй половине 2015 года в Чебоксарах и Новочебоксарске будут построены два мусороперерабатывающих завода и один полигон ТБО.

Согласно концессионному соглашению между Минприроды Чувашии и ЗАО «Управление отходами» (Москва) в регионе будет создана межмуниципальная система переработки и захоронения ТБО.

На реализацию программы планируется привлечь более 1 млрд частных инвестиций. Планируется построить станцию складирования мусора мощностью 100 тыс. тонн в год, мусоросортировочный комплекс, оснащенный современной линией сортировки и брикетирования

(прессования) отходов на 150 тыс. тонн в год, а также мусороперегрузочную станцию, оснащенную мусоросортирующим оборудованием мощностью 150 тыс. тонн в год.

Общая площадь возводимого полигона ТБО составит около 32 га, производительная мощность — 200 тыс. тонн ТБО в год, максимально заявленный ресурс полигона ТБО — 8 млн тонн при минимальном сроке эксплуатации 40 лет. Строительство мусороперерабатывающих объектов на полигонах ТБО позволит производить дешевое вторичное сырье для промышленности — бумагу, пластик, стекло и цветные металлы.

*Источник: [www.GreenEvolution.ru](http://www.GreenEvolution.ru)*