АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К КОНСЕРВАЦИИ И ЛИКВИДАЦИИ СКВАЖИН НА УЧАСТКЕ НЕДР «ЕНИСЕЙСКИЙ» (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ, НИЖНЕКАНСКИЙ МАССИВ)

В. С. Гупало¹, К. С. Казаков¹, В. Ю. Коновалов², Г. Д. Неуважаев¹, Д. А. Озерский¹

¹Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. Москва

²ФГУП Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами, Москва

Статья поступила в редакцию 25 ноября 2020 г.

Массив горных пород – естественный барьер, препятствующий выходу радионуклидов в окружающую среду, входящий в состав мультибарьерной системы обеспечения безопасности пунктов глубинного захоронения радиоактивных отходов (ПГЗРО). Значимость характеристик геологической среды в решении вопросов долговременной безопасности при захоронении РАО зафиксирована в ряде нормативных документов [1] и рекомендаций [2, 3]. Особенность сегодняшней стадии реализации проекта создания ПИЛ заключается в возможности, до создания комплекса подземных горных выработок, выполнять исследования геологической среды на целевых горизонтах захоронения РАО только с применением скважинных методов. Длительный период эксплуатации скважин и их изначальные конструктивные особенности позволили сформировать вывод, что к сегодняшнему моменту часть из них требует реконструкции для проведения в них исследований и использования в качестве мониторинговых. Кроме того, в соответствии с требованиями законодательства все скважины, после выполнения работ в них, должны быть ликвидированы. В статье рассмотрены вопросы реконструкции и ликвидации скважин, пройденных на участке «Енисейский». Обоснованы предложения по конструкциям скважин, обеспечивающим возможность развития работ по изучению состояния пород в естественных условиях и проведения мониторинга. Проведена оценка и сравнительный анализ тампонажных материалов для применения при ликвидационных работах на скважинах.

Ключевые слова: радиоактивные отходы, консервация скважин, характеристика массива, технологии и материалы тампонажа, конструкция скважин, подземная исследовательская лаборатория.

На сегодняшней стадии реализации проекта создания ПИЛ в Нижнеканском массиве [4], до создания комплекса подземных горных выработок, исследования геологической среды на целевых горизонтах захоронения РАО возможно выполнить с применением скважинных методов. В связи с этим особую ценность представляют имеющиеся скважины на участке «Енисейский», пройденные в период поисковой и оценочной стадии геологоразведочных работ.

В ходе геологического изучения участка в период предшествующих стадий пройдено 24 скважины глубиной от 100,0 до 700,3 м. Суммарный объем буровых работ, выполненных в периоды 2003–2010 гг. и 2010–2014 гг., составляет 11611 м.

Требованиями нормативных документов в сфере недропользования, а также условиями пользования недрами участка «Енисейский» предусмотрено проведение работ по

ликвидации и консервации скважин, пройденных в ходе предшествующих периодов геологического изучения [5]. Мероприятия по ликвидации скважин предусматривают их перевод в состояние, обеспечивающее сохранность недр и охрану окружающей среды. При консервации предусматривается, что скважины могут быть пригодны для дальнейшего использования, в частности — проведения дополнительных исследований и долговременных гидрогеологических наблюдений.

В связи необходимостью продолжения работ по детализации гидрогеологических и гидрогеохимических условий, в т. ч. на целевом интервале глубин, а также организации системы долговременных наблюдений для части существующих скважин на участке «Енисейский» (рис. 1) целесообразна реализация мероприятий по их консервации. По результатам ревизии состояния скважин и проведения контрольных замеров их глубин, выполненных с использованием уровнемеров скважинных типа УСК-ТЛ-750 в период 2017—2018 гг, было определено, что в потенциально пригодных скважинах проведение исследований затруднено. Глубины скважин не соответствуют первичным данным при проходке. Это определило необходимость выполнения при их консервации комплекса ремонтно-восстановительных работ — реконструкции.

Анализ требований нормативной документации [6, 7] а также традиционных подходов к выполнению работ по реконструкции скважин показал, что они не учитывают специфику создаваемого на участке «Енисейский» объекта, и ориентированы на принципиально отличающиеся геолого-гидрогеологические особенности породных массивов. Очевидно, что это будет негативно отражаться как на процессе организации дальнейших исследований, так и получаемых результатах. Также это создает дополнительные потенциальные риски нарушения изолирующих свойств геологической среды.

Так, применение типовых решений по реконструкции скважин, предусматривающих установку металлической обсадной колонны и фильтра в интервале от устья скважины до ее забоя с последующей цементацией надфильтровой колонны (рис. 2), значительно усложнит дальнейшее проведение работ по их ликвидации. А само наличие обсадной колонны на исследуемых участках массива делает невозможным последующее проведение в скважинах комплексных исследований с применением современных методов и оборудования.

Кроме того, сложность геологического разреза и гидрогеологические специфики массива не

позволяют одновременно выделить интервалы наиболее проницаемых пород для организации долговременных наблюдений. Применение обсадных колонн и фильтров, нацеленных на раздельное опробование водоносных горизонтов целевого и вышележащих интервалов, будет приводить к перетоку воды из нарушенных зон по затрубью (рис. 3). Воды с различных горизонтов будут перемешиваться, что приведет к усреднению проб и исключит возможность определения принадлежности воды к конкретному интервалу.

В связи с этим возникла необходимость пересмотра типовых технических решений по реконструкции скважин для их дальнейшего применения. Для этого были проанализированы особенности гидрогеологических условий массива и проведено обследование фактического состояния скважин.

Результаты поисковой и оценочной стадий геологоразведочных работ на участке «Енисейский» свидетельствуют о сложных гидрогеологических условиях в пределах всего вскрытого разреза (рис. 4). Массив недр характеризуется весьма низкой проницаемостью в пределах целевого горизонта и смежных с ним частях разреза, блоковой структурой водопроводящих трещинных зон с отсутствием или затрудненным водообменом между ними. Вследствие этого напоры подземных вод в различных участках массива могут отличаться на значительные величины, превышающие 50 м, что, в свою очередь, может приводить к перетокам воды между блоками по сложным системам трещин, и эти возможные пути фильтрации представляют повышенный интерес с точки зрения обеспечения долговременной безопасности ПГЗРО. Поэтому для детализации гидрогеологических свойств массива в ходе планирующихся исследовательских работ необходим значительный объем поинтервальных исследований с дискретностью 1—5 м, что может быть выполнено только в скважинах с открытыми стволами.

Для подготовки скважин к выполнению таких работ представляется целесообразным выполнить разбуривание стволов скважин под больший диаметр с целью ликвидации кольматации стенок скважин и трещин, являющегося следствием применения добавок в буровые растворы при разведочном бурении, а также длительного простоя скважин. При разбуривании/расширении стволов скважин необходимо отказаться от буровых растворов [8, 10], способствующих дополнительному кольматации околоствольных зон, а промывку ствола необходимо производить только чистой водой.

Рис. 1. Расположение скважин и первоочередные планы по ликвидации и консервации:
 1 – Границы участка недр, установленные лицензией на пользование недрами КРР 16117 ЗД
 2 – проектный контур ПИЛ и ПГЗРО на горизонтах +5 и –70 м
 3 – скважины, подлежащие ликвидации (АО «Элерон»)
 4 – скважины, ликвидируемые в процессе проходки шахтных стволов (ГДВ-301743-ТД)
 5 – скважины, планируемые к консервации (в соответствии с ПСД ГДВ-301743-ТД)
 6 – скважины, консервацию которых осуществляет АО «Красноярскгеология» в 2020 г.
 7 – скважины, ликвидированные ранее

Рис. 2. Схематичное описание типового проектного решения, применяемого при реконструкции скважин

Рис. 3. Схема возможных путей поступления подземных вод в зону фильтра

Выполненные в период 2019–2020 гг. видеокоротажные обследования скважин показали, что непроходимость стволов вызвана обрушениями в зонах сильно трещиноватых пород на интервалах, преимущественно от устья до глубин 250 м, а в некоторых случаях являлась результатом попадания в ствол скважин пестро-песчаных предметов. На интервалах 250–700 м, по результатам обследований скважин, не выявлены значимые вывалы и изменения геометрии

стволов. Работы по чистке стволов скважин показали, что пробки из породы в стволах легко проходимы буровым инструментом. При этом в интервале экзогенной трещиноватости массива нельзя исключить возможные повторные вывалы породы из необсаженных стенок скважин. Для исключения подобных ситуаций целесообразно перекрытие вывалоопасных участков стволов обсадной колонной соответствующего диаметра. Таким образом, рекомендуемое конструктивное решение скважин предусматривает отказ от их оборудования металлической колонной на всю глубину, применение обсадной трубы только для участков пород, склонных к обрушению (рис. 5) и требующих перекрытия, — от устья скважин до отметок 200–250 м. На глубинах, ниже указанных, принято решение оставить ствол открытым, что будет иметь практическую значимость для подготовки и проведения дальнейших исследований

На рис. 5 представлена рекомендуемая конструкция скважин, которая позволит повысить качество и информативность последующих исследовательских работ, снизить общие затраты на реализацию полного комплекса исследований, реализовать технологию поинтервального мониторинга массива с применением современных методов изучения геологической среды участка «Енисейский», в т. ч. с применением пакерных систем (рис. 6).

Также отдельного внимания заслуживает вопрос разработки технических решений по ликвидации созданных и планируемых к проходке скважин на участке «Енисейский». Помимо уже рассмотренных скважин, пройденных на поисковой и оценочной стадиях работ, в рамках очередного этапа геологического изучения (разведочная стадия) запланирована проходка дополнительного объема скважин. Проектом геологоразведочных работ данной стадии предусматривается проходка скважин как с поверхности (рис. 7), так и из подземных горных выработок в период создания подземного комплекса сооружений ПИЛ [10].

По предварительной оценке, меньшую угрозу безопасности потенциального размещения РАО в недрах представляют картировочные и параметрические скважины. Картировочные скважины не вскрывают целевой горизонт захоронения и имеют максимальную глубину до 150 м.

Разведочные скважины глубиной до 700 м, пройденные с поверхности, несмотря на их расположение за границами зоны непосредственного захоронения РАО, требуют большего внимания при выполнении ликвидационных

Рис. 4. Особенности гидрогеологических условий по результатам выполненных исследований на участке «Енисейский»

Рис. 5. Схема цементации для скважин на участке «Енисейский»

работ в силу возможности создания их стволами гидравлической связи целевого горизонта и областей активного водообмена. Наиболее острым же с точки зрения обеспечения долговременной безопасности захоронения РАО является вопрос ликвидации глубоких разведочных скважин, пройденных из горных выработок. Разработка технологии ликвидации скважин в силу специфики создаваемого в Нижнеканском массиве объекта требует особого подхода, как с точки зрения применяемых материалов, так и самих технологических решений. Помимо выполнения требований нормативных документов, устанавливающих порядок и технические решения по ликвидации [9], основной целью данных мероприятий должно являться восстановление естественного потока подземных вод в районе расположения скважин. Достаточными с точки зрения учета всевозможных факторов, способствующих миграции радионуклидов за пределы будущего захоронения, могут быть приняты требования POSIVA, предъявляемые к ликвидирующимся скважинам:

Рис. 6. Вариант обустройства в открытом участке ствола скважины двухпакерной системы для проведения поинтервального мониторинга

Рис. 7. Примеры конструкций скважин, планируемых к проходке с поверхности на участке «Енисейский»

- сохранение изолирующих свойств материалов на протяжении периода потенциальной опасности отходов;
- вдоль ствола скважины между горизонтами не должны формироваться потоки фильтрации;
- несанкционированное проникновение в ствол скважины должно быть исключено;
- эффективность технологий и материалов не должна быть подвержена сезонным, климатическим и прочим переменным факторам природного происхождения в краткосрочном и сверхдолгосрочном периоде;

- проницаемость материалов должна быть достаточно низкой для восстановления естественных путей фильтрации подземных вод.

В работе [11] сформулированы требования к подбору и функциональным свойствам тампонажных материалов, применяемых для ликвидации скважин:

- технологичность — автоматизация процесса тампонирующего материала, поданным в нужной форме с определенными прочностными характеристиками (после отвердевания) и способным обеспечить структурное единство материала заполнения с вмещающими породами;
- адаптивность материалов — материал не должен разрушать стенки ствола и обладать достаточной пластичностью;
- гидравлическая проницаемость — должна быть как можно меньше и как минимум не более, чем проницаемость окружающей породы;
- долговременная стабильность — материал не должен менять свой химический состав с течением времени и не должен реагировать с окружающей породой, должен быть механически устойчивым к повреждениям, вызванным природными факторами, например потоком грунтовых вод, термически стабильным в ожидаемом диапазоне температур внешней среды;
- разбухание — свойства материала должны обеспечивать максимальное заполнение пустот между тампонирующим материалом и стенками ствола скважин, чтобы предотвратить образование участков с проницаемостью большей, чем его средняя проницаемость.

В табл. 1 представлен сравнительный анализ тампонирующих материалов, потенциально пригодных для применения в ходе ликвидационных работ на скважинах.

Сравнение свойств материалов, перечисленных в табл. 1 и полученных в результате исследований на зарубежных объектах-аналогах [12], позволяет сделать вывод о том, что бентонит и материалы на его основе, в силу уникальных свойств бентонитовых глин, являются наиболее предпочтительными материалами для ликвидационных работ. В то же время из-за недостаточных прочностных свойств бентонита возникает необходимость в многослойном тампонировании, подразумевающим различные комбинации слоев бентонита и более прочных материалов (рис. 8). Для оптимального подбора материалов многослойного тампонирования ствол скважины должен быть разделен на зоны нарушенных пород (основные зоны), подлежащие заполнению бентонитовым материалом, и условно монолитные зоны с ненарушенными породами, которые будут заполнены материалами, способными обеспечить только механическую прочность тампонажных слоев (например, бетон) и препятствовать проседанию заполнителя основных зон скважины. Выбор интервалов зон возможно осуществить по итогам анализа первичной геологической документации, а также по результатам видеокаротажа скважин.

Вне зависимости от качества и комбинации материалов (табл. 1), подготовка и сам процесс тампонирования скважины не должны

Таблица 1. Сравнение свойств тампонирующих материалов

Материал	Преимущества	Недостатки
Барит $BaSO_4$	Химически инертен. Со временем увеличивается плотность и уменьшается проницаемость	Может быть использован только в вертикальных или близких к вертикали скважинах. Минимальная достижимая проницаемость в диапазоне 10^{-10} – 10^{-9} м/с
Бентонит	Достижимая проницаемость в диапазоне 10^{-13} – 10^{-11} м/с. Многообразие доступных химических и физических форм. Долговременная стабильность в соответствующей среде. Высокая пластичность	Малая прочность. Относительно высокая стоимость. Возможна эрозия. Долговременная стабильность зависит от химических условий.
Смесь 10% бентонита с 90% песка	Высокая механическая прочность. Малая стоимость	Малая прочность. Минимальная достижимая проницаемость 10^{-9} м/с. Возможно разделение компонентов при заполнении скважины
Смесь 80% бентонита с 20% песка	Достижимая проницаемость в диапазоне 10^{-11} – 10^{-10} м/с. Малая стоимость	Малая прочность (отсутствует связь зерен песка между собой). Размещение на большой глубине затруднено в связи с разделением компонентов
Цемент	Доступность. Малая стоимость. Высокая первоначальная прочность	Трудности при заполнении горизонтальных скважин. Низкая долгосрочная стабильность. Усадка и растрескивание. Малая пластичность

Рис. 8. Схематическое отображение концепции многослойного тампонирующего материала

приводить к избыточным нарушениям стенок ее ствола. В качестве основы для подготовки технических решений по восстановлению сечения ствола скважин и установки тампонирующего материала могут использоваться технологии, применяемые в нефтегазовой промышленности. Потенциально пригодными являются четыре технологических решения [11,12], схематично изображенные на рис. 9.

1. Перфорированная трубка. Скважина заполняется уплотненными бентонитовыми блоками из набухающего материала, заключенными в перфорированные металлические трубки, которые остаются в стволе скважины после ликвидации, обеспечивая необходимую механическую прочность конструкции. Для проектов ликвидации скважин, реализуемых SKB и POSIVA, в силу своих химических свойств и пластичности была выбрана медная труба, но допускается

Рис. 9. Перспективные технологии ликвидации скважины. Слева направо: перфорированная трубка, контейнерный метод, пеллеты, наборные блоки

использование для этих целей и других материалов, определяемых по результатам натурных исследований.

2. Контейнер. В целях недопущения эрозии бентонита при контакте с водой в стволе скважины в процессе его доставки на целевой интервал, подготовленный блок опускается в ствол скважины внутри контейнера. Выдавливаемые поршнем из контейнера блоки быстро набухают и плотно заполняют участок ствола. В зависимости от формы и изгибов ствола блоки и контейнер могут иметь различные размеры.

3. Пеллеты. Участки ствола скважины, не контактирующие с зонами повышенной трещиноватости, заполняются пеллетами из бентонита. Эксперименты по применению данного метода проводились NAGRA (Швейцария). Применение данной технологии представляется целесообразным при ликвидации неглубоких скважин (до нескольких десятков метров), например картитровочных. Данный метод не обеспечивает плотности тампонажа, необходимой для достижения заданных значений проницаемости массива.

4. Наборные блоки. В скважину опускаются цилиндрические блоки из уплотненного набухающего материала, нанизанные на медный стержень, который остается в стволе скважины. Метод позволяет добиться высокой плотности заполнения участка скважины, но введение блоков в скважину, заполненную водой, может приводить к их быстрому размыванию.

Сравнительный анализ методов тампонирующего скважин представлен в табл. 2.

По предварительным оценкам, для ликвидации скважин на участке «Енисейский» наиболее перспективным вариантом представляется применение методов перфорированной трубки и контейнерного. Метод перфорированной трубки относительно прост как в плане изготовления тампонажной кассеты, так и ее

Таблица 2. Сравнительный анализ технологий установки тампонажных материалов

Метод	Преимущества	Недостатки	Протяженность скважин
Перфорированная трубка	Опробован на практике, высокая плотность	Значительная металлоемкость, необходимость предварительного осушения скважины	До 1000 м
Контейнер	Высокая плотность, не подвержен эрозии	Отсутствие опыта практического применения, малая производительность	Без ограничений
Пеллеты	Отработан в нефтегазовой промышленности	Эрозия, малая плотность, неоднородность	До 50 м
Наборные блоки	Высокая плотность	Риск эрозии на больших глубинах, необходимость предварительного осушения скважины	До 100 м

доставки в ствол скважины на буровых трубах, либо каротажной лебедкой. В то же время существенным недостатком этого метода является его значительная металлоемкость. Применение контейнерного метода существенно усложняется необходимостью дополнительной разработки набора доставочных контейнеров. Выбор наиболее подходящего способа с точки зрения изоляционных свойств материала, метода его доставки и используемых средств необходимо осуществить по результатам выполнения комплекса лабораторных и натурных исследований. Для сравнения существующих вариантов и выработки технологий ликвидации скважин на участке «Енисейский» «Комплексной программой исследований...» предусмотрено проведение соответствующих НИР и НИОКР, в первую очередь ориентированных на подбор тампонирующего материала на основе бентонита. Работы по подготовке технологии ликвидации скважин включены в состав приоритетных направлений исследований в ПИЛ, в ходе которых будет произведена проверка эффективности решений на различных стадиях: от лабораторных исследований до полномасштабных, на опытных стендах, расположенных в горных выработках ПИЛ.

Заключение

Необходимость продолжения работ по детализации гидрогеологических и гидрогеохимических условий участка «Енисейский», в т. ч. на целевом интервале глубин, определяет целесообразность задействования уже созданных скважин в выполнении таких работ.

Анализ традиционных подходов к оборудованию скважин для выполнения гидрогеологических работ показал, что они не в полной мере учитывают специфику создаваемого на участке «Енисейский» объекта и ориентированы на принципиально отличающиеся геолого-гидрогеологические особенности породных массивов.

Это будет негативно отражаться как на получаемых результатах исследований, так и создавать дополнительные риски на последующих этапах жизненного цикла ПГЗРО.

Сформулированы предложения по приоритетным конструкциям скважин, позволяющим выполнять исследования по основным направлениям работ, а также осуществлять комплекс долговременных наблюдений. К ним относится отказ от оборудования скважин металлической колонной на всю глубину, применение обсадной трубы только для участков пород, склонных к обрушению и требующих перекрытия, — до отметок 200—250 м. На глубинах, ниже указанных, рекомендовано оставить ствол открытым, что будет иметь практическую значимость для подготовки и проведения дальнейших исследований.

Проведенный анализ требований к выполнению работ по ликвидации скважин применительно к задачам ПГЗРО позволил отобрать потенциально пригодные для условий Нижнеканского массива технологии ликвидационного тампонажа. Окончательный выбор способа, как с точки зрения изоляционных свойств материала, так метода его доставки и используемых технических средств, запланировано осуществить по результатам выполнения комплекса лабораторных и натурных исследований, предусмотренных «Комплексной программой исследований в обоснование долговременной безопасности захоронения РАО и оптимизации эксплуатационных параметров».

Литература

1. НП-055-14. Захоронение радиоактивных отходов. Принципы, критерии и основные требования безопасности. Москва, Ростехнадзор, 2014, 29 с.
2. The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. SSG-23, IAEA, Vienna (2012).

3. IAEA (International Atomic Energy Agency) 2001. The use of scientific and technical results from underground research laboratory investigations for the geological disposal of radioactive waste, IAEA-TECDOC-1243, International Atomic Energy Agency, Vienna, September 2001.
4. Стратегия создания пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов // Радиоактивные отходы. 2018. № 2 (3). С. 114–120.
5. Закон Российской Федерации «О недрах» от 21.02.1992 № 2395-1.
6. Правила ликвидационного тампонажа буровых скважин различного назначения, засыпки горных выработок и заброшенных колодцев для предотвращения загрязнения и истощения подземных вод. Утв. 14/IX 1967 г. М-во геологии СССР. Всесоюз. науч.-исслед. ин-т гидрогеологии и инж. геологии «ВСЕГИНГЕО».
7. РД 07-291-99. Инструкция о порядке ведения работ по ликвидации и консервации опасных производственных объектов, связанных с пользованием недрами.
8. ГОСТ 25795-83 Сырье глинистое в производстве глинопорошков для буровых растворов. Технические условия.
9. ГОСТ Р 56946-2016 (ИСО 13500:2008) Нефтяная и газовая промышленность. Материалы буровых растворов. Технические условия и испытания.
10. Гупало В. С., Казаков К. С., Коновалов В. Ю., Демин А. В. О синхронизации мероприятий программы исследований массива с проходческими работами при создании подземной исследовательской лаборатории в Нижнеканском массиве // Горный журнал. 2020. № 3. С. 83–88.
11. Karvonen T. H. Closure of Investigation Boreholes. Posiva OY. Olkiluoto. 2014.
12. Blümling P., Adams J. Grimsel Test Site Investigation Phase IV: Borehole sealing, NTB 07-01. Nagra, Wettingen, 2008.
13. Luterkort D., Gylling B., Johansson R., Johansson R. Closure of the Spent Fuel Repository in Forsmark. Studies of alternative concepts for sealing of ramp, shafts and investigation boreholes, SKB, Stockholm, 2012.

Информация об авторах

Гупало Владимир Сергеевич, доктор технических наук, заведующий лабораторией, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (115191, Москва, Большая Тульская ул., д. 52), e-mail: gupalo@ibrae.ac.ru.

Казаков Константин Сергеевич, заместитель заведующего лабораторией, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (115191, Москва, Большая Тульская ул., д. 52), e-mail: kks@ibrae.ac.ru.

Коновалов Владимир Юрьевич, директор департамента лицензирования, ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами» (119017, Москва, ул. Пятницкая, 49А, стр. 2), e-mail: VYKonovalov@nora.o.ru.

Неуважаев Георгий Дмитриевич, младший научный сотрудник, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (115191, Москва, Большая Тульская ул., д. 52), e-mail: neuvazhaev@ibrae.ac.

Озерский Дмитрий Андреевич, научный сотрудник, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (115191, Москва, Большая Тульская ул., д. 52), e-mail: oda@ibrae.ac.ru.

Библиографическое описание статьи

Гупало В. С., Казаков К. С., Коновалов В. Ю., Неуважаев Г. Д., Озерский Д. А. Анализ подходов к консервации и ликвидации скважин на участке недр «Енисейский» (Красноярский край, Нижнеканский массив) // Радиоактивные отходы. 2020. № 4 (13). С. 30–41. DOI: 10.25283/2587-9707-2020-4-30-41.

EVALUATION OF APPROACHES FOR WELL ABANDONMENT AND TEMPORARY SHUTDOWN AT THE "YENISEISKIY" SITE (KRASNOYARSK TERRITORY, NIZHNEKANSKIY MASSIF)

Gupalo V. S.¹, Kazakov K. S.¹, Konovalov V. Yu.², Neuvazhaev G. D.¹, Ozerskiy D. A.¹

¹Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

²The Federal State Unitary Enterprise «National Operator for Radioactive Waste Management», Moscow, Russia

Article received on November 25, 2020

Rock mass is considered as a natural barrier impeding the release of radioactive waste into the environment, being part of a multi-barrier system designed to ensure the safety of deep disposal facilities for radioactive waste (DDF RW). A number of regulatory documents [1] and recommendations [2, 3] states the importance of the geological medium, namely, its characteristics for the long-term safety of RW disposal. Current stage of URL development project is specifically focused on providing the opportunities for geological research covering target RW disposal horizons solely via borehole methods before the entire complex of underground excavations is formed. Due to long-term operation of wells and their initial design features, the state of some of these wells has appeared to be unsatisfactory requiring reconstruction. In addition, in accordance with certain legislative requirements, all wells shall be abandoned after relevant operations have been completed. The article discusses the reconstruction and abandonment of wells drilled at the Yeniseiskiy site. It demonstrates the feasibility of proposed designs providing the opportunities for further expansion of studies to investigate the state of rocks under natural conditions and to arrange for monitoring. The paper provides an evaluation and comparative analysis of plugging materials proposed to be applied under well abandonment operations.

Keywords: radioactive waste, temporary shutdown of wells, rock mass characterization, well plugging methods and materials, well designs, underground research facility.

References

1. NP-055-14. *Zakhoroneniye radioaktivnykh otkhodov. Printsipy, kriterii i osnovnyye trebovaniya bezopasnosti* [Radioactive Waste Disposal. Principles, Criteria and Basic Safety Requirements]. Moscow, Rostekhnadzor Publ., 2014. 29 p.
2. The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. SSG-23, IAEA, Vienna (2012).
3. IAEA (International Atomic Energy Agency) 2001. The use of scientific and technical results from underground research laboratory investigations for the geological disposal of radioactive waste, IAEA-TECDOC-1243, International Atomic Energy Agency, Vienna, September 2001.
4. Strategiya sozdaniya punkta glubinnogo zakhoroneniya radioaktivnykh otkhodov [Radioactive Waste Disposal Facility Development Strategy]. *Radioaktivnye otkhody — Radioactive Waste*, 2018, no. 2 (3), pp. 114–120.
5. Zakon Rossiyskoy Federatsii "O nedrakh" [Law of the Russian Federation "On the Subsoil"] of February 21, 1992 N 2395-1, Art. 26
6. Pravila likvidatsionnogo tamponazha burovnykh skvazhin razlichnogo naznacheniya, zasypki gornykh vyrabotok i zabroshennykh kolodtsev dlya predotvrashcheniya zagryazneniya i istoshcheniya podzemnykh vod [Well Abandonment: Rules for Plugging the Boreholes Designed for Various Purposes, Backfilling Excavations and Abandoned Wells to Prevent the Contamination and Depletion of Groundwater]. Approved on September 14, 1967. Moscow, VSEGINGEO Publ.
7. RD 07-291-99. Instructions on the Abandonment and Temporary Shutdown of Hazardous Production Facilities Associated with the Subsoil Use.
8. GOST 25795 – 83 Syr'e glinistoe v proizvodstve glinoporoshkov dlya burovnykh rastvorov. Tekhnicheskie usloviya. [Clay raw materials in the production of clay powders for drilling fluids. Technical conditions].
9. GOST R 56946-2016 Neftyanaya i gazovaya promyshlennost'. Materialy burovnykh rastvorov. Tekhnicheskie usloviya i ispytaniya. [Oil and gas industry. Materials of drilling fluids. Technical conditions and tests].
10. Gupalo V. S., Kazakov K. S., Konovalov V. Yu., Demin A. V. O sinhronizatsii meropriyatij programmy issledovaniy massiva s prohodcheskimi rabotami pri sozdanii podzemnoj issledovatel'skoj laboratorii v Nizhnekanskom massive [On the synchronization of the activities of the rock mass research program with tunneling works when creating an underground research laboratory in the Nizhnekansky massif]. *Gorny Zhurnal — Mining Log*, 2020, no. 3, pp. 83–88.

11. Karvonen T. H. Closure of Investigation Boreholes. Posiva OY, Olkiluoto, 2014.
12. Blümling P., Adams, J. Grimsel Test Site Investigation Phase IV: Borehole sealing. NTB 07-01. Nagra, Wettingen, 2008.
13. Luterkort D., Gylling B., Johansson R., Johansson R. Closure of the Spent Fuel Repository in Forsmark. Studies of alternative concepts for sealing of ramp, shafts and investigation boreholes, SKB, Stockholm, 2012.

Information about the authors

Gupalo Vladimir Sergeevich, Doctor of technical sciences, Head of Laboratory, Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (52, Bolshaya Tulkaya st., Moscow, 115191, Russia), e-mail: kks@ibrae.ac.ru.

Kazakov Konstantin Sergeevich, Deputy chief of Laboratory, Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (52, Bolshaya Tulkaya st., Moscow, 115191, Russia), e-mail: kks@ibrae.ac.ru.

Konovalov Vladimir Yuryevich, Head of licensing Department, National Operator for Radioactive Waste management, Federal State Unitary Enterprise (49A, Bld.2, Pyatnitskaya St., Moscow, 119017, Russia), e-mail: VYKonovalov@nora.ru.

Neuvazhaev Georgiy Dmitrievich, Junior research associate, Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (52, Bolshaya Tulkaya st., Moscow, 115191, Russia), e-mail: neyvazhaev@ibrae.ac.ru.

Ozerskiy Dmitriy Andreevich, PhD, Research associate, Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (115191, Moscow, Bolshaya Tulkaya St , 52), e-mail: oda@ibrae.ac.ru.

Bibliographic description

Gupalo V. S., Kazakov K. S., Konovalov V. Yu., Neuvazhaev G. D., Ozerskiy D. A. Evaluation of Approaches for Well Abandonment and Temporary Shutdown at the "Yeniseiskiy" Site (Krasnoyarsk Territory, Nizhnekanский Massif). *Radioactive waste*, 2020, no. 4 (13), pp. 30—41. DOI: 10.25283/2587-9707-2020-4-30-41. (In Russian).