

8. Punanova S. A., Shpirt M. Ya. Ecological Consequences of the Development of Shale Formations Containing Toxic Elements // Solid Fuel Chemistry. 2018. Vol. 52, N. 6. P. 396–405.

9. Punanova S. Trace element composition of shale formations // 29th Int. Meet. on Organic Geochemistry (EAGE-IMOG). Sept. 2019, Gothenburg, Sweden. All Abstr. 2019. P. 495–496.

УДК 621.039

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПЛОЩАДКИ РОССИЙСКОГО ПУНКТА ГЛУБИННОГО ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ (первый шаг – всегда самый сложный)

В. Н. Комлев

184209 Апатиты, Российская Федерация; komleva_ap@mail.ru

Приведён фрагмент дискуссии по проблеме захоронения радиоактивных отходов в России. В частности, высокоактивных и долгоживущих отходов на берегу Енисея. Рассмотрена горно-геологическая ситуация пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов по информации ФБУ «Институт проблем безопасного развития атомной энергетики» и автора. Отмечены недостатки геологического изучения площадки будущего захоронения (поисковая и оценочная стадии, ОАО «Красноярская горно-геологическая компания»). Высказано предположение о необходимости государственной повторной экспертизы первичной и интерпретированной геологической информации по участку «Енисейский». Возможно, также возникнет необходимость аннулировать документы Федерального агентства по недропользованию (Роснедра), которые обосновывают и разрешают здесь строительство и эксплуатацию объекта для захоронения радиоактивных отходов. Поддержана рекомендация ФБУ «Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых» о выполнении разведочной стадии геологического изучения данного участка.

Ключевые слова: геологическое захоронение радиоактивных отходов; могильник; безопасность; геологические технологии; подземное строительство; разведочные скважины; гидравлическая проницаемость пород; Росатом; участок «Енисейский»; Красноярский край; Россия.

A fragment of the discussion on the problem of radioactive waste disposal in Russia is given. In particular, highly active and long-lived waste on the banks of the Yenisei. The mining and geological situation of the deep disposal site for radioactive waste is considered according to the information of the Federal State Budgetary Institution (FSBI) «Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences» and the author. The drawbacks of the geological study of the future disposal site are noted (prospecting and appraisal stages, OJSC «Krasnoyarsk Mining and Geological Company»). An assumption was made about the need for state re-examination of the primary and interpreted geological information on the Yeniseisky site. It may also be necessary to cancel the documents of Federal Agency for Subsoil Use (Rosnedra), which justify and permit the construction and operation of a facility for the disposal of radioactive waste here. The recommendation of the FSBI «State Commission on Mineral Reserves» to carry out the exploratory stage of geological study of this area was supported.

Keywords: geological disposal of radioactive waste; waste storage facility; safety; geological technologies; underground construction; trial boreholes; hydraulic permeability rocks; Rosatom; Yenisei site; Krasnoyarsk region; Russia.

Введение. Россия планирует создать в Красноярском крае в пределах закрытого административного территориального образования (ЗАО) Железногорск на участке «Енисейский» национальный/федеральный (минимум, если не учитывать возможность реализации некоторых тенденций [1]) ПГЗРО – пункт глубинного/геологического захоронения радиоактивных отходов (РАО) первого и второго классов опасности. Речь идет об объекте, у которого перспектива на миллион лет экологических тревог далеко не местного значения и на сотни миллиардов долларов затрат только в обозримом будущем. Ряд разрешительных документов уже

готов. Все они датируются 2016 г. и базируются на выводах геологического документа – протокола ГКЗ № 4523 от 03-02-2016 [2]. Первого такого рода документа в России, в нетрадиционной для Роснедр сфере деятельности, без предшествующего опыта. На фоне давно отработанной регламентации во многом противоположных захоронению действий по относительно недолгой добыче полезных ископаемых, при доминировании традиций основной деятельности, абсолютная новизна задачи не исключает появление ошибок в оформлении базового документа для ПГЗРО.

Важная особенность: все документы по результатам поисковой и оценочной стадий (разведочной стадии не было, как, впрочем, и полноценной поисковой!) геологического изучения оформлены для ПГЗРО, а не для подземной исследовательской лаборатории – ПИЛ, идея которой стала ныне главной темой обсуждения Росатомом работ на участке «Енисейский». Не пригодность участка по природным условиям и не ПГЗРО, а уникальный научный проект – ПИЛ!

Должны ли ПГЗРО и ПИЛ соответствовать международным и национальным нормам? Их авторы и сторонники утверждают: должны и соответствуют. Но дело в том, что участок «Енисейский», горный массив которого является основным элементом этих природно-техногенных объектов, уже в самом начале процесса «проверки документов», ещё до оценок технологических аспектов намечаемой деятельности, только лишь с точки зрения рационального использования и охраны недр (например, Закона о недрах и сопутствующих документов), видимо, не годится ни для ПГЗРО, ни для ПИЛ (раздел XXXIII [3], [4]). Замена объекта обсуждения оказалась неэффективной. И она не добавляет идее Красноярского ПГЗРО ни надёжности, ни безопасности.

К сожалению, при этом участок «Енисейский» вряд ли можно назвать ещё и подлинно выбранным (как принято согласно международной методологии) местом, результатом комплексной оценки/сравнения российских геологических альтернатив. Он – фрагмент поддерживающей инфраструктуры и результат стремления к обеспечению конкурентных преимуществ при реализации «здесь и сейчас» высшего корпоративного приоритета Росатома – замкнутого ядерного топливного цикла с переработкой отработавшего ядерного топлива [5]. В настоящей статье отсутствие пропущенного первого и необходимого этапа (выбора), а также разведки, значимость ПИЛ не обсуждаются. Это было сделано ранее (например, [6]). Кроме того, считаем, что нуждается в усилении доказательство необходимости и безопасности как мотивации работ на участке «Енисейский» – технологического приоритета Росатома относительно гражданского топлива, так и жёсткой (именно в Железногорске) связи по месту площадок комплекса переработки и пока федерального (!) ПГЗРО.

Тема настоящей статьи локальна. В журнале «Радиоактивные отходы» (№ 4, 2020) опубликованы две статьи [7, 8], посвящённые одному из важных видов работ – геологическому изучению бурением с поверхности уже конкретного, хотя бы и назначенного безальтернативного участка. Это шаг в сторону реального дела. Как давно и многократно отмечали в публикациях разные авторы, именно горно-геологическая обстановка места, слово специалистов по недрам и их соответствие/несоответствие отечественным юридическим и научно-техническим нормам, а также международному опыту, охваченному и ещё не охваченному нормированием, определяют в конечном итоге судьбу ПГЗРО. Журнал «Радиоактивные отходы» издаётся Институтом проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук (ИБРАЭ РАН), почти все соавторы рассмотренных статей – сотрудники этого института.

Суть ситуации.

И. 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) [7]. Констатация фактов авторами.

С. 30. До создания первого комплекса подземных горных выработок (ПИЛ, первой очереди ПГЗРО) исследования геологической среды возможно выполнить с поверхности, применяя скважинные методы.

С. 30. Буровые работы на участке «Енисейский» выполнены в периоды 2003–2010 и 2010–2014 гг.

С. 31. Необходима детализация гидрогеологических и гидрохимических условий горного массива в пределах участка.

С. 31. Необходимая детализация с помощью имеющихся скважин гипотетически возможна, но только при их восстановлении/ремонте, изменении конструкции и нетрадиционном подходе к реконструкции с ориентацией на геологические особенности участка и специфику будущего ПГЗРО.

С. 31. Иные подходы к обустройству скважин будут негативно отражаться на результатах исследований, создадут дополнительные риски нарушения изолирующих свойств массива.

С. 31. Гидрогеологические условия сложны по всему вскрытому разрезу. Необходим значительный объём поинтервальных исследований с дискретностью 1–5 м.

С. 33. Предусмотрены бурение новых скважин и новые исследования гидрогеологических условий согласно геологическому проекту на разведочную стадию изучения массива.

С. 35. Требование восстановления естественного потока подземных вод.

С. 37. «Концепция многослойного сложного тампонирувания»: читай – из-за многослойной проводимости массива.

II. *Тесля В. Г., Расторгуев А. В.* Особенности планирования детального изучения гидродинамических и гидрохимических свойств участка «Енисейский» Нижнеканского массива [8]. Констатация фактов авторами.

С. 58. В ближайшие годы начнется строительство ПИЛ. В связи с этим приоритетной задачей является организация мониторинга недр с помощью скважин для получения необходимых параметров массива в ненарушенном состоянии.

С. 67. В связи с началом в ближайшие годы строительства ПИЛ, особую актуальность приобретает задача организации мониторинга недр в ближней зоне сооружения.

С. 58. Необходимы поинтервальное детальное исследование разрезов с дискретностью 1–2 м, новое обобщение и новая методика интерпретации.

С. 58. Неоднородность и блоковая структура гидрогеологических свойств массива.

С. 59. Критика гидрогеологических и гидрохимических результатов поисковой и оценочной стадий исследований с точки зрения надёжности обоснования сверхдолговременной (практически вечной) безопасности захоронения РАО. Постановка задач нового поинтервального опробования.

С. 60–67. Описание шведско-финского опыта изучения массивов для ПГЗРО до глубины чуть более 1 000 м как необходимого для адаптации к условиям участка «Енисейский».

С. 67–68. Варианты необходимой в 2021 г. и позже корректировки работ на участке «Енисейский» с учётом зарубежного опыта.

С. 68. Необходимость применения новых методов на участке «Енисейский» для разработки прогнозных моделей при обосновании безопасности ПГЗРО.

III. Дополнительная информация по теме.

1. В списках литературы рассмотренных статей уже присутствует Закон о недрах, что является признаком возможной (и неизбежной [4, 9]) переориентации ИБРАЭ от мифических [6] в направлении достойных профильных (российских и зарубежных) юридических и научно-технических документов – основы работы по теме ПГЗРО. В частности, в направлении чёткого исполнения рекомендаций документов российского регулятора рационального недропользования – ФБУ «Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых» (ГКЗ).

2. Справедливо обращено внимание на насущную необходимость корректировки работ, важность и потенциал опережающих скважинных исследований до создания капитальных горных выработок (в т. ч., ПИЛ), на необходимость детализации гидрогеологических условий массива с помощью новых исследований и обновлённого фонда скважин.

3. ИБРАЭ опрометчиво и необоснованно продолжает настаивать на принадлежности находящегося на территории ЗАТО Железногорск участка «Енисейский» Нижнеканскому гранитоидному массиву, на присутствии в названии массива гнейсов участка «Енисейский» термина «Нижнеканский». Эта негативная настойчивость имеет важные причины и будет иметь важные следствия.

4. 2003 г., а не 1992, как часто утверждают другие специалисты ИБРАЭ, более точно отражает начало реальных работ по геологическому изучению участка «Енисейский» Атамановского кряжа Саян (к которому принадлежит промышленная площадка Горно-химического комбината, ГХК, в ЗАТО Железногорск).

5. ИБРАЭ в статьях уже представлен и новыми специалистами, имеющими профильное образование, опыт реальной работы с горными массивами и подземными сооружениями, знания о работах по захоронению

РАО за рубежом. Тем самым, в дело привнесён элемент необходимого базового горно-геологического профессионализма, слабо представленный прежде.

6. Вновь сложность массива в пределах участка «Енисейский» и плохое качество его предшествующего изучения убедительно зафиксированы представителями ИБРАЭ (ранее с чёткой позицией необходимости разведочной стадии до проектирования и строительства нестандартного объекта и очень впечатляюще – [10]).

В пределах той же промышленной площадки ГХК [11] не без причин, видимо, 60 лет комплексно и неустанно следят за состоянием массива (объект-аналог, см. протокол ГКЗ № 4523 от 03-02-2016, В. А. Караулов и А. А. Верчеба, [2]) специалисты службы горно-геологического мониторинга [12]. В частности, для обеспечения безопасности подземного комплекса служба выполняет 2 850 высокоточных маркшейдерских измерений в год, более 5 000 измерений температурных режимов горных пород междукамерных целиков, порядка 700 измерений массива горных пород с помощью глубинных реперов, 2840 контрольных измерений деформаций горной крепи, 1 500 замеров параметров проявления грунтовых вод [13]. Кто миллион лет будет так контролировать состояние ПГЗРО, осушать и ремонтировать его?

Удивительно, но одновременно ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами» (ФГУП «НО РАО») в очередной раз без ссылок на какие-либо исследования геологического объекта в целом (а не отдельных лабораторных образцов) «информирует» [14, 15] общество о другом – сверхпрочном, чрезвычайно устойчивом и монолитном Нижнеканском массиве гнейсов участка «Енисейский» без воды, сравнивая его по мегапаскалям и химическому составу вдобавок с грунтами/гранитами второго (!), настоящего Нижнеканского массива – Южно-Енисейского кряжа. Напомним, что во всех российских и зарубежных научно-технических коалициях ФГУП «НО РАО» (кроме двух последних – с Томским государственным университетом и МИФИ, [16, 17]) его постоянным партнером является ИБРАЭ.

Вместе с фиксированием сложности и плохой изученности массива, у преимущественно горняков, ИБРАЭ не обозначена пока чёткая готовность принять рекомендации ГКЗ о разведочной, до начала горных работ, стадии изучения участка и сопряжённых территорий на путях разгрузки подземных вод, не приведена ссылка на упомянутый, предположительно подготовленный, проект нового геологического изучения (надо бы его обсудить, чтобы через несколько лет не повторилась сегодняшняя ситуация). Но присутствуют [18] намёки на некую «синхронизацию мероприятий программы исследований массива с проходческими работами при создании ПИЛ» – опасная двойственность и настойчивое несогласие с регулятором/распорядителем недр.

7. ИБРАЭ продолжает 1) вольно (в т. ч., при оценке качества изучения массива) оперировать термином «глубокие скважины» разного заложения и проходки, не указывая государственную классификацию, которой этот термин введен, и 2) не объяснять причины выбора тех или иных конкретных значений глубины «глубоких» скважин. Однако, стоит заметить, что 1) здесь и поблизости в регионе вообще никогда не было глубокого бурения и 2) самые «глубокие» скважины участка «Енисейский» (700 м) мельче применявшихся при разведке площадок гипотетических ПГЗРО ПО «Маяк» (более 1 000 м) и принадлежавших Печенге («SAMPO-Pechenga-I», около 2 000 м, не говоря уже о Кольской сверхглубокой скважине).

Кроме того, закладывая ПГЗРО в регионе без истории глубокого бурения (т. е., без надёжных знаний о глубинной геологической обстановке) на миллион лет, надо бы 1) во избежание неприятных сюрпризов знать, что представляет собой геологическая среда под ним (следовательно, на участке должна быть пробурена некая опорная/параметрическая скважина по аналогии с нефтегазовой отраслью) и 2) доказать (согласно рекомендациям МАГАТЭ), что под ним и по соседству в недрах ничего путного для развития следующих этапов цивилизации нет. Это требует дополнительно единичных скважин до глубин в первые километры [19], как, например, настаивают искать нефть в кристаллических породах те геологи, кто не отбрасывает [20, 21] теорию её абиогенного происхождения.

8. В условиях проходки и эксплуатации выработок ПИЛ восстановления естественного потока подземных вод не будет.

9. Сохранность открытых стволов имеющихся скважин (в т. ч., как индикатор качества массива), тем более, после их разбуривания с увеличением диаметра, вызывает вопросы.

10. Важно не наличие по всему вскрытому разрезу (необходимо знание ситуации и глубже) блоков с относительно низкой водопроницаемостью, а наличие по их границам зон повышенной водопроницаемости (мощностью от 0,2 до 13 м). Именно сеть таких границ в условиях сверхдолговременного автономного функционирования ПГЗРО с прогревом пород и подземных вод до 100 °С теплом отходов, при благоприятных для образования трещин растягивающих напряжениях в «горе» и её «потряхивании» время от времени отголосками землетрясений в соседних регионах будет определять безусловное присутствие и динамику воды во вмещающем РАО массиве – главный фактор выноса радиоактивности в окружающую среду.

11. Красноярский геолог Н. Ф. Васильев считает [22]: «Грандиозность позднемеловых движений можно считать доказанной и надежда, что гнейсы в районе участка «Енисейский» ими не затронуты – явный самообман. К тому же в течение кайнозоя... были новые тектонические подвижки, о чём свидетельствуют разломы... Подновления разломов происходят иногда и сейчас (судя по землетрясениям с интервалом в несколько десятков–первых сотен лет). Обустраивать в такой ситуации долговременный могильник радиоактивных отходов в данном месте – преступление перед будущими поколениями». Примером движений может быть, видимо, и на-

дёжно задокументированный сброс размером не менее 200 м на глубине приблизительно 500 м в пределах соседнего полигона «Северный» [23, 24]. Выявленные на предварительных стадиях геологического изучения следы разнонаправленных тектонических подвижек с потерей исходной консолидации гнейсов непосредственно на участке «Енисейский» рассмотрены в разделе ХLI [4].

Вместо заключения. Обобщающее серьезное предположение. Дополнительно к ранее опубликованным разными авторами критике выбора и отсутствия разведки, негативным оценкам геологической среды участка «Енисейский» и сомнениям в первоочередной необходимости здесь ПИЛ, не следует ли из новых рассмотренных горно-геологических материалов ИБРАЭ, что:

1) выполненные на поисковой и оценочной стадиях геологического изучения буровые работы, гидрогеологические и гидрохимические исследования в методическом и инженерном исполнении ошибочны, т. к. не были ориентированы на учёт принципиальных природных особенностей участка «Енисейский», специфики будущего ПГЗРО и зарубежного опыта;

2) ставшие базой стратегически важных (в частности, федеральных программ) и проектных решений результаты поисковой и оценочной стадий неудачны и ненадёжны, необходима государственная (по статье 29 Закона о недрах) повторная экспертиза имеющейся первичной и интерпретированной геологической информации по участку «Енисейский»;

3) оформленные в 2016 г. по результатам поисковой и оценочной стадий изучения участка «Енисейский», обосновывающие с горно-геологических позиций строительство здесь ПГЗРО и захоронение РАО документы (прежде всего, краеугольный камень – протокол ГКЗ № 4523 от 03-02-2016), видимо, должны быть распорядителем недр аннулированы в первую очередь;

4) давние (с 2012 г.), неоднократные и настойчивые, но не выполненные рекомендации ГКЗ о разведочной, до начала горных работ, стадии надёжного изучения массива с окрестностями в 2019–2020 гг. безусловно актуализированы (это обстоятельство в силу особой государственной важности создаваемого объекта далее никто не вправе игнорировать) и могут быть дополнительно наполнены новым содержанием (в т. ч., в части исследований соответственно рассмотренным статьям – на новых и обновлённых скважинах с поверхности, новыми методами и оборудованием);

5) выполнение рекомендаций ГКЗ о полноценной буровой с поверхности разведке участка «Енисейский» и путей разгрузки его подземных вод стало первоочередной задачей?

Библиографические ссылки

1. Возможность изменения статуса ПГЗРО [Электрон. ресурс]. URL: <http://www.atomic-energy.ru/interviews/2018/03/15/84085>, URL: <http://www.atomic-energy.ru/interviews/2017/01/16/71717>, URL: <https://www.dw.com/ru/где-хранить-отходы-с-белорусской-аэс-или-игра-в-русскую-рулетку/a-39715049>, URL: <http://bezrao.ru/n/3438>, URL: <http://bezrao.ru/n/4186>, URL: <http://bezrao.ru/n/4193>, URL: <https://proza.ru/2018/02/13/284>, URL: <https://proza.ru/2018/11/07/898>, URL: <http://bezrao.ru/n/4183> (дата обращения: 1.12.2021).

2. Протокол ГКЗ № 4523 от 03-02-2016 [Электрон. ресурс]. URL: <https://yadi.sk/i/Nbvvx8zrv58tlQ> (дата обращения: 1.12.2021).

3. Комлев В. Н. Глубинное захоронение радиоактивных отходов: требования и реальность // Маркшейдер. вестн. 2020. № 6. С. 61.

4. Комлев В. Н. Закон о недрах и радиационная безопасность страны [Электрон. ресурс]. URL: <https://proza.ru/2020/09/20/903> (дата обращения: 1.12.2021).

5. Крюков О. В. Краткий комментарий к утверждению «Стратегии создания пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов» [Электрон. ресурс] // Радиоактив. отходы. 2018. № 2(3). С. 16–17. URL: [http://www.ibrae.ac.ru/docs/Radwaste_Journal_2\(3\)18/016_017_Kryukov.pdf](http://www.ibrae.ac.ru/docs/Radwaste_Journal_2(3)18/016_017_Kryukov.pdf) (дата обращения: 1.12.2021).

6. Комлев В. Н. Глубинный ядерный могильник [Электрон. ресурс]. URL: <https://proza.ru/2020/05/10/812> (дата обращения: 1.12.2021).

7. 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) [Электрон. ресурс] // Радиоактив. отходы. 2020. № 4(13). С. 30–41. URL: http://radwaste-journal.ru/docs/journals/25/04ievaluation_of_approaches_for_well_abandonment.pdf (дата обращения: 1.12.2021).
8. Тесля В. Г., Расторгуев А. В. Особенности планирования детального изучения гидродинамических и гидрохимических свойств участка «Енисейский» Нижнеканского массива [Электрон. ресурс] // Радиоактив. отходы. 2020. № 4(13). С. 58–70. URL: http://radwaste-journal.ru/docs/journals/25/06ifeatures_of_planning_a_detailed_study_of_the_hydrodynamic_and_hydrochemical.pdf (дата обращения: 1.12.2021).
9. Комлев В. Н. Радиоактивные отходы как повод подумать о вечном [Электрон. ресурс]. URL: <https://proza.ru/2018/02/13/284> (дата обращения: 1.12.2021).
10. Морозов О. А., Расторгуев А. В., Неуважаев Г. Д. Оценка состояния геологической среды участка «Енисейский» (Красноярский край) [Электрон. ресурс] // Радиоактив. отходы. 2019. № 4(9). С. 46–62. URL: http://radwaste-journal.ru/docs/journals/19/assessing_the_state_of_the_geological.pdf (дата обращения: 1.12.2021).
11. Служба горно-геологического мониторинга ЗРТ ГХК отметила 60-летний юбилей [Электрон. ресурс]. URL: <https://sibghk.ru/news/9390-sluzhba-gorno-geologicheskogo-monitoringa-zrt-gkhk-otmetila-60-letnij-yubilej.html> (дата обращения: 1.12.2021).
12. Горному надзору – 60! [Электрон. ресурс]. URL: https://vk.com/@sib_ghk-gornynadzor60 (дата обращения: 1.12.2021).
13. Исполнилось 60 лет службе горно-геологического мониторинга ГХК [Электрон. ресурс]. URL: <https://www.atomic-energy.ru/news/2020/12/25/110138> (дата обращения: 1.12.2021).
14. Надёжность реализуемого объекта [Электрон. ресурс]. URL: <http://nkmlab.ru/o-porode/> (дата обращения: 1.12.2021).
15. Лабораторию под Железногорском спрячут в гнейсах [Электрон. ресурс]. URL: <http://bezrao.ru/n/4159> (дата обращения: 1.12.2021).
16. Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами подписал соглашение о сотрудничестве с НИЯУ МИФИ [Электрон. ресурс]. URL: <https://www.atomic-energy.ru/news/2020/12/30/110302> (дата обращения: 1.12.2021).
17. Томские учёные займутся НКМ-лабораторией в Красноярском крае [Электрон. ресурс]. URL: <http://bezrao.ru/n/4156> (дата обращения: 1.12.2021).
18. Гупало В. С., Казаков К. С., Коновалов В. Ю., Дёмин А. В. О синхронизации мероприятий программы исследований массива с проходческими работами при создании подземной исследовательской лаборатории в Нижнеканском массиве // Гор. журн. 2020. № 3. С. 83–88.
19. Комлева Е. В. Нефть или ядерные отходы [Электрон. ресурс]. URL: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=4698> (дата обращения: 1.12.2021).
20. Иванов К. С. О возможной максимальной глубине нахождения месторождений нефти [Электрон. ресурс] // Изв. Урал. гос. горн. ун-та. 2018. Вып. 4(52). С. 41–49. URL: <https://iuggu.ru/download/2018-4-52-Ivanov.pdf> (дата обращения: 1.12.2021).
21. Иванов С. Н., Иванов К. С. Реологическая модель строения земной коры (модель третьего поколения) [Электрон. ресурс] // Литосфера. 2018. Вып. Т. 18, № 4. С. 500–519. URL: https://www.researchgate.net/publication/327984547_Rheological_model_of_Earth's_crust_model_of_third_generation (дата обращения: 1.12.2021).
22. Васильев Н. Ф. Отзыв на статью В. Н. Комлева // Урал. геолог. журн. 2021. № 1. С. 58–59.
23. Баринов А. С., Ткаченко А. В., Спешников С. Л. Глубинная закачка жидких радиоактивных отходов [Электрон. ресурс]. URL: http://www.atomeco.org/mediafiles/u/files/Prezentation_31_10_2013/Speshilov.pdf (дата обращения: 1.12.2021).
24. Гунин В. И. Прогноз миграции жидких радиоактивных отходов при глубинном захоронении на полигоне «Северный» [Электрон. ресурс]. URL: http://hge.spbu.ru/images/Gynin_shk.pdf (дата обращения: 1.12.2021).