

УДК 622.349.5:001.8

ОПЫТ МНОГОЛЕТНЕЙ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ИГЕМ РАН И АО «ВНИПИПРОМТЕХНОЛОГИИ»



В. А. ПЕТРОВ¹,
директор, чл.-корр. РАН, д-р геол.-минерал. наук,
vlad243@igem.ru



Е. Н. КАМНЕВ²,
ученый секретарь, проф., д-р геол.-минерал. наук

¹ ФГБУН Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва, Россия

² АО «ВНИПИпромтехнологии», Москва, Россия

В апреле 2021 г. состоится празднование 70-летнего юбилея ведущего проектно-изыскательского и научно-исследовательского института промышленной технологии (АО «ВНИПИпромтехнологии»), созданного специально для решения задач сырьевого обеспечения ядерной программы СССР. За это время коллективом пройден большой и славный путь в области проектирования многочисленных предприятий по добыче и переработке различных полезных ископаемых. Наиболее значимыми из них являются рудники ПАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение» (ПАО «ППГХО») – главнейшего предприятия по добыче и переработке урана в стране. С другой стороны, геологическое изучение урановых месторождений Стрельцовского рудного поля силами Экспедиции № 1 ИГЕМ АН СССР берет свое

© Петров В. А., Камнев Е. Н., 2021

Приведен краткий обзор направлений совместных работ специалистов организаций Российской академии наук и Госкорпорации «Росатом». Отмечено, что начатые в середине 1960-х годов изыскания на уран в Восточном Забайкалье получили свое развитие в области геологического обеспечения долговременной изоляции радиоактивных отходов на территориях ключевых радиохимических предприятий России. Показана необходимость продолжения и углубления научно-технического сотрудничества по решению важнейших для страны радиологических и радиогеоэкологических проблем.

Ключевые слова: урановородное сырье, месторождения, полезные ископаемые, поиски, разведка, подземная инфраструктура, хранилище, радиоактивные отходы.

начало с середины 1960-х годов, когда после открытия в 1963 г. месторождения Стрельцовское геологоразведочной партией № 324 Сосновской экспедиции Первого главного геологоразведочного управления Министерства геологии СССР возникла необходимость в научном сопровождении поисково-оценочных и разведочных работ. Можно сказать, что площадка ПАО «ППГХО» в г. Краснокаменске Забайкальского края явилась отправной точкой многолетнего плодотворного сотрудничества специалистов АО «ВНИПИпромтехнологии» и ИГЕМ РАН.

Сотрудничество между организациями получило существенное развитие в начале 1990-х годов. Площадкой послужила территория производственного объединения «Маяк» (ПО «Маяк», г. Озерск) на Урале. Здесь в пределах санитарно-защитной зоны (СЗЗ) в период с 1970 по 1987 г. специалисты АО «ВНИПИпромтехнологии» проводили работы по выбору полигона, приемлемого для сооружения могильника высокоактивных отходов (ВАО), и комплексному изучению геолого-гидрогеологических условий на

МАЛЬСКИЙ ЛЕВ ХРИСТОФОРОВИЧ



Родился в с. Завадовка Киевской области в семье служащего.

Окончил ФЗУ и Рабфак. В 1937 г. поступил в Московский институт цветных металлов и золота им. М. И. Калинина.

В 1942 г. Лев Христофорович был направлен в Карабашское рудоуправление Челябинской области. В 1944 г. после защиты диплома назначен начальником рудника в пос. Табошары Ленинабадской области, а в 1950 г. – главным инженером Рудоуправления № 13.

В институте «ВНИПИпромтехнологии» Л. Х. Мальский начал работать в 1959 г. в должности главного инженера проекта. Для осуществления авторского надзора он систематически выезжал на строящиеся предприятия. Внес большой вклад в проектирование и строительство Ленинабадского горно-химического и Навоийского горно-металлургического комбинатов.

Лев Христофорович принимал активное участие в работах по внедрению современной и созданию новой техники – очистных комплексов, проходческих щитов, а также прогрессивных видов крепей и др.

За трудовые успехи Лев Христофорович Мальский награжден орденами Трудового Красного Знамени, «Знак Почета», многими медалями, знаком «Шахтерская слава» III степени. В 1983 г. за промышленное освоение месторождения Уч-Кудук был удостоен почетного звания лауреата Государственной премии СССР.

площадке «Марс-2». Начиная с 1992 г. по согласованию с Министерством Российской Федерации по атомной энергии (Минатом) и руководством предприятия в пределах СЗЗ ПО «Маяк» и прилегающей к ней территории силами специалистов ИГЕМ РАН и других академических институтов были развернуты комплексные геологические исследования, направленные на выбор геологической формации и полигона для создания подземной исследовательской лаборатории (ПИЛ) и объекта для захоронения отвержденных ВАО. Существенную часть этих работ финансировал Минатом, головным исполнителем выступало АО «ВНИПИпромтехнологии», а подрядчиком – ИГЕМ РАН. В это время были опубликованы многочисленные отчеты, доклады, информационные записки, статьи, монографии и другие материалы, которые в обязательном порядке учитывали результаты работ специалистов АО «ВНИПИпромтехнологии» [1, 2]. Ключевые результаты исследований специалистов ИГЕМ РАН отражены в [3–8] и др. Спектр тематических работ обширен: геолого-геофизические, тектонофизические, геоморфологические, минералого-геохимические, структурно-петрофизические, ландшафтно-геохимические и гидрогеохимические исследования. Нередко среди специалистов вышеупомянутых организаций разгорались жаркие споры о методических аспектах решения той или иной практической задачи, но общенаучный подход к получению и проверке результатов исследований всегда был определяющим.

В начале 2000-х годов совместные изыскания были сконцентрированы на территории Горно-химического комбината (г. Железнодорожск, Красноярский край). Здесь в пределах Нижнеканского гранитного массива (НКМ) специалисты профильных институтов проводили комплексные работы по оценке геологических условий для изоляции РАО. Существенный импульс сотрудничеству получило в 2001 г., когда в рамках межправительственного соглашения Госкорпорацией «Росатом» и Федеральным министерством экономики и технологий (BMWi) ФРГ были определены направления сотрудничества между специалистами в различных областях наук о Земле. Связующим звеном совместных работ АО «ВНИПИпромтехнологии» и ИГЕМ РАН явилось Федеральное ведомство по геонаукам и природным ресурсам (BGR). Немецкие специалисты, основываясь на российских исходных данных, реализовывали проекты, которым присваивали собственные имена: ASTER (2003–2007 гг.), WIBASTA (2005–2008 гг.), EUGENIA (2009 г.), URSEL (2009–2016 гг.), SUSE (2016–2019 гг.). Наиболее пристальное внимание в совместных работах уделяли вопросам обоснования долговременной безопасности хранилищ и могильников РАО. В этом контексте особая роль была отведена проекту создания в районе Горно-химического комбината подземной исследовательской лаборатории с дальнейшим возможным переводом ее в статус пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов на участке Енисейский НКМ [9].

Следует также выделить исследования по поиску площадок в районе производственной деятельности ПАО «ППГХО» для обустройства хранилища отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) с возможным приданием ему международного статуса. Одним из основных инициаторов этих исследований был академик РАН Н. П. Лаверов, который наряду с профессором Д. Ф. Ахерном

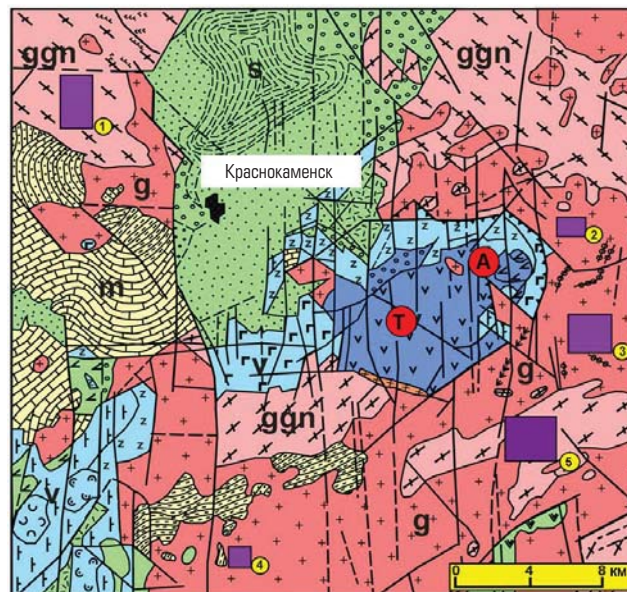


Рис. 1. Схема расположения участков 1–5 для размещения хранилища ОЯТ штольневого типа в обрамлении Стрельцовской кальдеры:

g – граниты; ggn – гранитогнейсы; m – мраморы; v – вулканиты; s – осадочные породы. А и Т – месторождения Антей и Тулукуевское, где проводили многолетние исследования процессов миграции урана в различных окислительно-восстановительных обстановках

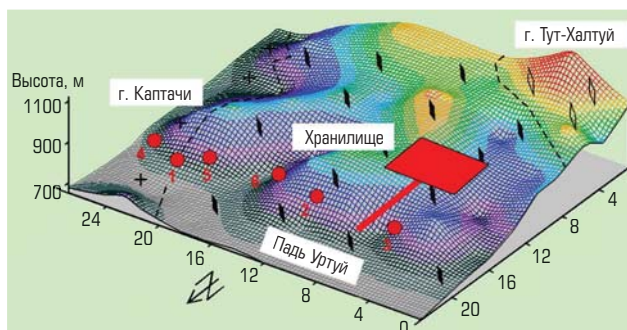


Рис. 2. Абрис хранилища ОЯТ в толще гранитогнейсов на перспективном участке 1 в районе г. Тут-Халтуй. Красным цветом обозначены точки геолого-геофизических наблюдений и пробоотбора на одном из профилей

являлся сопредседателем Комитета по завершающим этапам обращения с отработавшим ядерным топливом и высокорadioактивными отходами в России и Соединенных Штатах Америки [10], а также Комитета по интернационализации гражданского ядерного топливного цикла Российской академии наук и Национального исследовательского совета Национальных академий США [11].

В период 2002–2010 гг. специалистами ИГЕМ РАН по согласованию с руководством ПАО «ППГХО» было изучено кристаллическое обрамление Стрельцовской кальдеры, где ранее

специалистами геолого-геофизической службы комбината было выделено пять перспективных участков (рис. 1). С учетом особенностей рельефа поверхности, экологических, технических, инфраструктурных и экономических предпосылок, а также по соображениям безопасности был предложен наиболее приемлемый вариант для надежной изоляции ОЯТ в условиях ПАО «ППГХО» – подземное хранилище штольнего типа.

В пользу сооружения в районе ППГХО хранилища такой конструкции свидетельствуют следующие доводы:

- расположение будущего хранилища в массиве скальных горных пород и нахождение над местом хранения ядерных материалов охранного породного целика мощностью около 300 м резко снижает риск неконтролируемого внешнего воздействия на хранящиеся материалы;
- высокая прочность, малая проницаемость и слабая тектоническая нарушенность кристаллических пород, вмещающих хранилище, резко минимизируют опасность его разрушения и проникновения внутрь метеорных вод;
- в сравнении с шахтным способом хранения штольневый вариант исключает необходимость строительства подъемных установок и стационарных водоотливов, а также значительно упрощает вентиляцию объекта.

На каждом из пяти участков были проведены комплексные исследования по выявлению геоструктурных особенностей, состава, свойств и напряженно-деформированного состояния пород, разработаны 2D- и 3D-модели разломной тектоники, определены основные механизмы, условия и пути миграции радионуклидов. Предварительная проработка вариантов возможного расположения хранилища, выполненная специалистами ПАО «ППГХО» и ИГЕМ РАН, показала, что наиболее приемлемой площадкой является участок 1 в районе г. Тут-Халтуй (рис. 2), который сложен слабонарушенными гранитогнейсами и гранитами и находится на кратчайшем расстоянии от железнодорожной ветки.

Предложенный выше вариант хранилища ОЯТ с использованием штольневых горных выработок является достаточно экономичным и удовлетворяет самым строгим требованиям по устойчивости пород от внешних воздействий. Однако нахождение изолируемых ОЯТ выше уровня подземных вод, т. е. в зоне аэрации, характеризующейся окислительными условиями, не является благоприятным фактором для длительного хранения ядерных материалов. Это подтвердили результаты исследования условий миграции, транспорта и накопления урана на окислительных (карьер месторождения Тулукуевское) и восстановительных (нижние горизонты месторождения Антей, см. рис. 1) барьерах, проведенных специалистами ИГЕМ РАН в рамках изучения урановых месторождений как природных аналогов объектов изоляции РАО, а также совместного проекта «Механизмы переноса урана в трещиноватых породах», реализованного в 2000–2007 гг. Российской академией наук (ИГЕМ РАН) и Министерством энергетики США (Лос-Аламосская национальная лаборатория).

Применительно к конкретной геологической ситуации и особенностям рельефа района производственной деятельности ПАО «ППГХО» были проведены предварительные изыскания для

создания хранилища низко- и среднеактивных РАО. Эти геоструктурные, минералого-петрографические, петрогеохимические и структурно-петрофизические работы были скоординированы с направлениями геологических исследований, предусмотренных в проекте создания хранилища штольнего типа, который был реализован специалистами АО «ВНИПИпромтехнологии». К западу от г. Краснокаменска была обнаружена гидравлически изолированная мульда с валобразными поднятиями кристаллического фундамента, размеры которых позволяют создать хранилище низко- и среднеактивных РАО штольнего типа.

К сожалению, проекты создания хранилищ РАО в районе производственной деятельности ПАО «ППГХО» не получили дальнейшего развития, хотя научно-методическая база для них была создана. Также не получил развития проект создания геодинамического полигона Стрельцовского рудного поля, который с 2005 г. по согласованию с руководством ПАО «ППГХО» реализовывался консорциумом академических институтов (ИГЕМ РАН, ИГД ДВО РАН, ИФЗ РАН, ИЗК СО РАН). Результаты НИОКР по теме «Геодинамический полигон Стрельцовского рудного поля» в 2014 г. были определены в качестве инновационного продукта ГК «Росатом» по направлению «Производство горных работ на рудниках». Сущность предлагаемого решения состоит в повышении надежности прогноза и предотвращения горных ударов и техногенных землетрясений на основе применения комплекса взаимодополняемых методов, измерительных средств и программных продуктов, объединенных в автоматизированную систему геомеханического мониторинга. Следует отметить, что разработка системы мониторинга и управления горным давлением позволила в значительной степени повысить безопасность ведения горных работ на рудниках № 1 и «Глубокий». Эти наработки могли бы послужить основой для создания перспективных систем контроля и управления горным давлением для обеспечения безопасной эксплуатации строящихся рудников № 8 и 6.

Также в рамках проекта «Геодинамический полигон Стрельцовского рудного поля» были разработаны предложения по созданию отраслевого научно-учебного центра «Специальная подземная лаборатория инновационных технологий» (НУЦ «СПЛИТ») на базе выводимого из эксплуатации рудника «Глубокий» [12]. Этот долгосрочный проект с участием специалистов АО «ВНИПИ-промтехнологии», других отраслевых институтов и вузов мог бы способствовать углубленному трансферу новейших достижений науки и передового опыта для решения острых горнотехнических проблем ПАО «ППГХО», расширению перспектив территории опережающего социально-экономического развития «Краснокаменск» и достижению стратегических целей отрасли путем реализации проекта полного инновационного цикла от фундаментальных исследований до внедрения в производство конкретных продуктов и технологий.

Одним из важнейших направлений в деятельности АО «ВНИПИ-промтехнологии» и ИГЕМ РАН в последнее время являются проекты реабилитации территорий предприятий, загрязненных радионуклидами и строительства хранилищ и могильников радиоактивных отходов. В этом контексте развиваются тематики научно-технического сотрудничества, которые находят отражение

в ежегодно проводимых АО «ВНИПИпромтехнологии» международных научно-технических конференциях с неизменным участием специалистов ИГЕМ РАН: «Проблемы экологии в горном деле» (22–23.04.2014), «Философия обращения с радиоактивными отходами: плюсы и минусы существующих и новых технологий» (23–24.03.2016), «Проблемы и решения в экологии горного дела» (28–29.03.2017), «Современные инновационные технологии в горном деле и при первичной переработке минерального

сырья» (11–12.04.2018), «Решение экологических и технологических проблем горных производств на территории России, ближнего и дальнего зарубежья» (21–22.03.2019).

Опыт прошедших десятилетий с очевидностью свидетельствует о необходимости продолжения и развития научно-технического сотрудничества между АО «ВНИПИпромтехнологии» и ИГЕМ РАН по решению важнейших для нашей Родины проблем.

Библиографический список

1. *Шищиц И. Ю., Мясников К. В., Леонов Е. А. и др.* Исследование инженерно-геологических условий в районах предполагаемого захоронения отвержденных отходов различных производств : отчет. – М.: ВНИПИПТ, 1987.
2. Научно-техническое и экологическое обоснование создания подземной лаборатории для захоронения ВАО на площадке ПО «Маяк» / под ред. К. В. Мясникова, Т. А. Гупало. – М.: ВНИПИпромтехнологии, 1999. – 203 с.
3. *Кочкин Б. Т., Патык-Кара Н. Г., Спасская И. И.* Долгосрочный прогноз денудации при захоронении радиоактивных отходов (на примере Южного Урала России) // Геология рудных месторождений. 1997. Т. 39. № 2. С. 193–205.
4. *Лаверов Н. П., Петров В. А., Величкин В. И., Полуэктов В. В., Жариков А. В. и др.* Петрофизические и минерально-химические аспекты выбора участков для изоляции ВАО в метавулканитах района ПО «Маяк», Южный Урал // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. 2003. № 1. С. 5–22.
5. Изменение окружающей среды и климата: природные и связанные с ними техногенные катастрофы / под ред. Н. П. Лаверова. – М.: ИФЗ РАН, 2008. Т. 5. Изоляция отработавших ядерных материалов: геолого-геохимические основы. – 280 с.
6. *Мальковский В. И., Пэк А. А., Величкин В. И.* Перенос радионуклидов из могильника ВАО региональным потоком подземных вод // Вопросы радиационной безопасности. 1997. № 4. С. 9–15.
7. *Петров В. А.* Исследования петрофизических свойств и напряженно-деформированного состояния пород в районах ПО «Маяк» и ГХК в связи с выбором поли-

8. *Величкин В. И., Солодов И. Н., Петров В. А., Тарасов Н. Н., Мыскин В. И.* Геологические, геохимические и гидрогеохимические факторы, определяющие миграцию радиоактивных подземных вод в районе озера Карачай (ПО «Маяк», Челябинская обл.) // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. 2008. № 5. С. 389–400.
9. *Petrov V. A., Hammer J., Kamnev E. N., Krone J.* Retrospect on two decades of German-Russian cooperation in safe management of radioactive materials // International Conference on Geological Barrier Systems, Host Rock Characterization, and Site Selection relevant to Underground Repositories : Abstracts. – Hannover, 2020. P. 75–76.
10. *Ahearne J. F., Laverov N. P., Ewing R. C., Garrick B. G., Hoffman D. C. et al.* End Points for Spent Nuclear Fuel and High-Level Radioactive Waste in Russia and the United States. – Washington : The National Academies Press, 2003. – 137 p.
11. *Ahearne J. F., Budnitz R. J., Bunn M., Burns W. F., Fetter S. et al.* Internationalization of the Nuclear Fuel Cycle: Goals, Strategies, and Challenges. – Washington, DC : The National Academies Press, 2009. – 172 p.
12. *Петров В. А., Рассказов И. Ю., Верчеба А. А.* О научно-учебном центре «Специальная подземная лаборатория инновационных технологий (НУЦ «СПЛИТ») // Решение экологических и технологических проблем горного производства на территории России, ближнего и дальнего зарубежья : матер. VI Междунар. науч.-техн. конф. – М., 2019. С. 30–33. [ГЖ](#)

Уважаемый Алексей Иннокентьевич!



От имени многотысячного трудового коллектива Навоийского горно-металлургического комбината и от себя лично позвольте поздравить Вас и весь коллектив АО «ВНИПИпромтехнологии» с 70-летием со дня основания!

Нашему с Вами сотрудничеству не один десяток лет, в течение которых мы не раз убеждались, что АО «ВНИПИпромтехнологии» является надежным партнером, осуществляющим полный цикл проектно-исследовательских и научно-исследовательских работ по проектированию предприятий горнодобывающей промышленности, а также экологических, энергетических и гражданских объектов.

За годы своего существования специалистами АО «ВНИПИпромтехнологии» спроектированы и построены более 60 объектов по добыче полезных ископаемых для предприятий стран СНГ, Сирии, Голландии, Ганы, Монголии и многих других стран, в том числе и Навоийского горно-металлургического комбината Республики Узбекистан.

Сегодня АО «ВНИПИпромтехнологии» – это современный научно-производственный комплекс, где работает команда специалистов высочайшего класса, внесших значительный вклад в развитие научно-технического и экономического потенциала горнодобывающей промышленности России.

Мы гордимся многолетним сотрудничеством с Вашей организацией и считаем, что наше партнерство является примером надежного и успешного делового взаимодействия.

Пусть приобретенный опыт и высокие результаты работы с каждым годом улучшаются, чтобы появились новые заказы и новые партнеры. Желаем уверенно двигаться вперед, с каждым новым проектом доказывая безупречность своей репутации. Дальнейших успехов и процветания вашей организации.

Генеральный директор Навоийского ГМК,
докт. техн. наук, проф.

К. Санакулов