

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор Федерального  
государственного бюджетного  
учреждения науки Института  
геологии и минералогии  
им. В.С. Соболева  
Сибирского отделения  
Российской академии наук  
Н.Н. Некрук



2019г.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С.Соболева Сибирского отделения Российской академии наук  
(ИГМ СО РАН)

Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по теме «Закономерности миграции урана в низкорадиоактивных хранилищах отходов (на примере АО АЭХК)» выполнена в лаборатории моделирования динамики эндогенных и техногенных систем (№ 213) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С.Соболева Сибирского отделения Российской академии наук.

Во время подготовки диссертации соискатель Шемелина Ольга Владимировна работала в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт геологии и минералогии им. В.С.Соболева Сибирского отделения Российской академии наук в лаборатории моделирования динамики эндогенных и техногенных систем (№ 213) в должности инженера, затем младшего научного сотрудника. В настоящее время работает в должности научного сотрудника Института геологии и минералогии им. В.С.Соболева Сибирского отделения Российской академии наук.

В 2001 году О.В. Шемелина окончила магистратуру геолого-геофизического факультета Новосибирского государственного университета (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет») по специальности «геология». В 2013 году закончила очную аспирантуру в ИГМ СО РАН по специальности 25.00.09 «Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых», кандидатские экзамены сданы (удостоверение № 127 по форме 2.2).

Научный руководитель – Анатолий Евгеньевич Богуславский, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией моделирования динамики эндогенных и техногенных систем (№ 213) ИГМ СО РАН.

#### По итогам обсуждения принято следующее заключение:

**Объектом исследования** является техногенное поле Ангарского электролизно-химического комбината (АО АЭХК) и прилегающих территорий. Шламовое поле представляет собой накопительную площадку с наземными и подземными сооружениями для хранения твердых и жидких низкорадиоактивных отходов, расположенную в непосредственной близости от комбината.

**Актуальность исследований** Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) в 2014 году выпустило Специальное руководство по безопасности (IAEA Specific Safety Guide). В нем говорится, что всесторонняя характеристика участков размещения радиоактивных отходов (РАО) должна быть обоснована *научными исследованиями* для решения глобальной проблемы устойчивого развития биосфера. Прежде всего, это должно быть описание природной системы и ее значимых особенностей, событий и процессов, связанных с геологией, гидрологией, геохимией, метеорологией и т.д. Не менее важна и оценка пространственной и временной изменчивости участка предполагаемого захоронения РАО.

Именно с этих позиций были проведены комплексные исследования закономерностей миграции урана в хранилищах низкорадиоактивных отходов (НРАО) на примере АО Ангарского электролизно-химического комбината (АО АЭХК). Комбинат работает с 1957 года, но первые научные исследования были проведены лишь в 1997 группой исследователей ОИГГМ СО РАН под руководством д.г.-м.н. Ковалева В.П. Основное внимание тогда было уделено хранилищу твердых радиоактивных отходов (ТРАО). Ряд вопросов, связанных с жидкими радиоактивными отходами (ЖРАО), оставался нерешенным. После детальных полевых исследований были оценены геохимические свойства вмещающих грунтов и подземных вод с точки зрения формирования условий, в которых естественным образом снижаются миграционные свойства радионуклидов. Кроме этого, исследовались процессы, способные влиять на растворимость и/или сорбцию радионуклидов. Такие данные позволяют проводить технические усовершенствования и предусматривать меры безопасности при планировании аналогичных сооружений.

В России в целом работами такого рода заняты специалисты разных направлений, в т.ч. экологи и химики. Геологическими аспектами захоронения РАО занимался академик Лаверов Н.П. На протяжении последних двух десятков лет выполняются работы на различных предприятиях топливно-ядерного цикла, направленные на решение как локальных проблем, так и с целью создания и развития фундаментальных основ безопасного хранения и захоронения РАО (Жариков и др., 2013; Бондарева, 2015; Митев и др., 2018; Чернышова и др., 2018; Богуславский, 2016; Леонова и др., 2005; Карпенко и др., 2018; Монич, 2013; Зубков и др., 2007; Самсонова и др., 2008; Александрова, 2008; Кузьменкова и др., 2011; Ильин, 2005; Величкин и др., 2008; Андреев и др., 2013; Мокров и др., 2018 и многие другие)

Законодательно приоритетность таких исследований определена Указом Президента РФ №176 19 апреля 2017 г. В этом документе особое внимание уделено задачам по предотвращению загрязнения поверхностных и подземных вод, повышения уровня утилизации отходов, в том числе радиоактивных, об активизации фундаментальных и прикладных научных исследований в области охраны окружающей среды и природопользования. Данная диссертация посвящена решению именно такого рода задач.

#### **Наиболее важные научные результаты, полученные соискателем:**

Определены формы нахождения урана в шламах и при миграции загрязнений за пределы комплекса хранилищ РАО. Содержание урана в картах шламохранилищ оценивается в 22 тонны, из которых 3,7 тонны приходится на растворимые формы. Экспериментально показано, что процент выщелачивания урана из шламов в целом составляет всего 6% при активном промывании водой. Это связано с анионным составом шламов, где первыми начинают растворяться сульфаты.

Охарактеризованы свойства вмещающих грунтов. Радионуклиды могут содержаться, кроме зерен акцессорных минералов, в пелитовой фракции (размерностью менее 0.005мм), присутствующей в песке. Количество этой фракции изменяется от 13 до 28%. Более 30% ее представлено глинистыми минералами: каолинитом, смектитом и иллитом. В супесях и суглинках рентгенофазовый анализ устанавливает содержание глинистых минералов до 50%. В результате содержание большинства элементов здесь выше

в 2-3.5 раза. Еще более заметное накопление радионуклидов фиксируется в углистых прослоях - концентрация отдельных элементов возрастает до 10 раз, а содержание урана достигает 31.5 г/т, что более чем в тридцать раз выше по сравнению с содержанием во вмещающих песчаниках.

Оценены формы нахождения урана, который осаждается и/или сорбируется на исследуемых грунтах. Легкорастворимые (обменные и водорастворимые) формы составляют около 50%. Доля труднорастворимых (карбонатных) форм составляет 8-27%. Нерастворимые формы, среди которых гидроксидная и органическая, составляют 20-42 %.

Определены изменения в грунтах, подвергшихся воздействию просачивающихся высокоминерализованных вод. Это образование гипса в межзерновом пространстве зоны аэрации и преобразование смектита в смешаннослойные минералы (ССМ) иллит-смектиты с явным преобладанием смектитовых пакетов. В зоне грунтовых вод наблюдаются метасоматические изменения во вмещающих грунтах в виде появления специфического «техногенного» иллита. В целом отмечено практически полное исчезновение смектита и образование ССМ с явным преобладанием иллитовых пакетов.

Определены ведущие компоненты, выносящиеся из отстойников при контакте с природными водами. Это ионы натрия, нитраты и сульфаты, остальные анионы и катионы находятся в подчиненном положении.

В сформировавшихся геохимических условиях вынос урана с грунтовыми водами за пределы шламового поля находится на уровне фоновых концентраций, характерных для данной климатической зоны, что меньше значений ПДК, рекомендованных ВОЗ для питьевых вод (0.015 мг/л).

#### **Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации:**

Основой работы послужили материалы, собранные во время полевых работ на изучаемом участке. Всего проанализировано порядка сотни образцов грунтов и почв, более трех десятков проб грунтовых вод, образцы шлама. лично автором производились пробоотбор и пробоподготовка, лабораторные анализы (титриметрический метод) и эксперименты, обработка полученных данных, в том числе методами ГИС. Результаты исследований представлены автором в виде устных докладов на конференциях и симпозиумах. По результатам исследований по теме диссертации автором совместно с коллективом опубликованы 4 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК.

**Научная новизна.** На примере шламового поля АО АЭХК впервые проведено комплексное геохимическое изучение техно-природной системы участка хранения жидких РАО с целью определения механизмов выноса урана. Даны оценка изменяющихся геохимических параметров прилегающих ландшафтов после остановки основных производств комбината и долговременной консервации хранилищ РАО. Определены формы нахождения урана при миграции загрязнений за пределы комплекса хранилищ РАО. Отмечены изменения во вмещающих грунтах и охарактеризованы их свойства.

**Практическая значимость.** Полученные данные позволяют проследить ореолы загрязнения, закономерности распределения ионов, концентрации которых превышают ПДК элементов в воде ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ), формы нахождения урана. На основе полученных характеристик участка шламового поля сделан прогноз дальнейших миграционных путей урана, поступающего из хранилища РАО. Подсчитанный объем выноса урана при текущем состоянии хранилищ и при сценариях опасных геологических условий (подтопления) позволяет оценить экологическую опасность последствий современной технологической деятельности.

**Соответствие результатов работы научной специальности.** Работа выполнена по специальности 25.00.09 «геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых», которая предполагает исследования в области знаний о формах нахождения и поведения химических элементов в природных и техногенных процессах, об условиях концентрирования и рассеяния элементов.

**Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем:** основные научные результаты и материалы диссертации изложены О.В. Шемелиной с соавторами в научных публикациях и представлены на конференциях. Всего опубликовано 13 печатных работ, в том числе 4 статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК.

**Основные публикации соискателя:**

1. Богуславский А.Е., Гаськова О.Л., **Шемелина О.В.** Миграция урана в грунтовых водах района шламохранилища Ангарского электролизного химического комбината // Химия в интересах устойчивого развития. 2012. Т. 20. № 5. с. 515-529.
2. **Шемелина О.В.**, Богуславский А.Е., Колмогоров Ю.П. Определение содержания радиоактивных элементов в шламоотстойниках и вмещающих грунтах // Известия РАН. Серия физическая. 2013. Т. 77. № 2. с. 220-223.
3. Gaskova OL, Boguslavsky AE, **Shemelina OV** Uranium release from contaminated sludge materials and uptake by subsurface sediments: Experimental study and thermodynamic modeling // Applied geochemistry. 2015. V. 55. p.152-159 DOI: 10.1016/j.apgeochem.2014.12.018
4. Boguslavskii A.E., Gas'kova O.L., **Shemelina O.V.** Geochemical model of the environmental impact of low-level radioactive sludge repositories in the course of their decommissioning // Radiochemistry. 2016. V. 58 (3) p. 279 – 283. DOI: 10.1134/S1066362216030164

**Остальные работы, включая сборники и материалы конференций**

1. **Шемелина О.В.**, Богуславский А.Е., Юркевич Н.В. Определение иммобилизационных характеристик грунтов в районе воздействия предприятий топливно-ядерного цикла на примере шламоотстойников ОАО АЭХК // Материалы VII международной научно-технической конференции «Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде», с. 373-380. Семей, Казахстан, 2012
2. **Шемелина О.В.**, Богуславский А.Е., Гаськова О.Л. Минимизация влияния предприятий ядерного топливного цикла (на примере шламоотстойников АЭХК) // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2013. - Вып. 34. - С. 126-128.
3. **Шемелина О.В.**, Богуславский А.Е. Изучение влияния низкоуровневых хранилищ жидких радиоактивных отходов ОАО «АЭХК» на прилегающие ландшафты // Материалы IV Международной конференции Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека, с. 574-576. Томск, 2013.
4. Богуславский А.Е., **Шемелина О.В.**, Гаськова О.Л. Изучение параметров вторичных геохимических аномалий, образующихся в зоне влияния хранилищ низкоуровневых РАО // Материалы II Всероссийской конференции с международным участием Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами, с.446-449. Владивосток, 2015.
5. Богуславский А.Е., Гаськова О.Л., Шемелина О.В., Кабанник В.Г. Оценка запасов и определение форм нахождения урана в техногенных геохимических аномалиях // Труды всероссийского ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии (ВЕСЭМПГ-2015), с. 368-373. Москва, 2015
6. **Шемелина О.В.**, Богуславский А.Е., Крупская В.В. Преобразования в грунтах *in situ* под влиянием высокоминерализованных растворов из хранилищ жидких низкорадиоактивных отходов // Материалы V Международной конференции Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека, с. 715-717. Томск, 2016.
7. **Шемелина О.В.**. Эволюция гидрохимической аномалии в зоне влияния шламохранилища низкорадиоактивных отходов // Материалы совещания, приуроченного к 60-летию Института геологии и геофизики СО АН СССР Геология и минерагения северной Евразии, с.255-256. Новосибирск, 2017
8. Krupskaya V., Zakusin S., Dorzhieva O., Boguslavskiy A., **Shemelina O.**, Chernov M., Zubkov A. Transformation of clay minerals due to technogenic processes associated with the

disposal of radioactive waste // II International Symposium Clays and ceramics, p. 67-68. Riga, Latvia, 2018

**По итогам обсуждения принято следующее заключение:**

Диссертация «Закономерности миграции урана в низкорадиоактивных хранилищах отходов (на примере АО АЭХК)» Шемелиной Ольги Владимировны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – «Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых».

Заключение принято на расширенном заседании лаборатории моделирования динамики эндогенных и техногенных систем (№ 213) ИГМ СО РАН. Всего присутствовало – 22 человека, из них докторов геол.-мин. наук – 8, кандидатов геол.мин. наук – 10. Протокол № 641 от 30 мая 2019 года.

Заключение оформил:



Шарапов Виктор Николаевич  
доктор геолого-минералогических наук,  
главный научный сотрудник лаборатории  
моделирования динамики эндогенных и  
техногенных систем (№ 213) ИГМ СО РАН