

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации «**ВЛИЯНИЕ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ БЫВШЕГО СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА**», представленной **Субботиным Сергеем Борисовичем** на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология

Диссертационная работа **Субботина С. Б.**, выполненная в Филиале «Института радиационной безопасности и экологии» Республиканского Государственного предприятия «Национальный ядерный центр Республики Казахстан», является исключительно важной и своевременной, т. к. рассматривает вопросы радиоактивного загрязнения подземных вод в районе проведения испытаний ядерного оружия. Результаты выполненных исследований направлены на оценку экологической обстановки в границах участков отчуждений сопредельных с территориями, на которых проживает население и ведётся хозяйственная деятельность. Объектом исследования в данной работе является оценка масштабов радиоактивного загрязнения подземных вод и исследование его динамики под влиянием естественных факторов.

Вопросы радиоактивного загрязнения подземных вод обычно рассматриваются применительно к условиям эксплуатации отдельных профильных производств закрытого типа, связанных с переработкой ядерного сырья, где особое внимание уделяется утилизации радиоактивных отходов. В данной работе рассматривается последствия уникального случая непосредственного воздействия продуктов ядерных взрывов на подземную гидросферу, при котором проявилось масштабное загрязнение геологической среды. Необходимость оценки изменения гидрогеологических условий не вызывает сомнений, а способы её реализации представляют сложную задачу, решение которой требует проведения специальных работ исследовательского характера. Поэтому данная работа является весьма **актуальной** т.к. позволяет оценить масштабы такого загрязнения и прогнозировать развитие его во времени, и в этом заключается большая **практическая значимость** проведённых исследований.

**Научная новизна** работы выражается в том, что впервые для данной территории предложены методы оценки масштабов радиоактивного загрязнения подземной гидросферы с применением балансового подхода, опирающегося на обширный фактический материал опробования подземных вод, выполненного с использованием современного аналитического оборудования и экспериментальные исследования сорбционных свойств горных пород. В результате автором выполнена прогнозная оценка миграции техногенных радионуклидов с подземными водами за пределы испытательных площадок «Дегелен» и «Балапан», что является методической основой для понимания механизмов формирования радиоэкологической обстановки на территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона.

Особой оценки заслуживает личный вклад автора в решение поставленных задач. При его непосредственном участии не только создавалась сеть наблюдательных гидрогеологических скважин и в течение многих лет проводились режимные наблюдения, но и укреплялась лабораторная база, позволившая на высоком техническом уровне выполнять сложные аналитические работы.

**К замечаниям** можно отнести очень поверхностное описание сети гидрогеологических скважин, показанной на рис. 8. Для площадки «Балапан» этот фактический материал имеет решающее значение с точки зрения оценки путей миграции радионуклидов, но в тексте автореферата нет упоминания принципов организации наблюдательной сети и её дальнейшего развития.

Текст автореферата написан грамотно и весьма удачно дополнен большим количеством схем, рисунков и графиков, опубликованные статьи в полной мере отражают

содержание диссертационной работы, которая соответствует современным требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертационной работы **Субботин Сергей Борисович** заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.36 - Геоэкология.

Профессор кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Института природных ресурсов Федерального государственного автономного Образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»,  
лауреат Государственной премии СССР, д.г.-м.н.  
Тел.: (3822) 60-63-85, e-mail: gige\_ignd@mail.ru

 С.Л. Шварцев

Доцент кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Института природных ресурсов Федерального государственного автономного Образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», к.г.-м.н.  
Тел.: (3822) 60-63-85, e-mail: kki@tpu.ru



К.И. Кузеванов

Подписи С.Л. Шварцева и К.И. Кузеванова заверяю

Ученый секретарь ТПУ



 О.А. Ананьева

17.04.2015 года



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы  
**Субботина Сергея Борисовича**  
**«Влияние радиоактивного загрязнения подземных вод на  
радиоэкологическую обстановку бывшего Семипалатинского  
испытательного полигона»,**  
представленной на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук по специальности  
25.00.36 – «геоэкология»

Работа посвящена актуальной проблеме анализа зависимости скорости распространения радиоактивного загрязнения от источников радионуклидов и путей их миграции с подземными водами. Автором проведена оценка воздействия подземных ядерных взрывов на процесс развития радиоэкологической обстановки на бывшем Семипалатинском испытательном полигоне.

В процессе исследования автором успешно использовались современные методики подготовки проб к спектрометрическим и радиохимическим анализам, измерения содержания радионуклидов в исследуемых образцах, а также методы математического моделирования и визуализации данных, удачное сочетание которых позволило получить хорошо обоснованные результаты.

**Актуальность** темы диссертации обусловлена прикладным аспектом исследования и не вызывает сомнений.

**Научная значимость** диссертации заключается в применении компьютерных расчетных алгоритмов, на основе которых созданы аналитические модели изменчивости показателей загрязненности исследуемой территории, позволивших вариативно анализировать степень загрязненности.

**Новизна.** Исследования миграции радионуклидов в подземной среде проводятся как в лабораторных, так и в натуральных условиях. При этом лабораторные исследования полезны для выявления механизмов отдельных процессов, влияющих на миграцию радионуклидов. Натурные исследования имеют особое значение, поскольку их результаты учитывают весь спектр геохимических условий, оказывающих влияние на миграцию радионуклидов в подземной среде. Автором проанализирован большой массив данных полевых исследований миграции  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^3\text{H}$ , что определяет несомненную новизну работы.

**Практическая значимость** состоит в возможности применения разработанных методов и моделей для проведения системной комплексной оценки загрязненности территорий с учетом глобальных миграционных процессов.

**Достоверность.** В работе получены результаты в условиях, наиболее близких к реальным условиям миграции радионуклидов из источников радиационного загрязнения. В связи с этим достоверность сделанных в работе выводов безусловна.

В качестве замечания по автореферату хотелось бы отметить следующее:

1. Диссертант ссылается в автореферате на результаты математического моделирования миграции рассмотренных им радионуклидов. В то же время в автореферате отсутствуют даже общие сведения о математической модели и, тем более об исходных данных, на основании которых проводилось моделирование.

2. Хорошо известно, что скорость миграции радионуклидов зависит от сорбционных свойств вмещающих пород по отношению к этим радионуклидам. Эти свойства для осадочных пород зависят от гранулометрического состава осадков и фазового состава (в частности, наличия глинистой компоненты), о чем сведения в автореферате полностью отсутствуют, что существенно ограничивает возможность обобщения выводов диссертанта на другие геохимические условия.

3. В автореферате полностью отсутствуют данные о формах миграции радионуклидов (т.е. ионная или коллоидная), между тем для анализа скорости распространения радиоактивного загрязнения в подземной среде эти данные имеют первостепенное значения (см. Honeyman B.D. Colloidal culprits in contamination // Nature. 1999. V. 397. – P. 23–24).

Следует отметить, что, несмотря на сделанные замечания, диссертационная работа Субботина С.Б. весьма интересна в своей постановке, выполнена на высоком научном уровне.

Судя по автореферату, диссертационная работа Субботина С.Б. по своей актуальности, объему и глубине выполненных исследований, научной новизне и практической значимости отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология, а соискатель заслуживает присуждения ему искомой степени.

Ведущий научный сотрудник  
ИГЕМ РАН  
доктор геол.-мин. наук

И.А.Чижова

Москва, 119017,  
Старомонетный пер., 35  
Тел.: (499) 230-82-80  
E-mail: tchijova@igem.ru

06.04.15.





## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Субботина Сергея Борисовича  
«Влияние радиоактивного загрязнения подземных вод на радиоэкологическую  
обстановку бывшего Семипалатинского испытательного полигона»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических  
наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология

В диссертационной работе Субботина С.Б. представлены результаты экспериментальных исследований по анализу радиоэкологической обстановки бывшего Семипалатинского испытательного полигона, связанной с миграцией радионуклидов с подземными водами. Выделение общих закономерностей формирования и распространения ореолов радиоактивного загрязнения выполнено на основе многолетнего мониторинга разновозрастных водоносных горизонтов, развитых в пределах технических площадок и за их границами. Полученные данные лабораторных определений содержания основных радионуклидов ( $^3\text{H}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{239+240}\text{Pu}$ ) позволили установить особенности пространственного распределения и диапазон вариаций их концентраций в подземных водах.

Представленная к защите работа выполнена в Филиале «Институт радиационной безопасности и экологии» Республиканского Государственного предприятия «Национальный ядерный центр Республики Казахстан». Соискатель принимал непосредственное участие в выполнении работ по отбору проб подземных вод, подготовке проб к спектрометрическим и радиохимическим анализам, проведении измерений содержания радионуклидов в исследуемых образцах, обработке и интерпретации экспериментального материала. Полученные результаты представлены в технических отчетах и статьях, опубликованы в зарубежных и российских журналах, сборниках и трудах конференций за период с 2000 г. по 2014 г.

Тема работы актуальна с позиции решения проблемы максимального уменьшения техногенного влияния на окружающую среду и обеспечения радиационной безопасности территории Семипалатинского испытательного полигона и прилегающих территорий. Особую значимость имеют исследования по оконтуриванию ореолов радиоактивного загрязнения и выделению основных путей миграции радионуклидов, приуроченных к зонам влияния разрывных нарушений.

В диссертационной работе впервые выполнен анализ сорбционных свойств природно-техногенных систем, сформированных в пределах испытательного полигона на участках проведения подземных ядерных взрывов. Особое внимание уделено изучению геологического строения и гидрогеологической ситуации технических площадок «Дегелен» и «Балапан», контролирующих условия миграции радионуклидов с подземными водами.



Научная новизна диссертационной работы состоит в прогнозной оценке состояния и развития радиозоологической обстановки на Семипалатинском полигоне, связанной с радиоактивным загрязнением подземных вод.

Практическая значимость диссертации заключается в разработке методики превентивных мероприятий по ограничению и снижению риска радиоактивного загрязнения окружающей среды на основе использования природных геологических и искусственных сорбционных систем – барьеров, размещаемых вкост преимущественных направлений миграции основных радионуклидов. Полученные результаты лабораторных исследований по изучению сорбционных свойств горных пород могут быть использованы при прогнозной оценке радиозоологических рисков нештатных ситуаций, связанных с функционированием предприятий атомной промышленности и ядерно-энергетического комплекса.

Основные положения диссертационной работы и результаты экспериментальных исследований, проводимых на Семипалатинском испытательном полигоне, были представлены на международных и российских конференциях.

Необходимо отметить ряд замечаний к автореферату:

- к сожалению, в сжатом объеме приведена информация по содержанию первой и второй глав по сравнению с другими разделами диссертационной работы;

- отсутствует информация по мониторингу радиационной ситуации, проводимому на технических площадках «Дегелен» и «Балапан» в период существования Семипалатинского испытательного полигона;

- не приведены сведения по экспериментальным данным, которые использованы в качестве исходных при прогнозной оценке содержания радионуклидов в породах сформированных зон необратимого деформирования массива;

- не указаны ссылки на работы, из которых, в частности, приведены рисунки 1, 7 и 14, схематизирующие строение центральной зоны подземного ядерного взрыва и гидродинамические эффекты;

- не корректно сформулировано положение о последствиях воздействия серии взрывов на состояние рассматриваемого массива на стр.19, как «слияние зон различных по степени деформации».

Конечно, вышеперечисленные замечания не уменьшают значимость диссертационной работы, в которой не только изложен большой объем экспериментальных и лабораторных данных, полученных соискателем при проведении многолетнего мониторинга радиационной обстановки на Семипалатинском испытательном полигоне, и выполнена его обработка, но и проведена прогнозная оценка миграции радионуклидов с подземными водами.



Субботин Сергей Борисович является сложившимся ученым, способным решать современные задачи по изучению современной радиозокологической ситуации.

Диссертационная работа Субботина С.Б. является законченной научно-исследовательской работой и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор представленной диссертационной работы заслуживает присуждения степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.36 – Геозкология.

Заведующий лабораторией  
«Приповерхностная геофизика»,  
доктор физико-математических наук  
профессор

Александрович



Спивак Александр

Старший научный сотрудник,  
кандидат физико-математических наук



Горбунова Элла Михайловна

Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Институт динамики геосфер  
Российской академии наук ИДГ РАН

119334, г. Москва, Ленинский проспект, д.38, корпус 1  
Тел. 8-495-939-75-91  
Email: [spivak@idg.chph.ras.ru](mailto:spivak@idg.chph.ras.ru)

Подписи Спивака Александра Александровича и Горбуновой Эллы Михайловны  
заверяю.

Зам.директора ИДГ РАН

Турунтаев Сергей Борисович



24.03.2015г

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации С.Б.Субботина  
**«Влияние радиоактивного загрязнения подземных вод на  
радиоэкологическую обстановку бывшего Семипалатинского  
испытательного полигона»,**  
представленной на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук  
по специальности 25.00.36 - геоэкология

Диссертационная работа С.Б.Субботина посвящена изучению важнейших экологических проблем, возникших после проведения подземных ядерных взрывов на Семипалатинском испытательном полигоне с 1961 по 1989 год. В этот период было испытано более четырехсот ядерных устройств в горизонтальных горных выработках – штольнях и «боевых скважинах». Эти испытания позволили создать надежный ядерный щит СССР, при экологических последствиях намного меньших, чем при наземных ядерных взрывах.

Тем не менее, даже при проведении подземных ядерных взрывах на глубинах от 100 до 500 м экологическая ситуация на значительной площади существенно поменялась. Это произошло не только за счет изменения поверхностного ландшафта, обрушения горных пород в полости взрывов, создания наложенной трещиноватости в окружающих горных массивах, но самое главное – в захоронении громадного количества высокорadioактивных долгоживущих элементов, которые со временем мигрируют с водными и газовыми флюидами во внешнюю среду. Мониторинг этих изменений является весьма важным не только с научной точки зрения, но главное с практической стороны, так как, планируется передача части территорий полигона в хозяйственный оборот.

В основу рассматриваемой работы положены результаты многолетних исследований автора состояния подземной гидросферы на испытательных площадках «Дегелен» и «Балапан» Семипалатинского полигона. При этом отобрано и проанализировано более 550 проб подземных вод, проведены экспериментальные исследования распространения радионуклидов  $^3\text{H}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , и  $^{239-240}\text{Pu}$  и динамики их концентраций в подземных водах в годовом и многолетних циклах. Определена емкость природных и искусственных сорбционных систем по отношению к техногенным радионуклидам, оценено влияние миграции техногенных радионуклидов в подземных водах на формирование радиоэкологической обстановки на территории Семипалатинского полигона.

Представленные материалы свидетельствуют о том, что суммарный расход штольневых вод испытательной площадки Дегелен составляет более  $7000 \text{ м}^3/\text{сутки}$ . При этом годовой вынос радионуклидов составляет в среднем  $6 \cdot 10^{11} \text{ Бк} - ^{137}\text{Cs}$ ,  $5 \cdot 10^{11} \text{ Бк} - ^{90}\text{Sr}$  и  $2 \cdot 10^{11} \text{ Бк} - ^3\text{H}$ . Количество выносимых с штольневыми водами радионуклидов напрямую коррелируется с величиной



выпавших атмосферных осадков. Автор отмечает, что за период наблюдения с 1999 года «вынос радионуклидов остается стабильным» (стр. 8).

Анализ распространения техногенных радионуклидов при их миграции с подземными водами от горного массива Дегелен на прилегающие территории показал, что за пределами этого массива содержание их (кроме трития) снижаются до уровней минимально-детектируемой концентрации (МДК). А концентрации трития в водах на границе массива Дегелен достигает 300 кБк/кг, снижаясь в десять раз до 30 кБк/кг на расстоянии 10 км от гор и не превышает 1 кБк/кг при удалении от гор на 15-20 км. Эти концентрации более чем в 7 раз ниже уровня вмешательства по гигиеническим нормативам, установленным Правительством Республики Казахстан.

Рассмотрение гидрохимических материалов по испытательной площадке Балапан, где подземные ядерные взрывы проводились в скважинах, показало на значительно меньшее загрязнение подземных вод техногенными радионуклидами. Так, концентрации  $^{137}\text{Cs}$  во всех исследованных пробах не превысила допустимых значений для питьевых вод. И лишь в 50 м от «боевой» скважины №1056 концентрация  $^{137}\text{Cs}$  в гидрогеологической скважине достигала 4 Бк/кг. Концентрации  $^{90}\text{Sr}$  в подземных водах на большей части исследованной территории не превышают 1 Бк/кг, и только в 50 м от «боевой» скважины №1056 она была наибольшей и составляла 1240 Бк/кг.

На основе полученных данных были сделаны выводы о том, что:  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  не распространились на расстояние более 50 м от боевых скважин, содержание плутония ( $^{239+240}\text{Pu}$ ) не превышает минимальной детектируемой удельной активности (МДУА), равной 0,002 Бк/кг. Однако радиоактивное загрязнение долгоживущими техногенными радионуклидами продолжается до сих пор и имеет относительно стабильный характер.

Весьма интересные данные получены автором в ходе лабораторных исследований сорбционных свойств горных пород Семипалатинского испытательного полигона по отношению к техногенным радионуклидам.

При этом показано, что граниты сорбируют  $^{137}\text{Cs}$  в виде доступной формы 77,8% (водорастворимая + обменная + подвижная), фиксированной формы 21,8% и прочно связанной формы – 0,4%. На диоритах же доля сорбировавшегося  $^{137}\text{Cs}$  в виде доступной формы составила 21%, а фиксированной – 79%. Выявленные различия сорбционных свойств изученных пород объясняются автором их разным минералогическим составом.

Выполненная расчетная оценка возможного развития радиоэкологической обстановки на территории площадки Дегелен показала, что весь объем наработанных при ПЯВ  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  будет адсорбирован из штольневых вод рыхлыми отложениями речных долин в границах горного массива Дегелен. Натурные исследования в пределах основной водной артерии этого массива – ручье Узынбулак свидетельствуют о том, что по данным буровых скважин на этой территории в подземных водах

фиксируется только тритий, а концентрации  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{239-240}\text{Pu}$  не превышали МДК.

Сделан вывод о том, что рыхлые отложения речных долин массива Дегелен обладают достаточно высокими сорбционными характеристиками и снижают концентрации стронция-90 и цезия-137 в 1000 раз. В тоже время показано, что сорбционная эффективность системы блоков горных пород в зонах необратимых деформаций крайне низкая. Поэтому прогнозируется постепенный вынос радиоактивных продуктов в речные долины и фиксирование их в толще рыхлых отложений только в пределах испытательной площадки Дегелен.

Основным радионуклидом в подземных водах за пределами массива Дегелен является тритий и показана возможность его миграции с подземными водами за пределы горного массива на расстояние до 20 км. На этом пути происходит снижение концентрации трития до безопасных уровней за счет разубоживания атмосферными осадками, испарения и транспирации растительностью. То есть, радиозоологическая обстановка за пределами 20 км зоны от массива Дегелен не ухудшается за счет выноса техногенных радионуклидов.

На испытательной площадке Балапан во время ПЯВ предположительно по данным автора наработано  $^{137}\text{Cs}$  –  $1,9 \cdot 10^{16}$  Бк и  $^{90}\text{Sr}$  –  $1,5 \cdot 10^{16}$  Бк. Но как показывают данные многолетнего радионуклидного мониторинга концентрации стронция-90 и цезия-137 в подземных водах на территории этой площадки не превышают допустимых значений для питьевых вод.

Выполненные расчеты по сорбционной емкости зон дробления и трещиноватости, сформированных при ПЯВ, показали, что природно-техногенная система на поверхности обломков горных пород и плоскостях трещин способна отсорбировать несколько больше стронция-90 и цезия-137, чем их образовалось в результате взрывов.

Данные по створу между «боевыми» скважинами №№1054 и 1004 («Атомное» озеро) показывают, что подземные воды с высокой концентрацией  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  циркулируют в пределах до 100-200 м от ствола «боевой» скважины №1054 (рис.16). На расстоянии 750-1000 м от нее концентрации радионуклидов значительно снижаются и не превышают значений УВ (табл.3). Однако в ряде скважин установлены концентрации трития, значительно превышающие УВ.

На основании выполненной прогнозной оценки автором сделаны важные выводы о том, что: «...в обозримом будущем повышения концентрации радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{239-240}\text{Pu}$  выше нормативных значений для питьевой воды в потоках подземных вод за пределами испытательных площадок Дегелен и Балапан, не будет... Основным искусственным радионуклидом в подземных водах в настоящее время и в ближайшем будущем будет являться только тритий».

Выполненные С.Б.Субботиным исследования освещают важные вопросы экологического состояния территорий, загрязненных



искусственными радионуклидами в результате проведения подземных ядерных взрывов. Результаты 18-летних мониторинговых работ автора на одном из самых больших атомных полигонов СССР показывают, что предпринимаемые меры по локализации негативных последствий ПЯВ дают определенные положительные результаты, которые свидетельствуют о возможном вовлечении в хозяйственную деятельность значительной части бывшего полигона, где непосредственно не проводились испытания.

Таким образом, С.Б.Субботиным выполнен важный этап исследований по изучению отдаленных экологических последствий крупномасштабных подземных ядерных взрывов в горных выработках и «боевых» скважинах на бывшем Семипалатинском испытательном полигоне. Им собран, систематизирован и проанализирован обширный геологический, гидрогеохимический и специфический военно-технический материал по этому важному техногенному объекту. Теоретические выводы и практические предложения по дальнейшему использованию нарушенных ПЯВ территорий имеют большое научно-практическое значение.

Диссертационная работа С.Б.Субботина имеет большое научно-практическое значение для исследования вопросов взаимодействия техногенных радионуклидов с горными породами, подземными и поверхностными водами, возвращения зараженных территорий в хозяйственный оборот. Она вносит достойный вклад в изучение и решение экологических проблем территорий, подвергшихся техногенному радиоактивному воздействию, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности геоэкология.

Заведующий сектором гидрогеологии  
Пятигорского ГНИИ курортологии  
ФМБА России,  
к.г.-м.н.

Потапов Е.Г.

Подпись Потапова Е.Г. заверяю

Ученый секретарь, к.м.н.



Чалая Е.Н.

**ПЯТИГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НИИ КУРОРТОЛОГИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО АГЕНТСТВА**  
Россия, Ставропольский край, г.Пятигорск, проспект Кирова, 30  
код 8-879-3, тел.39-18-40  
E-mail:priemnaya@gniik.ru

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Субботина Сергея Борисовича  
«Влияние радиоактивного загрязнения подземных вод на радиозэкологическую  
обстановку бывшего Семипалатинского испытательного полигона»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук  
по специальности 25.00.36 – Геоэкология

Проведение многочисленных ядерных испытаний различного типа на технических площадках Семипалатинского испытательного полигона привело к формированию ореолов и пятен радиоактивного загрязнения в почво-грунтах и массиве горных пород, вмещающих центральные зоны подземных ядерных взрывов. Техногенно сформированные поля радиоактивного загрязнения с течением времени претерпевают существенные изменения, прежде всего, в результате процессов радионуклидной миграции различного типа. Особую важность и интерес представляет изучение характера миграции радионуклидов с подземными водами, поскольку в результате этого процесса может произойти радиоактивное загрязнение источников питьевого водоснабжения.

Поэтому диссертационная работа Субботина С.Б. посвящена оценке и прогнозу радиоактивного загрязнения подземных вод на основных технических площадках Семипалатинского испытательного полигона (СИП) «Балапан» и «Дегелен».

Работа Субботина С.Б. представляет большой научный и практический интерес. В результате выполнения работы были получены новые данные по распространению ореола радиоактивного загрязнения с подземными водами как на участках проведения ядерных испытаний на площадках «Дегелен» и «Балапан», так и за их пределами в целом.

Необходимо отметить, что основным результатом исследований, выполненных соискателем, заключается в прогнозной оценке радиозэкологической обстановки в районе горного массива Дегелен и площадки «Балапан». В основу прогноза положены экспериментальные данные многолетнего мониторинга на различных участках технических площадок и прилегающей к ним территории. Сравнение результатов аналитических расчетов с данными режимных наблюдений за водопритоками из штолен позволило сделать вывод о том, что с выносом из штолен будет происходить постепенное уменьшение концентрации  $^{90}\text{Sr}$ , и трития и слабое увеличение концентрации  $^{239+240}\text{Pu}$ .

Концентрации  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{239+240}\text{Pu}$  в подземных водах на площадке «Балапан» находятся ниже значений МДК, либо не превышают допустимых значений для питьевой воды. По данным мониторинга в ряде наблюдательных скважин обнаружено повышенное содержание трития, которое снижается при удалении от участков проведения ПЯВ.



Таким образом, рассматриваемая работа актуальна в свете рассмотрения возможности использования подземных вод и земель, прилегающих к техническим площадкам СИП в хозяйственных целях. В связи с этим особое значение приобретает вопрос о предоставлении общественности достоверной научной информации по современной радиозоологической обстановке на полигоне и сопредельных территориях.

Научная новизна диссертационной работы очевидна. Впервые для технических площадок «Дегелен» и «Балапан» рассчитаны основные параметры зон необратимого деформирования массив горных пород и активность радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ , адсорбированных в гранитах и диоритах. Полученные данные использованы при моделировании и прогнозной оценке распространения ореолов радиоактивного загрязнения с подземными водами.

Практическая значимость работы заключается в необходимости оценки радиационной ситуации территории СИП для выделения участков, приемлемых для возобновления хозяйственной деятельности.

Результаты исследований по теме диссертации были доложены на региональных, всероссийских и международных научных и научно-практических конференциях.

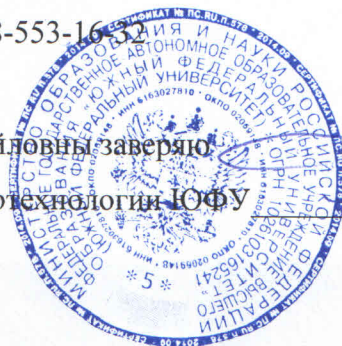
Субботин Сергей Борисович является сложившимся ученым, способным решать актуальные задачи, направленные на анализ и оценку радиозоологической обстановки, территорий, подверженных радиоактивному загрязнению. Диссертационная работа Субботина С.Б. является законченной научно-исследовательской работой и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор представленной диссертационной работы заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология.

Профессор кафедры почвоведения  
и оценки земельных ресурсов  
Академии биологии и биотехнологии  
Южного федерального университета,  
доктор биологических наук

Минкина Татьяна Михайловна

Южный федеральный университет  
344006, Ростов-на-Дону, Б.Садовая, д.105/42  
e-mail: [tminkina@mail.ru](mailto:tminkina@mail.ru), тел.: 8-918-553-1632

Подпись Минкиной Татьяны Михайловны заверяю  
Директор Академии биологии и биотехнологии ЮФУ  
06.04.2015 г.



Айдаркин Е.К.

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Субботина Сергея Борисовича «Влияние радиоактивного загрязнения подземных вод на радиоэкологическую обстановку бывшего Семипалатинского испытательного полигона» (Москва, 2015), представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.36 – геоэкология.

Диссертационная работа С.Б. Субботина, выполненная в Филиале Института радиационной безопасности и экологии Республиканского Государственного предприятия "Национальный ядерный центр Республики Казахстан", направлена на оценку долговременного воздействия подземных ядерных взрывов на развитие радиоэкологической обстановки в районе Семипалатинского испытательного полигона в связи с миграцией радионуклидов в подземных водах территории и их разгрузкой в поверхностные водотоки.

Актуальность и важность темы диссертации обусловлена ее направленностью на решение научных и прикладных проблем формирования и многолетнего пространственного развития техногенных ореолов рассеяния повышенных концентраций основных радионуклидов в подземных водах различных гидрогеологических подразделений, развитых в пределах технических площадок Семипалатинского полигона и за их пределами.

В основу диссертации положены обширные материалы многолетнего мониторинга и комплексных геоэкологических исследований радиоактивного загрязнения геологической среды в пределах полигона на участках проведенных подземных ядерных взрывов на примере двух площадок - Дегелен и Балапан.

Основными задачами, стоящими перед автором, было анализ современного состояния подземной гидросферы на указанных площадках, проведение экспериментальных исследований распространения радионуклидов и их динамики в многолетнем разрезе, оценка влияния миграции в подземных водах техногенных радионуклидов за пределы испытательных площадок.

Судя по тексту автореферата, в представленной диссертации на базе выполненных исследований уточнены основные факторы формирования качественного состава радиоактивных дренажных вод, разгружающихся из штолен, пройденных в скальных породах. Доказано, что рыхлые отложения межгорных впадин по сорбционным свойствам существенно превосходят массив скальных трещиноватых пород. Показано, что в целом по территории Семипалатинского полигона в обозримом будущем повышения концентрации радионуклидов выше нормативных значений для питьевых вод за границами площадок не прогнозируется.



На рассмотрение автором выносятся три защищаемых положения, сформулированные в развернутых тезисах и в концентрированном виде отражающих суть диссертационной работы. Представленные по защищаемым положениям пояснения в автореферате достаточно аргументированы.

Основные положения диссертации опубликованы в 15 работах, из них 3 статьи помещены в рецензируемых журналах по перечню ВАК, 2 статьи – в иностранных периодических изданиях и докладывались на совещаниях и конференциях всероссийского и международного уровня.

Оценивая автореферат в целом, следует отметить, что диссертация С.Б. Субботина представляется законченной добротной научно-исследовательской работой, в которой достаточно аргументированно обосновано развитие ореолов рассеяния техногенных радионуклидов в подземной гидросфере и в поверхностных водах территории Семипалатинского полигона.

Судя по автореферату, диссертационная работа отвечает требованиям ВАКа к кандидатским диссертациям, а автор – Субботин С.Б. заслуживает присвоения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.36 – геоэкология.

Апрель 2015 года  
г. Хабаровск

Главный научный сотрудник  
лаборатории гидрологии и гидрогеологии  
ИВЭП ДВО РАН,  
Заслуженный геолог Российской Федерации,  
доктор геолого-минералогических наук

В.В. Кулаков

Кулаков Валерий Викторович  
680000 г. Хабаровск, ул. Дикопольцева, 56, ИВЭП ДВО РАН  
тел. 8 9625027698 [vykulakov@mail.ru](mailto:vykulakov@mail.ru)

Подпись <u>В.В. Кулакова</u>
<b>ЗАВЕРЯЮ</b>
Начальник отдела кадров ИВЭП ДВО РАН <u>С.Н. В.Н. Сереев</u>
Дата " <u>03</u> " <u>04</u> 201 <u>5</u> г.





## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Сергея Борисовича Субботина  
"Влияние радиоактивного загрязнения подземных вод на радиоэкологическую обстановку  
бывшего Семипалатинского испытательного полигона",  
представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук  
по специальности 25.00.36 – «Геоэкология»

Диссертационная работа посвящена исследованию миграции техногенных радионуклидов (несдетонировавших ядерных взрывчатых веществ, осколочных продуктов, нейтронно-индуцированных изотопов) в водной среде для различных геолого-гидрогеологических условий Семипалатинского испытательного полигона (СИП).

В настоящее время на территории СИП уже ведется хозяйственная деятельность (в прошлом запрещенная) – работают горнодобывающие предприятия и ведется выпас скота. В дальнейшем планируется увеличить размах этой деятельности за счет вовлечения новых земель в хозяйственный оборот. Остается не до конца выясненным вопрос о возможности выноса радионуклидного загрязнения за пределы существующих границ полигона, в связи с чем следует напомнить, что СИП находится в пределах водосбора р. Иртыш, являющейся трансграничным водным объектом. Поэтому формулировка обоснованного долгосрочного радиоэкологического прогноза безопасности СИП и прилегающих территорий является весьма актуальной задачей.

Обширные исследования, выполненные в 1990<sup>е</sup> и начале 2000<sup>х</sup> гг. на СИП, показали, что в условиях аридного климата достаточно прочная фиксация техногенных радионуклидов имеет место в верхнем слое почво-грунтов. Большая мощность зоны аэрации при малом объеме атмосферных осадков и высокой эвапотранспирации делает время вертикального переноса нуклидов с инфильтрационными водами весьма значительным, что, на первый взгляд, дает возможность формулировки благоприятного прогноза в отношении радиоэкологической безопасности СИП в плане переноса радионуклидов с подземными водами. Однако на ряде участков ядерные взрывы производились в зоне распространения подземных вод или на участках, где инфильтрационное питание следует признать значительным, то есть в условиях, когда возможно поступление техногенных нуклидов в подземную гидросферу. Последнее обстоятельство является ключевым при построении прогноза распространения радиоактивного загрязнения для площадок «Дегелен» и «Балапан», а также прилегающих территорий СИП, которые исследуются в рассматриваемой работе.

Экспериментальная часть работы опирается на сотни анализов проб, характеризующих подземные и поверхностные воды на площадках «Дегелен» и «Балапан». Длительность периода мониторинга в некоторых случаях достигает 18 лет. Полезную информацию дают лабораторные опыты по исследованию сорбции/десорбции <sup>137</sup>Cs на крупнообломочных образцах вмещающих пород, аналогичных скальным горным породам зон необратимых деформаций вблизи точек взрывов.

Площадка «Дегелен». Взрывы производились в горизонтальных штольнях выше уровня подземных вод, однако из части горных выработок имеет место постоянная или сезонная разгрузка подземных вод. Предельное расстояние переноса радионуклидов оценено, исходя из размеров локальных водосборных бассейнов, и не превышает, согласно данным автора работы, 20 км, то есть сохраняется в пределах СИП. Многолетнее исследование позволило сформулировать три важных количественных наблюдения. Во-первых, оценено время наступления реакции подземного стока на весенний пик выпадения осадков, разрыв между которыми составляет около двух месяцев. Во-вторых, были рассчитаны объемы выноса <sup>239+240</sup>Pu, <sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr и <sup>3</sup>H, а также показано, что в годы с большим количеством осадков объем выноса радионуклидов возрастает. В-третьих, доказано, что имеет место вынос радиоактивного загрязнения в составе поверхностных и подземных вод за пределы санитарно-охранной зоны площадки «Дегелен». Максимальная дистанция разноса отмечена для трития (наиболее подвижного компонента загрязнения), его активности на УВ и выше отмечаются



на расстояниях до 10–15 км от горного массива. Остальные, указанные выше радиоизотопы, хотя и выносятся за пределы санитарно-охранной зоны площадки «Дегелен», однако их активности в поверхностных и подземных водах, как правило, не превышают УВ.

Площадка «Балапан». Взрывы производились в вертикальных скважинах ниже уровня подземных вод. Для этого типа взрывов характерно довольно сложная физика процесса. Выполненные исследования позволили автору (с учетом ранее полученных в других работах результатов) схематизировать воздействие взрыва на подземные воды и вмещающую среду, как на момент взрыва, так и на последующие периоды времени. Обстоятельством, требующим серьезной проработки прогноза в случае площадки «Балапан» является тот факт, что региональный фильтрационный поток направлен к области разгрузки, представленной долиной р. Иртыш. Натурные измерения демонстрируют, что загрязнение подземных вод  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  локализовано вблизи боевых скважин и что наиболее подвижным компонентом радиационного загрязнения также оказывается тритий.

Как для площадки «Дегелен», так и для площадки «Балапан» многолетний натурный мониторинг указывает на относительно стабильный характер загрязнения подземных и поверхностных вод долгоживущими техногенными радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$  и тритием.

Количественный прогноз распространения радиоактивного загрязнения за пределы площадок «Дегелен» и «Балапан» основывается:

- на лабораторных экспериментах автора по сорбции/десорбции  $^{137}\text{Cs}$  на крупнообломочном субстрате кристаллических горных пород СИП, характерных для участков испытаний, а также ранее полученных оценках этих параметров;

- на полевых наблюдениях за состоянием горных пород в зонах дробления, вызванных ядерными взрывами, и данных о состоянии вмещающей среды в период проходки горных выработок;

- на данных прямых наблюдений за активностями адсорбированной и фиксированной форм  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в горных породах, вскрываемых выработками, в подземных водах и в донных отложениях поверхностных водотоков, а также за активностями трития в воде.

Использование указанных оценок количественных параметров позволило автору (совместно со специалистами Радиевого института имени В.Г. Хлопина РАН, Санкт-Петербург) выполнить моделирование распространения радиоактивного загрязнения за пределы единичного участка взрыва, в предположении, что исходно основная доля активности содержится в расплавной зоне. Результаты моделирования дают благоприятный прогноз в отношении распространения  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{239+240}\text{Pu}$ .

Таким образом, автором работы выполнен тщательный анализ опубликованных и фондовых результатов, получен достаточный объем оригинальных экспериментальных материалов по площадкам «Дегелен», «Балапан» и выполнены необходимые модельные расчеты для формулировки обоснованного прогноза распространения радионуклидного загрязнения на названных объектах и прилегающих территориях. Полученные экспериментальные материалы и модельные расчеты позволяют решить все поставленные в работе задачи по оценке влияния радиоактивного загрязнения подземных вод на радиоэкологическую обстановку бывшего Семипалатинского испытательного полигона. Полученные результаты позволяют также провести более обоснованный выбор точек долгосрочного мониторинга и выбрать режим опробования, в том числе на существующих объектах хозяйственной деятельности в пределах СИП.

Замечания к автореферату.

Некоторые положения интерпретации натуральных данных представляются спорными.

Во-первых, временной разрыв между весенним пиком выпадения осадков и временем реакции поверхностного стока действительно следует принять «за время инфильтрации атмосферных осадков через трещинную систему в горах Дегелен» (стр. 7



автореферата). Однако, это время никак не характеризует собственно темпы распространения радионуклидов в подземных водах массива Дегелен от участков испытания ядерных устройств. Этот параметр может оказаться важным, поскольку часть радионуклидов может вымываться транзитным нисходящим потоком инфильтрационных вод из полостей взрывов, поступать в систему водоносных трещин, а затем разгружаться в речную сеть, как внутри массива, так и за его пределами.

Во-вторых, автором отмечено, что «в годы с большим количеством осадков вынос радионуклидов возрастает» (стр. 8 автореферата). Это обстоятельство никак в работе не обсуждается, хотя оно означает возможность увеличения объема выноса радиоизотопов при изменении условий питания. Поскольку прогноз, особенно в отношении изотопов плутония, должен даваться на промежутки времени, сравнимые с продолжительностью вариаций климатических фаз, то это фактор не следует сбрасывать со счетов.

В-третьих, автор считает, что «все запасы трития вместе с подземными водами расходуются на испарение и транспирацию растениями на расстоянии не более 20 км от массива Дегелен» (стр. 18 автореферата). То есть, принимается, что в пределах 20-километровой зоны эвапотранспирация полностью поглощает сток с горного массива Дегелен. Однако, в автореферате не приведены наблюдения или расчеты, поддерживающие данное утверждение. Между тем это обстоятельство может оказаться существенным для обоснования прогноза, если будет выяснено, что часть радиоактивного загрязнения поступает в водоносную систему, связанную с региональной трещиноватостью.

Высказанные выше соображения не являются замечаниями, ставящими под сомнение защищаемые автором диссертации положения. Они, скорее, свидетельствуют о необходимости продолжения работы.

Работа Сергея Борисовича Субботина удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к квалификационной работе, а автор, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00. 36 – «Геоэкология».

Заведующий лабораторией  
«Геоморфологические и палеогеографические  
исследования полярных регионов и  
Мирового океана»,  
профессор кафедры геоморфологии  
Института наук о Земле  
Санкт-Петербургского университета  
доктор геолого-минералогических наук

Кузнецов В.Ю.

Зам. директора Ресурсного центра «Геомодель»  
Научного парка Санкт-Петербургского университета  
кандидат геолого-минералогических наук

Токарев И.В.

Личную подпись руки  
Кузнецова В.Ю.  
ЗАВЕРЯЮ  
ведущий специалист  
по кадрам

подпись руки  
Токарева И.В. зав. кафедрой  
вер. специалист отдела  
кадров  
Михайлова В.В.



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации С.Б. Субботина «Влияние радиоактивного загрязнения подземных вод на радиэкологическую обстановку бывшего Семипалатинского испытательного полигона», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.36 – геоэкология.

В диссертационной работе С.Б. Субботина подведены итоги многолетних исследований автором проблем радиационной безопасности территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона (СИП). Полученные диссертантом результаты позволили существенно продвинуться в понимании процессов переноса техногенных радионуклидов подземными водами как в пределах испытательных площадок полигона, так и за их границами. Эти результаты уже сейчас востребованы при проведении комплексных исследований с целью передачи части территории СИП в хозяйственный оборот. Это собственно и определяет актуальность и практическую значимость рассматриваемой работы.

В ходе исследований С.Б. Субботин получил много новых интересных результатов, среди которых необходимо отметить: выводы 18-летнего мониторинга подземных вод о стабильном характере их загрязнения техногенными радионуклидами; выявление природно-техногенных систем, способных сорбировать техногенные радионуклиды; прогнозные оценки возможного развития радиэкологической обстановки на территории испытательных площадок; заключение о ничтожности загрязнения радионуклидами подземных вод в пределах примерно 90% площади СИП и другие.

Результаты исследований достаточно полно рассмотрены автором в публикациях и известны специалистам. Новизна полученных результатов несомненна. С формулировкой основных выводов следует согласиться. Автореферат написан в хорошем стиле и достаточно подробно. В то же время его просмотр вызывает ряд замечаний.

1. На мой взгляд неудачно сформулированы защищаемые положения (стр. 3 и далее в тексте). Даны названия: «Результаты...», «Разработанные схемы...», но суть раскрывается только в дополнительных текстах, не входящих в защищаемые положения.

2. В автореферате помещено слишком много рисунков. Некоторые из них очень мелкие и соответственно не читаемые (рис. 2,6,8 и др.). Часть рисунков можно было бы опустить, но зато более детально ознакомить читателей с методикой исследований (глава 2).

3. В автореферате полностью отсутствуют фамилии авторов, которые занимались исследованиями радиационной безопасностью на СИП до автора или вместе с ним. Не указаны исследователи, предложившие модель зон необратимой деформации (рис. 1), формул на стр. 13 и т.д.

Несмотря на сделанные замечания, я в целом положительно оцениваю работу С.Б. Субботина. Выполненные им исследования являются существенным вкладом в познание

общих закономерностей формирования и эволюции ореолов радиоактивного загрязнения в подземных водах испытательных площадок СИП и за их границами; в разработку методики прогнозирования возможного изменения радиоэкологической обстановки на территории бывшего полигона.

Судя по автореферату, работа С.Б. Субботина удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 25.00.36 – геоэкология.

Считаю, что автор работы С.Б. Субботин заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Главный научный сотрудник  
ИНГГ СО РАН, д.г.-м.н., профессор



А.Д. Дучков

Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН (ИНГГ СО РАН)  
Россия, 630090, г. Новосибирск, проспект акад. Коптюга, дом 3  
Тел.: (+7383) 3305534, факс: (+7383) 3302807  
Эл. почта: DuchkovAD@ipgg.sbras.ru

ПОДПИСЬ УДОСТОВЕРЕНА  
Зав. канцелярией  
08.04.2015. *Григорьев*





## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Субботина Сергея Борисовича  
«Влияние радиоактивного загрязнения подземных вод на радиоэкологическую  
обстановку бывшего Семипалатинского испытательного полигона»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-  
минералогических наук по специальности 25.00.36 – геоэкология

Анализ содержания автореферата показывает, что диссертационная работа, представленная соискателем, выполнена на достаточно высоком научном и методическом уровне, имеет завершённый характер, характеризуется новизной результатов и отчётливой прикладной направленностью.

Актуальность работы Субботина С.Б. связана с проблемой возможного поступления загрязнённых подземных вод за границы испытательных площадок Семипалатинского испытательного полигона (СИП) в связи с передачей части территорий СИП в хозяйственный оборот. Достоверная оценка безопасности передаваемых территорий невозможна без выполнения прогнозных оценок миграции радионуклидов за пределы участков проведения подземных ядерных взрывов (ПЯВ). Особую значимость имеют результаты по установлению границ ореолов радиоактивного загрязнения и определению основных путей миграции радионуклидов из зон необратимых деформаций.

В диссертационной работе Субботина С.Б. представлены результаты экспериментальных исследований по анализу радиоэкологической обстановки бывшего Семипалатинского испытательного полигона, связанной с миграцией радионуклидов с подземными водами. На основании результатов многолетнего мониторинга разновозрастных водоносных горизонтов, развитых в пределах технических площадок и за их границами, выделены общие закономерности формирования и распространения ореолов радиоактивного загрязнения. Экспериментальные исследования распространения радионуклидов  $^3\text{H}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$  и их динамики в подземных водах на испытательных площадках позволили установить особенности пространственного распределения и характер изменений их содержания в подземных водах. Показано, что в результате проведенных ПЯВ загрязнение подземных вод долгоживущими техногенными радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$  и тритием продолжается и имеет относительно стабильный характер.

В лабораторных условиях впервые изучены сорбционные свойства различных горных пород массивов «Дегелен» и «Балапан» в отношении радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  при контакте с реальной грунтовой радиоактивной водой, выполнена оценка сорбции-десорбции радионуклидов на крупноблочных

образцах горных пород, имитирующих сорбцию на плоскостях в трещинах горных пород. Полученные данные позволили установить формы нахождения радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  в грунтовых водах и их количественное распределение. Составлена схема сорбционной системы массива скальных горных пород и создана обобщенная модель для оценки сорбционной эффективности горных пород различных массивов на участках проведения ПЯВ, которая учитывает наиболее общие для всех объектов закономерности. Особое влияние уделено изучению геологического строения и гидрогеологической ситуации технических площадок «Дегелен» и «Балапан», контролирующих условия миграции радионуклидов с подземными водами.

Научная новизна диссертационной работы состоит в прогнозной оценке состояния и развития радиоэкологической обстановки на Семипалатинском полигоне, связанной с радиоактивным загрязнением подземных вод.

Практическая значимость диссертации заключается в разработке обобщенной модели, которая позволяет выполнить прогнозную оценку радиоэкологических рисков внештатных ситуаций, связанных с функционированием предприятий атомной промышленности и ядерно-энергетического комплекса, и разработать комплекс превентивных мероприятий по ограничению и снижению риска радиоактивного загрязнения окружающей среды путем использования природных геологических и искусственных сорбционных систем в качестве барьеров для миграции радионуклидов.

Соискатель принимал непосредственное участие в выполнении работ по отбору проб подземных вод, подготовке проб к спектрометрическим и радиохимическим анализам, проведении измерений содержания радионуклидов в исследуемых образцах, обработке и интерпретации экспериментального материала.

Основные положения диссертационной работы и результаты экспериментальных исследований представлены на международных и российских конференциях, опубликованы в технических отчетах и статьях, зарубежных и российских журналах, сборниках и трудах конференций за период с 2000 по 2014 гг.

Однако необходимо отметить ряд замечаний к автореферату:

– к сожалению оценка сорбционных свойств различных горных пород проводилась только на основании определения содержания радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  методом  $\gamma$ -спектрометрического анализа, хотя в пробах присутствовали радионуклиды  $^{90}\text{Sr}$ , которые более подвижны в объектах окружающей среды;



– не приведены сведения по экспериментальным данным, которые использованы в качестве исходных (значения сорбционной емкости гранита и диорита по отношению к радионуклидам  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ ) при оценке возможного развития радиоэкологической обстановки на территории СИП (таблица 1), связанного с миграцией техногенных радионуклидов с подземными водами.

Вышеперечисленные замечания не уменьшают значимость диссертационной работы Субботина С.Б.

Субботин Сергей Борисович является сложившимся ученым, способным решать современные задачи по изучению радиоэкологической ситуации, ее оценке и разработке мероприятий по предотвращению и снижению риска радиоактивного загрязнения окружающей среды.

Диссертационная работа Субботина С.Б. является законченной научно-исследовательской работой и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор представленной диссертационной работы заслуживает присуждения степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.36 – геоэкология.

Главный научный сотрудник  
лаборатории «Форм радионуклидов (металл-ионов) в растворах»  
доктор химических наук,  
профессор

Давыдов Юрий Петрович

Государственное научное учреждение  
«Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны»  
Национальной академии наук Беларуси  
220109, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Акад. А.К. Красина, 99  
Тел. +375 17 3911845  
e-mail: [ireplab06@mail.ru](mailto:ireplab06@mail.ru)

Подпись Давыдова Юрия Петровича заверяю.

Заместитель генерального директора  
ГНУ «ОИЭЯИ–Сосны» НАН Беларуси  
по научной работе, кандидат технических наук



Корбут Тамара Николаевна

07.04.2015.



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Субботина Сергея Борисовича  
«Влияние радиоактивного загрязнения подземных вод на радиоэкологическую обстановку  
бывшего Семипалатинского испытательного полигона», представленной к защите  
на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук  
по специальности 25.00.36 – Геоэкология.

Диссертационная работа Субботина С.Б. посвящена оценке влияния радиоактивного загрязнения подземных вод на радиоэкологическую обстановку бывшего СИП, что, несомненно, актуально в рамках проведения комплексных исследований с целью передачи части территорий СИП в хозяйственный оборот.

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и выводов.

В первой главе проанализировано современное состояние вопроса миграции радионуклидов в водной среде и сорбционных свойств горных пород площадок «Дегелен» и «Балапан» бывшего СИП.

Во второй главе рассмотрены особенности геологического строения и гидрогеологических условий объектов исследования, факторы и механизмы формирования радиационной обстановки.

В третьей главе выполнен анализ гидрогеологических параметров поровых и трещинных вод, как на территории площадок, так и за пределами их границ.

В четвертой главе представлены теоретические расчеты миграции радионуклидов со штольневymi водами на площадке «Дегелен» и результаты гидродинамического моделирования переноса радионуклидов подземными водами на площадке «Балапан».

Научные положения, заключения и выводы, сформулированные в диссертации, обоснованы, аргументированы и логически вытекают из основного содержания работы.

Соискатель принимал непосредственное участие в выполнении работ по отбору проб подземных вод, подготовке к спектрометрическим и радиохимическим анализам, проведению измерений, обработке и интерпретации полученных данных.

Результаты исследования характеризуются новизной и большой практической значимостью. Основные положения диссертационной работы обсуждались на международных конференциях и опубликованы в 18 печатных работах, 3 из них – в изданиях, рекомендованных ВАК Российской Федерации.

В качестве замечания к автореферату необходимо отметить, что в нем не приведены результаты исследования искусственных сорбционных систем, которые планировались к изучению в задаче 3 (Автореферат, стр. 3). Также хотелось бы обратить внимание на



важность более внимательного отношения к указанию значимых цифр в количественных оценках (таблицы 1, 2 и в тексте).

Конечно, вышеперечисленные замечания не уменьшают значимость диссертационной работы. По актуальности, научной новизне и практической значимости, методическому уровню и степени обобщения материалов, диссертационная работа Субботина С.Б. «Влияние радиоактивного загрязнения подземных вод на радиоэкологическую обстановку бывшего Семипалатинского испытательного полигона» является законченной квалификационной работой, соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям, представленным на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология.

Главный специалист  
группы экспертов ОУС,  
кандидат биологических наук

С.А. Баранов

РГП «Национальный ядерный центр Республики Казахстан»  
071100, Казахстан, ВКО, г. Курчатов, ул. Красноармейская 2, зд. 54  
Тел.: (72251) 23333, факс: (72251) 23858  
Эл. почта: S\_BARANOV@NNC.KZ

Подпись Баранова С.А. удостоверяю,  
Ведущий специалист ОКР



Д.Р. Вердыгожина

РГП «Национальный ядерный центр Республики Казахстан»  
071100, Казахстан, ВКО, г. Курчатов, ул. Красноармейская 2, зд. 54  
Тел.: (72251) 23333, факс: (72251) 23858  
Эл. почта: NNC@NNC.KZ



Отзыв на автореферат диссертации Субботина Сергея Борисовича  
ВЛИЯНИЕ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД  
НА РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ БЫВШЕГО  
СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА  
по специальности 25.00.36 «геоэкология».

Одной из важных проблем геоэкологии является изучение загрязнения геологической среды техногенными радионуклидами и роли подземных вод в этом процессе. Работа Субботина С.Б. посвящена изучению распространения техногенных радионуклидов в подземных водах на примере площадок «Дегелен» и «Балапан» и оценке миграции радионуклидов за пределы Семипалатинского испытательного полигона с подземными водами. Актуальность обсуждаемой работы обусловлена необходимостью консервации особых участков земли, где в прошлом проводились ядерные испытания и разработки комплекса природоохранных мероприятий для минимизации влияния на окружающую среду за пределами испытательных полигонов. Работы подобного рода на стыке геологии, гидрогеологии и радиохимии редки, и полученный материал и выводы имеют не только научную ценность, но высокую практическую значимость.

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и выводов, изложенных на 161 страницах, иллюстрированных 60 рисунками и 20 таблицами. Список литературы содержит 81 наименование, из них 36 иностранных источников. В работе проведен анализ многолетних наблюдений содержания  $^3\text{H}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{229}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$  в источниках и подземных водах участков «Дегелен» и «Балапан» Семипалатинского испытательного полигона. Диссертационная работа содержит результаты натуральных и расчетно-модельных экспериментальных исследований, проведенных диссертантом. Полученные данные достаточно хорошо согласуются между собой, что позволяет с уверенностью утверждать о правильно выбранных подходах и методологии исследований, принятых в представляемой работе.

В целом, диссертация С.Б. Субботина отличается комплексностью и достаточным объемом обработанных данных. Подчеркнуто повышение актуальности мониторинга изотопов Pu в подземных водах в будущем в силу их особенностей и большого периода полураспада. Особое внимание уделено тритию, как наиболее подвижному техногенному радионуклиду. Сделан благоприятный прогноз о том, что техногенные радионуклиды с подземными водами за пределы испытательных площадок в концентрациях, превышающих нормативные уровни, выводить не будут. Относительно высокие концентрации трития в подземных водах быстро разубоживаются за счет инфильтрации поверхностных вод и разбавления, и за пределами испытательных площадок его содержание в подземных водах не превышает допустимые уровни для питьевых вод, что позволяет неограниченное использование подземных вод в хозяйственных целях.

Материалы диссертации опубликованы не только в материалах научных конференций, но и в рецензируемых журналах из перечня, рекомендованного ВАК Минобрнауки РФ (3 статьи), а также в иностранных журналах (2 статьи). Считаю, что работа Сергея Борисовича представляет собой значимый вклад в решение ряда фундаментальных и прикладных проблем в области радиохимии и геоэкологии и полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а С.Б. Субботин достоин присуждения степени кандидата геолого-минералогических наук.

с.н.с. Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева  
Сибирского отделения Российской академии наук (сокращенное наименование ИГМ СО РАН)  
к.б.н. С.Ю. Артамонова



ПОДПИСЬ УДОСТОВЕРЯЮ  
ЗАВ. КАНЦЕЛЯРИЕЙ  
У.В. ГАЛЬЦОВА

03.09.2015г.

почтовый адрес: 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга, 3, ИГМ СО РАН  
тел. 8-913-481-13-27, e-mail: artam@igm.nsc.ru