

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Республиканское государственное предприятие
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН»
Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии»
(Филиал «ИРБЭ» РГП «НЯЦ РК»)

УДК 551.49:504.064

Новикова Елена Александровна

КАРТИРОВАНИЕ ПУТЕЙ МИГРАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД С
ПЛОЩАДКИ «ДЕГЕЛЕН» (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОНИТОРИНГА)

Работа, представленная на конференцию - конкурс НИОКР
Молодых ученых и специалистов
Национального ядерного центра Республики Казахстан
(Прикладная)

Руководитель работ: Актаев М.Р., начальник ЛМИ ОРСМОС

Курчатов 2020 г.

АВТОР

Новикова Елена Александровна

Инженер лаборатории мониторинговых исследований отдела РСМОС
Филиала «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП «НЯЦ РК»,
1989 года рождения,
образование высшее (Сибирский государственный университет геосистем и технологий
г. Новосибирск в 2015 г.),
специальность – Информационные системы и технологии,
работает в Филиале «ИРБЭ» РГП «НЯЦ РК» с 2011 г.,
общий стаж работы 8 лет 9 мес.

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Инженер лаборатории
мониторинговых исследований
отдела РСМОС



подпись

Новикова Е.А.

Начальник лаборатории
мониторинговых исследований
отдела РСМОС



подпись

Актаев М.Р.

НОВИКОВА ЕЛЕНА АЛЕКСАНДРОВНА

КАРТИРОВАНИЕ ПУТЕЙ МИГРАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД С
ПЛОЩАДКИ «ДЕГЕЛЕН» (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОНИТОРИНГА)

Работа, представленная на конференцию - конкурс НИОКР молодых ученых и специалистов Национального ядерного центра Республики Казахстан Филиала "Институт радиационной безопасности и экологии" Республиканского государственного предприятия "Национальный ядерный центр Республики Казахстан" 071100, г. Курчатов, Бейбіт Атом 2, тел. (722)51-3-34-13, Факс (722)51-3-28-06, E_mail: novikova@nnc.kz

РЕФЕРАТ

Работа содержит 12 страниц, 3 рисунка, 5 источников литературы.

Объект исследования: подземные воды района площадки «Дегелен».

Актуальность: Применение моделирования загрязненных потоков является важной областью для обоснования мониторинга и прогнозирования состояния подземных вод на территории Семипалатинского испытательного полигона (СИП).

Цель работы: построение расчетной модели миграции техногенных радионуклидов.

Задачи исследований:

- систематизирование данных радионуклидного мониторинга подземных вод за пределами границ площадки «Дегелен»;
- картирование путей миграции загрязненных подземных вод с площадки «Дегелен» на настоящий момент;
- локализация участков распределения загрязненных подземных вод по результатам расчетной миграционной модели.

Результаты работ:

По результатам мониторинга радионуклидного загрязнения подземных вод систематизированы данные по гидрогеологическим скважинам и колодцам на территории, прилегающей к площадке. Установлены начальные параметры построения миграционной модели и граничные условия на основе геолого-гидрогеологических условий района площадки. Получена предварительная расчетная миграционная модель радиоактивного загрязнения территории за пределами испытательной площадки. По результатам построения расчетной миграционной модели радионуклидов намечены участки мониторинга подземных вод.

Научная новизна: впервые для территории СИП построена предварительная расчетная миграционная модель района площадки «Дегелен».

Практическая значимость: По результатам построения модели определены участки расположения мониторинговых скважин с целью своевременного контроля распространения загрязненных подземных вод.

Личный вклад автора: Обработка архивных данных, построение графического материала, обработка и анализ данных.

Публикации: по данной теме отсутствуют.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ, УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СИМВОЛОВ,
ЕДИНИЦ И ТЕРМИНОВ

РГП	Республиканское государственное предприятие
НЯЦ РК	Национальный ядерный центр Республики Казахстан
ИРБЭ	Институт радиационной безопасности и экологии
УДК	Универсальная десятичная классификация
СИП	Семипалатинский испытательный полигон
УВ	Уровень вмешательства
^3H	Тритий
^{90}Sr	Стронций
Бк/кг	Беккерель на килограмм

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ _____	6
1. Систематизирование данных радионуклидного мониторинга подземных вод за пределами границ площадки «Дегелен» _____	7
2. Картирование путей миграции загрязненных подземных вод с площадки «Дегелен» на настоящий момент _____	8
3. Локализация участков распределения загрязненных подземных вод по результатам расчетной миграционной модели _____	10
Выводы _____	10
ЗАКЛЮЧЕНИЕ _____	11

ВВЕДЕНИЕ

Основной проблемой охраны подземных вод от загрязнения является картирование загрязненных участков и выявление источников загрязнения.

Важное место занимает мониторинг подземных вод, представляющий централизованную систему наблюдений за состоянием подземных вод, оценке и регулярном прогнозировании возможных изменений количественного и качественного состояния подземной гидросферы [1]. Для правильной организации такой системы необходимо установление общих закономерностей формирования и распространения ореолов радиоактивного загрязнения в пределах технической площадки и за ее границами. Проектирование мониторинга является сложной многоплановой проблемой, решение ее должно осуществляться на основании результатов математического моделирования.

Существующий опыт реализации систем мониторинга качества подземных вод, в настоящее время ограниченный, свидетельствует о том, что основной причиной неудач при проведении мониторинга является его неудовлетворительное гидрогеологическое обоснование.

Таким образом в данной работе предложена предварительная миграционная модель для обоснования мониторинга подземных вод на территории расположения площадки «Дегелен». Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Систематизирование данных радионуклидного мониторинга подземных вод за пределами границ площадки «Дегелен».
2. Картирование путей миграции загрязненных подземных вод с площадки «Дегелен» на настоящий момент.
3. Локализация участков распределения загрязненных подземных вод по результатам расчетной миграционной модели.

Методология работ основана на обработке данных по буровым скважинам, колодцам и построении схем. В качестве инструментов для построения схем были использовано программное обеспечение ArcGIS 10.3 и Modflow Flex.

Испытательная площадка «Дегелен» расположена в южной части территории СИП в районе низкогорного массива. Горный массив Дегелен представляет собой куполовидное поднятие диаметром 18 км. Абсолютные отметки поверхности изменяются от 600 до 1085 м. Склоны гор прорезаны ущельями, по дну которых проходят русла ручьев. В ущельях горного массива Дегелен в 181 штольнях было проведено 208 подземных ядерных взрывов [2].

В горной части выделяются трещинные воды зоны фильтрации и регионального бассейна. Почти все штольни расположены в зоне фильтрации, что объясняет поступление воды в горные выработки преимущественно со стороны кровли. В некоторых долинах отмечаются отложения водоупорных неогеновых глин.

Весь фронт подземных вод, выходящий за пределы гор Дегелен, распределяется на отдельные потоки в соответствии с их принадлежностью к водосборным бассейнам (рисунок 1) и в пределах каждого крупного речного бассейна осуществляется полный цикл подземного стока.

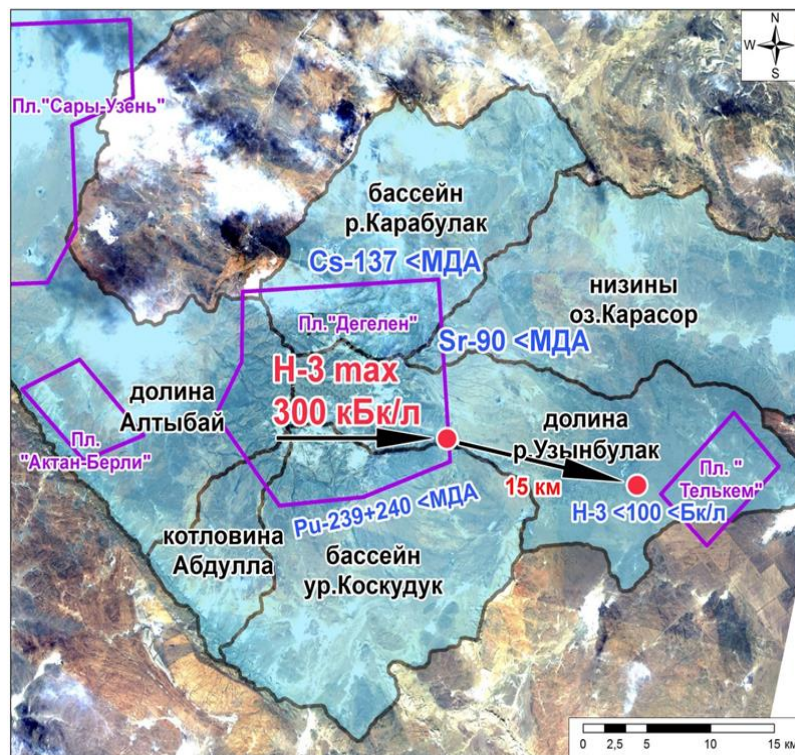


Рисунок 1. Основные водосборные бассейны, прилегающие к горному массиву Дегелен

1. Систематизирование данных радионуклидного мониторинга подземных вод за пределами границ площадки «Дегелен»

Геологическое строение и гидрогеологические условия горного массива Дегелен определили механизм радиоактивного загрязнения подземных вод. В основном потоки загрязненных подземных вод приурочены к руслам временных и постоянных поверхностных водотоков. Вследствие этого пути миграции подземных вод за пределы горного массива имеют жильный вид [3].

Основными радиоактивными загрязнителями подземных вод как на площадке «Дегелен», так и за ее границами, является тритий и стронций.

Исследования прошлых лет показали, что основные загрязненные потоки подземных вод локализуются в бассейнах водосбора и далее не выходят за границы, что подтверждает ряд пробуренных скважин на прилегающей территории горного массива Дегелен (рисунок 2) [4].

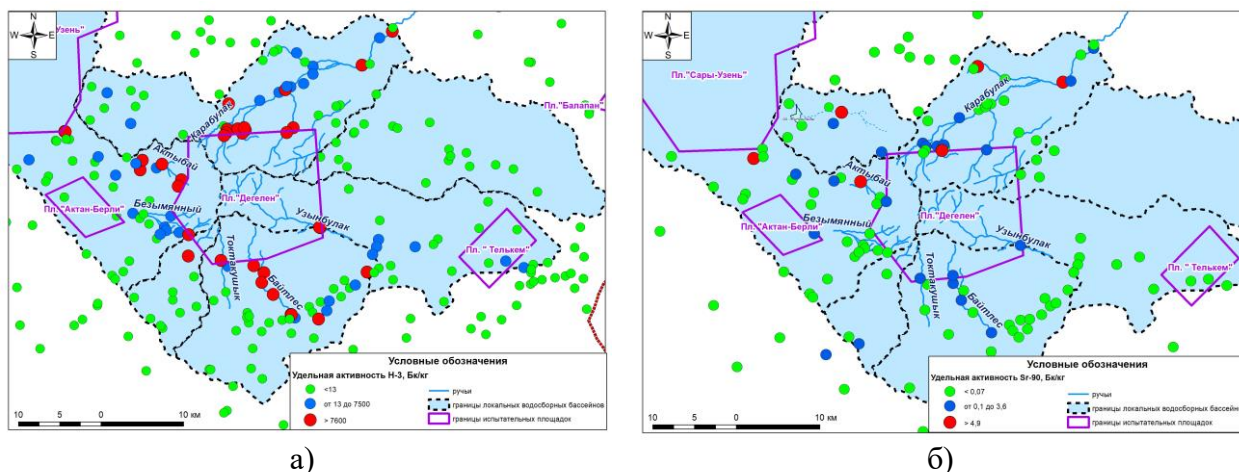


Рисунок 3. Содержание радионуклидов в подземных водах района пл. «Дегелен»: а) ^3H и б) ^{90}Sr

Бассейн р. Карабулак. Концентрация ^3H в подземных водах на границе площадки изменяется от 6 000 до 95 000 Бк/кг, и при удалении от границы площадки на 13 км снижается до 300 Бк/кг. Количественные значения ^{90}Sr обнаружены в скважинах, которые расположены на территориях выхода левого и правого русел р. Карабулак за пределы границ площадки «Дегелен».

Бассейн озера Жингылды. По данным лабораторных анализов содержание ^{90}Sr в поровых водах бассейна находится в пределах 0,1 Бк/кг, исключение составляет скважина в пределах пересохшего ручья 8,2 Бк/кг, что значительно превышает УВ при поступлении с водой [5]. В двух скважинах обнаружен ^3H с концентрацией 30 и 50 Бк/кг.

Бассейн р. Актыбай. Концентрация ^3H в грунтовых водах в пределах основного русла р. Актыбай варьируется от 21 000 до 42 000 Бк/кг. При выходе русел р. Безымянный за границы площадки «Дегелен» содержание ^3H находится на уровне 6 000 Бк/кг. Содержание ^{90}Sr также имеет повышенные значения в пределах 5,3 Бк/кг.

Бассейн урочища Коскудук. Количественные значения ^{90}Sr обнаружены в скважинах, которые расположены в пределах границ площадки «Дегелен». Наибольшие значения ^3H характерны для подруслового потока ручья Байтлес на всем отрезке его течения от гор Дегелен до урочища Коскудук (50 000 Бк/кг).

Бассейн р. Узынбулак. Концентрация ^3H на уровне границ гор изменяется от 50 000 до 130 000 Бк/кг, при удалении от гор на 10 км снижается до 30 000 Бк/кг. По результатам лабораторных анализов концентрация ^{90}Sr $< 0,01$ Бк/кг.

Бассейн низины Карасор. Высокое содержание трития (6000 Бк/кг) обнаружено только в скважине, расположенной в пределах границ горного массива Дегелен. Концентрация ^{90}Sr находится менее предела обнаружения $< 0,01$ Бк/кг.

Основные потоки загрязненных подземных вод распространены в долинах ручьев Карабулак, Узынбулак, Алтыбай и урочища Коскудук. Максимальные концентрации ^3H (95 000 Бк/кг) и ^{90}Sr (9 Бк/кг) были установлены в скважинах, расположенных в пределах локального водосборного бассейна ручья Карабулак.

Ранее содержание стронция в подземных водах превышающее уровень вмешательства наблюдалось только в потоках р. Карабулак, однако в 2019 году по результатам бурения скважин обнаружилось в долине р. Актыбай и в пределах бассейна оз. Жингылды.

2. Картирование путей миграции загрязненных подземных вод с площадки «Дегелен» на настоящий момент

Для изучения площадных закономерностей распространения загрязняющих веществ в подземных водах использовались разновременные данные и кригинг-анализ. Для решения поставленной задачи в первом от поверхности водоносном горизонте и на

поверхностных водотоках заданы участки (площади) загрязнения грунтовых и поверхностных вод.

Для построения расчетной миграционной модели района площадки «Дегелен» были установлены некоторые параметры, описанные далее. Модельный массив значений параметров задан зонами, соответствующими характеристикам поверхности территории, которые обусловлены различными природными факторами.

Водоносная толща пород реализована в фильтрационной модели как многослойная, состоящая из трех слоев, отличающихся различными фильтрационными свойствами:

- первый слой представлен аллювиальными песками;
- ко второму слою отнесены глинистые слабопроницаемые образования;
- третий слой включает нижний водоносный комплекс песчаник трещиноватый.

На следующем этапе исследований была выполнена схематизация природных гидрогеологических условий территории исследований. Схематизация гидрогеологических условий заключалась в приведении природных условий к схеме, отражающей особенности залегания, питания, движения и разгрузки подземных вод. По результатам обработки данных по буровым скважинам и колодцам построена фильтрационная модель подземных вод.

Миграционная модель полностью соответствует фильтрационной модели с добавлением миграционных параметров и граничных условий. При моделировании учитывался стационарный режим геофильтрационного потока.

Схематизация гидрогеологических условий в плане выполнена путем выделения внутренних и внешних граничных условий. Внешние границы модели выбраны исходя из зоны влияния источника загрязнения (площадки «Дегелен») на подземные воды по границам водосборных бассейнов, оконтуривающих горный массив. Внутренними границами модели являются поверхностные водотоки (граничные условия III рода) и скважины (граничные условия II рода).

В расчете миграции загрязнителей приняты следующие допущения:

– сорбционные свойства водовмещающих пород и грунтов зоны аэрации не учитываются;

- загрязнение поступает непосредственно на поверхность грунтовых вод;
- в качестве загрязнителя (мигранта) принята концентрация трития.

Таким образом, были построены карты распределения радионуклидов на разные моменты времени. При наложении карт по радионуклидам ^{90}Sr и ^3H очаги загрязнения локализовались (рисунок 3).

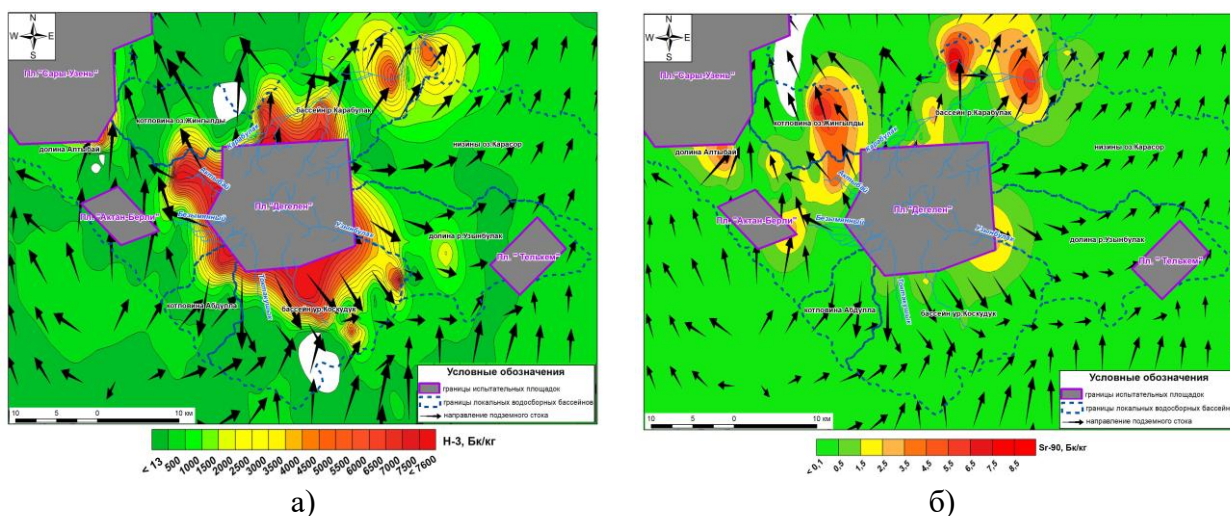


Рисунок 3. Схематизация миграции радионуклидов: а) ^3H и б) ^{90}Sr

На территории исследования выделяются два ореола загрязнения. Один из них берет начало с западной части площадки «Дегелен» по долине Алтыбай и далее

распространяется в сторону пл. «Сары-Узень». Вторая полоса загрязнения идет с севера площадки «Дегелен» вдоль р. Карабулак и мигрирует в дальнейшем на северо-восток. При этом за несколько лет мониторинга в направлении р. Карабулак сформировалась устойчивая область загрязнения ^3H подземных вод. Область загрязнения локального водосборного бассейна Алтыбай перешла в бассейн озера Жингылды. Однако, карта содержания ^{90}Sr показывает, что это загрязнение носит региональный характер и при этом степень загрязнения превышает установленные уровни вмешательства [5].

Согласно результатам построения модели, происходит продвижение контуров загрязнения по направлению к испытательной площадке «Сары-Узень». Расчеты показывают, что ореол загрязнения в дальнейшем стабилизируется в этих границах, поскольку несущий его фильтрационный поток разгружается в озеро Жингылды. Такая миграционная модель в дальнейшем будет динамичной, изменяющейся с увеличением уровней информации и повышением достоверности информации.

3. Локализация участков распределения загрязненных подземных вод по результатам расчетной миграционной модели

Результаты проведенных исследований позволили установить расположение участков, где следует оборудовать посты мониторинга подземных вод. Предварительная миграционная модель показывает, что с площадки «Дегелен» миграция загрязненных потоков подземных вод происходит в различных направлениях. По временной модели видно, что дальнейшее распространение основных загрязненных потоков будет двигаться на север и северо-восток.

Анализ структуры фильтрационного потока подземных вод (фильтрационной модели) показывает, что южная и юго-западная часть территории исследований являются областями питания и основной подземный сток происходит с юга на северо-восток. Таким образом результаты радионуклидного мониторинга подземных вод, и временная модель миграции показывают, что миграции загрязнения в южную, юго-западную и юго-восточную часть района исследований не наблюдается. Необходимо контролировать северную, северо-восточную и восточную часть района расположения площадки «Дегелен».

Выводы:

1. Основные потоки загрязненных подземных вод распространены в долинах ручьев Карабулак, Узынбулак, Алтыбай и урочища Коскудук. Максимальные концентрации ^3H (95000 Бк/кг) и ^{90}Sr (9 Бк/кг) установлены в скважинах, расположенных в пределах локального водосборного бассейна ручья Карабулак.

2. Проведено картирование распределения радионуклидов на разные моменты времени. Определены начальные параметры построения миграционной модели, граничные условия на основе геолого-гидрогеологических условий района площадки. Получена предварительная расчетная миграционная модель радиоактивного загрязнения территории за пределами испытательной площадки «Дегелен».

3. По результатам построения модели установлены участки для последующего мониторинга подземных вод. Выявлено, что необходимо установить посты мониторинга в северной, северо-восточной и восточной части района исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, работы по моделированию миграции радионуклидного загрязнения подземных вод позволяют создавать или расширять необходимую и обоснованную сеть мониторинговых наблюдений на участках загрязнения в целях контроля за качеством водных потоков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Язиков, Е.Г.** Геоэкологический мониторинг / Е.Г. Язиков, А.Ю. Шатилов// учеб. пособие для вузов. – Томск, 2003. – 336 с.
2. **Школьник, В.С.** Семипалатинский испытательный полигон. Создание, деятельность, конверсия / кол.авторов под рук. В.С. Школьника. – А.: Казахстан, 2003.
3. **Субботин, С.Б.** Подземная миграция искусственных радионуклидов за пределы горного массива Дегелен / С.Б. Субботин, С.Н. Лукашенко, В.В. Каширский // Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана [Сборник трудов Института радиационной безопасности и экологии за 2007-2009 гг.] / под рук. Лукашенко С.Н. – Вып. 2. – Павлодар: Дом печати, 2010. – с.103-157.
4. Обеспечение безопасности бывшего Семипалатинского испытательного полигона Республиканская бюджетная программа 011 «Обеспечение радиационной безопасности»: отчеты о РБП / Институт радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК (ИРБЭ НЯЦ РК), рук. С.Н. Лукашенко – Курчатов: ИРБЭ НЯЦ РК, 2005 – 2016.
5. Гигиенические нормативы «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности»: утв. приказом министра национальной экономики Республики Казахстан от 27 февраля 2015 г., №155.