

А. А. ПЕРМИНОВА, С. В. ФЕДОТОВ, Н. В. МИТРАКОВА, Е. А. ХАЙРУЛИНА

**ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЕРХНЕКАМСКОГО  
КАЛИЙНО-МАГНИЕВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПЕРМСКОГО КРАЯ  
ПО СОДЕРЖАНИЮ LI, RB, SR, CS В ДЕПОНИРУЮЩЕЙ СРЕДЕ**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
г. Пермь, Россия,  
perminovapsu@yandex.ru, serj-h.fedotoff@yandex.ru  
mitrakovanatalya@mail.ru, elenakhay@gmail.com*

*Обследование техногенного воздействия калийных производств обуславливается подвижностью микроэлементов в хлоридных растворах, в частности на отходах производства с высокой концентрацией солей NaCl, KCl. Содержание Li, Rb, Sr, Cs в почвах обусловлено высокой растворимостью этих элементов в хлоридных растворах, которая приводит к их миграции в экосистемы, в частности в субаквальные и аквальные ландшафты.*

Разработка Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей сопровождается накоплением отходов с высоким содержанием солей NaCl, KCl и других элементов примесей [1].

Для калийных месторождений геохимическими особенностями являются высокая растворимость руды и вмещающих пород, содержание элементов и примесей в водорастворимой форме, высокое содержание глинистых частиц. Основными ионами, входящими в состав химических компонентов, используемых в переработке на калийном производстве, являются  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Cl^-$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $SO_4^{2-}$ . Наравне с перечисленными элементами, определяющие вещественный состав, калийные руды содержат и элементы-примеси: галогениды, щелочные и щелочноземельные металлы [2].

Геохимическая и микроэлементная составляющая воздействия калийного производства на природные комплексы определяется спецификой содержания микроэлементов, участвующих в технологическом процессе. В природные компоненты элементы попадают водным путем, т.е. по различным каналам и порам. Миграция элементов происходит как латерально, так и радиально. На территории исследования отмечается миграция химических элементов в водных и воздушных потоках и их временным концентрированием в ландшафтной катене [6].

Цель работы – исследования содержания Li, Rb, Sr, Cs в депонирующих средах в районе долины р. Лёнвы.

Объект исследования – депонирующие среды в районе долины р. Лёнва.

В частности, микроэлементы и их соединения участвующие в технологическом процессе калийного производства являются источником загрязнения и могут привести к формированию в окружающей среде техногенных геохимических аномалий, фиксируемых прежде всего для химических элементов с высокой технофильностью, повышенной токсичностью, высоким уровнем биопоглощения и/или обладающих выраженной биоактивностью. Одними из элементов, обладающих наиболее высокими показателями гидротоксифильности и гидротоксичности являются Li, Rb, Sr, Cs. Также эти элементы являются ведущими микрокомпонентами солей, которые поступают с шламохранилища и аккумулируются в солях [2,5].

Согласно металлогеническому районированию Пермского края [6] район калийно-магниевых солей обогащён Na, K, Rb, Li, Cs, Fr, Be, Mg, Sr, Ba, Ra, Au, Pt и металлами

платиновой группы. Отходы калийного производства имеют разный фазовый состав (шламохранилище, солеотвал, рассолосборники) и являются основным источником накопления элементов. Галитовые отходы и глинисто-солевые шламы характеризуются высоким содержанием *Ba, Fe, Cd, Co, Mn, Cu, Ni, Rb, Sr, Cr, Zn, Br* [6]. Так, атмосферные осадки фильтруются сквозь тело солеотвала и шламохранилища, формируют техногенные стоки. Стоки с отходов характеризуются хлоридно-натриевым составом. Миграция накопленных элементов происходит преимущественно в трансэлювиальных, трансаквальных и субаквальных ландшафтах (аккумулирующие и транзитные точки).

Возникающие техногенные процессы способны менять поведение рассматриваемых химических элементов, вплоть до появления химических реакций и соединений, а также явлений, чуждых условиям местного природного комплекса и создавать новые типы геологических тел и образований (минералов, отложений, почв, вод и т.п.), новые типы экосистем, живого вещества, уничтожая и(или) преобразуя при этом ранее существовавшие живые организмы, природные системы и различные геологические образования [7].

Обследование состояния природного комплекса в районе воздействия шламохранилища калийного производства осуществлялось на 4 площадках, расположенных по профилю в направлении р. Лёнва (рисунок 1) по 4 элементам *Li, Rb, Sr, Cs*. Эти элементы обладают высокой растворимостью, гидротоксифильностью, гидротоксичностью и повышенной подвижностью в хлоридных растворах.

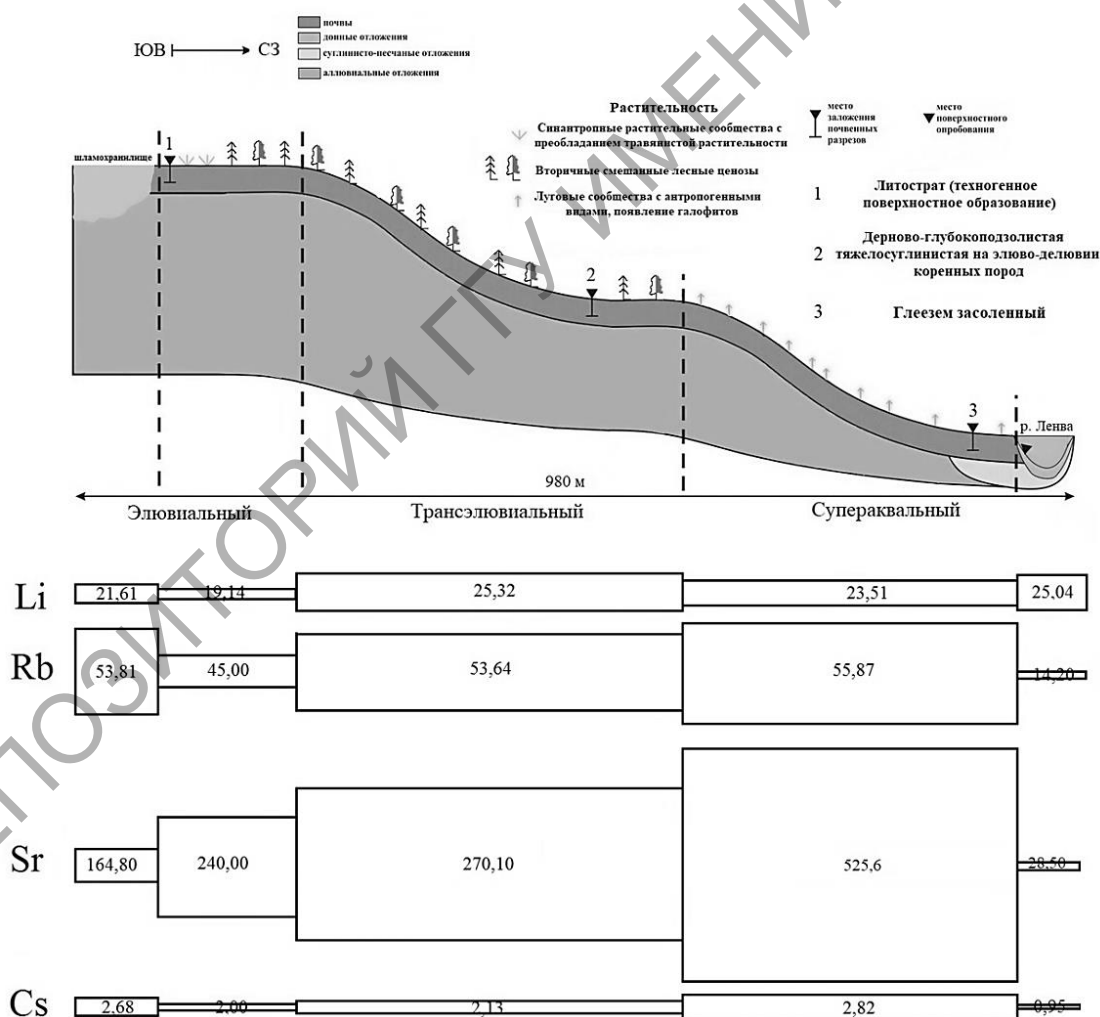


Рисунок 1 – Содержание *Li, Rb, Sr, Cs* в депонирующих средах

*Li* характеризуются наибольшим коэффициентом гидроэкофильности. Токсичность *Li* варьируется от очень высокой до средней. Возрастание количества лития в почвах токсично для некоторых видов растений. По сравнению со всеми остальными изученными токсичными металлами литий имеет самый высокий показатель гидротоксифильности и имеет самую высокую гидроэкофильность и может играть существенную роль в гидроэкосистемах. Нормальное содержание *Li* в почвах в зависимости от механического состава колеблется от 1,2 мг/кг (песчаные почвы) до 98,0 мг/кг (глинистых почвах). По экологической опасности литий относится ко 2 классу химических элементов-загрязнителей [3,5].

*Rb* – редкий, обще токсичный металл средней распространенности. Одно из самых высоких содержаний *Rb* в аллювиальных почвах (55 – 140 мг/кг). В настоящее время *Rb*, содержащийся в минеральном сырье, выбрасывается в окружающую природную среду. Большие количества его могут попадать в воды при разработке, переработке и хранении минеральных солей. Он рассеян в калийсодержащих породах, не образует крупных концентраций в экосистемах, но систематически выбрасывается в окружающую среду. Среднее содержание рубидия в почвенном покрове 60 мг/кг [3,5].

*Sr* имеет один из самых высоких коэффициентов гидротоксичности, имеет высокий показатель деструктивного воздействия. Стронций имеет повышенную биофильность и особенно биогенность, лито- и гидротоксичность, высокую гидроэкофильность. Среднее содержание *Sr* в почвах коррелирует с их составом, климатическими условиями и ландшафтами. В кислых (подзолистых, дерново-подзолистых) почвах он активно вымывается вниз по профилю попадая в дренажные воды, однако может накапливаться на глинистых фракциях иллювиального горизонта, достигая значительной концентрации. Нормой для почв считается содержание стронция 600 мг/кг. [3,5].

*Cs* – редкий токсичный металл, слабо изученный экогеохимически. В экзогенных процессах связан с пластовыми хлоридными *Na*, *Na-Mg* и различными термальными водами, а также *K-Mg* солями. Наиболее полно *Cs* сорбируется глинами. Наибольшее накопления цезия происходит в почвах, богатых органикой и в гумусовом горизонте. В окружающую природную среду цезий попадает через воду при разработке и хранения солей калий, магний и т.д. [3,5].

Так, определено валовое содержание *Li*, *Rb*, *Sr*, *Cs* методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Анализы проведены научным оборудованием Пермского государственного национального исследовательского университета.

На рисунке 1 отражены средние значения содержания *Li*, *Rb*, *Sr*, *Cs* в ключевых точках. Также была отобрана проба с шламохранилища. При устройстве шламохранилища почвенный покров был уничтожен, почвообразование шло на минеральном грунте. На ландшафтной катене микроэлементная насыщенность почвенного покрова дифференцирована в зависимости от положения природных комплексов в транзитных или аккумулятивных ландшафтах.

Накопление и миграция элементов происходят преимущественно в поверхностном слое почвы и способствует повышенной миграции и выносу за пределы загрязненных ландшафтов с поверхностным и подземным водным стоком (латеральный и рудеральный перенос веществ).

Для понимания динамики накопления, миграции и подвижности элементов необходимо учитывать  $pH_{\text{вод}}$ . Водородный показатель показывает кислотность почв, которая влияет на подвижность элементов. Так, наиболее высокое содержание *Li*, *Rb*, *Sr*, *Cs* отмечены в кислой среде в супераквальном техногенном ландшафте (точка 3) (таблица 1).

Таким образом, расположение природных компонентов вблизи шламохранилища подвержено опосредованному техногенному воздействию, что может в дальнейшем вызвать изменения в структуре природных комплексов. Содержание *Li*, *Rb*, *Sr*, *Cs* в депонирующей среде отражает прямую латеральную миграцию этих элементов (рисунок 1). Концентрация *Li*, *Rb*, *Sr*, *Cs* ранжируется в пределах концентрации со шламохранилища, за исключением

донных отложений, в котором наблюдается низкое содержание. Причина низкого содержания – увеличение водности вследствие суммарного действия поверхностного и дренажного стоков, т.е. происходит увеличение водности суммарного действия поверхностных и дренажных вод, приводящее к интенсивному извлечению рассматриваемых элементов из донных отложений [4].

**Таблица 1 – Содержание  $pH_{\text{вод}}$  в местах приповерхностного опробования**

Почва	$pH_{\text{вод}}$
Точка 1. Литострат (поверхностное техногенное образование)	9,40
Точка 2. Дерново-глубокоподзолистая тяжелосуглинистая на элюво-делювии коренных пород	5,10
Точка 3. Глеезём засоленный	4,80

Также стоит отметить наибольшие концентрации рассматриваемых элементов в точке 3 (где образован техногенный засоленный глеезём).

В целом, отмечено равновесное, с небольшими отклонениями содержание *Li, Rb, Sr, Cs* в депонирующих средах, которое обусловлено высокой растворимостью элементов в хлоридных растворах, поступающих со шламохранилища. Высокая доля растворимости приводит к повышению подвижности элементов и усилению их миграции, прежде всего в поверхностный и дренажный сток (р. Лёнва) нежели в депонирующих средах.

### Список литературы

1 Бачурин, Б.А. Эколого-геохимическая характеристика отходов калийного производства / Б.А. Бачурин, А. Ю. Бабошко // Горный журнал. – № 10. – 2008. – С. 88-91.

2 Белкин, П.А. Микроэлементный состав руд Верхнекамского месторождения, как вероятный фактор трансформации химизма природных вод / П.А. Белкин // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского, – 2018. – С. 424-429.

3 Ворончихина, Е.А. Основы ландшафтной хемологии: Учеб. Пособие по спецкурсу Е.А. Ворончихина, Е.А. Ларионова // Перм.ун-т. –Пермь. – 2002. – 146 с.

4 Зубарев, В.А. Анализ тяжелых металлов донных отложений малых рек, подверженных влиянию сельскохозяйственной мелиорации, на территории Среднеамурской низменности / В.А. Зубарев // Известия Томского политехнического университета. Геоэкология. –2014. –Т.324.– № 1. – С. 203–208.

5 Иванов, В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник: В 6 кн. / Под ред. Э.К. Буренкова. – М. : Недра. –1994. – Кн.1: s-элементы. – 304 с.

6 Хайрулина, Е.А. Техногенная трансформация ландшафтно-геохимических процессов в районе добычи калийно-магниевых солей / Е.А. Хайрулина // Теоретическая и прикладная экология. Химия природных сред и объектов. – № 3. – 2014. – С.41–45.

7 Янин, Е.П. Основные обобщения геохимии как теоретическая база и методологические принципы изучения техногенного загрязнения биосферы (к 155-летию со дня рождения В.И. Вернадского) / Е.П. Янин // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. – 2018. – № 4. – С. 2–24.

A. A. PERMINOVA, S. V. FEDOTOV, N. V. MITRAKOVA, E. A. KHAYRULINA

*INVESTIGATION OF THE TECHNOGENIC IMPACT  
OF THE VERKHNEKAMSKOYE POTASH DEPOSIT OF THE PERM REGION  
ON THE CONTENT OF LI, RB, SR, CS IN THE DEPOSITING MEDIUM*

*The study of the technogenic impact of potash production is caused by the mobility of trace elements in chloride solutions, in particular on production waste with a high concentration of NaCl and KCl salts. The content of Li, Rb, Sr, and Cs in soils is due to the high solubility of these elements in chloride solutions, which leads to their migration to ecosystems, in particular to subaqual and aquatic landscapes.*

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ проект № 2019-0858.*

*Проект НИР Пермского НОЦ «Рациональное недропользование»: «Внедрение технологий снижения негативного воздействия на окружающую природную среду и рекультивации нарушенных земель при разработке месторождений полезных ископаемых».*

**УДК 911.9:502**

**Н. О. ПОЛЯКОВА, И. Ю. СОШНИКОВА**

**ПАРК «БОЕВА ДАЧА», КАК ОСОБО ОХРАНЯЕМАЯ ПРИРОДНАЯ ТЕРРИТОРИЯ  
С ОПТИМАЛЬНЫМ ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ЗОНИРОВАНИЕМ В ГОРОДСКОЙ ЧЕРТЕ**

*Курский государственный университет,  
г. Курск, Россия,  
natashapolyak@yandex.ru, irina-ozeroва@yandex.ru*

*Экологическое зонирование территории города сегодня стало обязательной составляющей сферы его благоустройства. Современное развитие городов отражает выраженную тенденцию нарастающего прессинга застроенной городской среды на малочисленные городские элементы природного ландшафта. Зеленые насаждения в ландшафтном объекте города должны максимально соответствовать функциональным, экологическим и эстетическим требованиям.*

*Экологическое зонирование территории – это комплекс мер и действий по максимально четкому и обоснованному разграничению и классификации особо охраняемых территорий (земельных участков, водоемов, воздушного пространства и т.д.) с целью обеспечения их эффективного использования, а также охраны и защиты от исчезновения. Зонирование применяется для рационального размещения на определенной территории элементов конкретного назначения, которые составляют единый планировочный комплекс города или агломерации [1].*

*С целью стабилизации экологической обстановки городов выделяются следующие экологические зоны: зона особо охраняемых территорий; охранные зоны вокруг памятников природы, а также вокруг памятников истории, культуры и архитектуры; зоны регулирования застройки; прибрежные защитные полосы; рекреационная зона и лесозащитная зона города; санитарно-защитные зоны вокруг промышленных объектов, транспортных магистралей, объектов утилизации; территории с проявлением негативных физико-географических и антропогенных процессов.*