

## ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

Е. А. Хайрулина, к. г. н., доцент, в. н. с.,

Естественнонаучный институт  
Пермского государственного национального  
исследовательского университета,  
elenakhay@gmail.com

Основными факторами формирования экологической обстановки при разработке калийных месторождений являются высокая растворимость руды и вмещающих пород, присутствие элементов примесей в водорастворимой форме, содержание глинистых частиц, особенности технологического процесса и природные условия. На примере Верхнекамского месторождения калийно-магниевого солей рассмотрены изменения в химическом составе поверхностных и подземных вод, донных отложений, почв, видовом составе растительного и животного мира.

Наблюдаются два вида техногенных био- и геохимических аномалий. Первый вид аномалий локализован вблизи объектов хвостохранилищ и в большей степени связан с воздушной миграцией загрязнителей. Второй вид техногенных аномалий определяется миграцией загрязнителей с потоками поверхностных и подземных вод на значительное расстояние от источников техногенного воздействия и проявляется в основном в долинных ландшафтах.

Формирующиеся техногенные био- и геохимические аномалии характеризуются высоким содержанием  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , микроэлементов (Sr, Mn, Rb и др.), сменой видового состава растительности и микробиологических сообществ в наземных и аквальных биотопах на солеустойчивые. В долинных ландшафтах повышенное содержание  $\text{SO}_4^{2-}$  в поверхностных и подземных водах способствует формированию в донных отложениях рек и почвах сероводородной обстановки, а высокое содержание Fe вызывает его осаждение на кислородном геохимическом барьере.

The main factors of environmental management in the development of potash deposits are high solubility of potash ore and host rock, impurities in water-soluble form, a high content of clay particles, peculiarities of the technological process and environmental conditions. In the case study of one of the largest deposits in the world, i.e. the Verhnekamskoye Potash Deposit, transformation of the chemistry of the surface and groundwater, river sediments, soils, species composition of flora and fauna were considered.

There are two types of technogenic bio- and geochemical anomalies. The first type of anomalies is localized near the tailings and plants, caused by the air migration of the pollutants. The second type of technogenic anomalies is defined by pollution migration in the surface and groundwater and may be spread far from the sources of pollution. It takes place mainly in lowland landscapes.

Technogenic bio- and geochemical anomalies are characterized by high content of  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , trace elements (Sr, Mn, Rb, etc.), the change the species composition of vegetation and microbial communities in terrestrial and aquatic ecosystems for salt-resistant. In the valley landscapes high content of  $\text{SO}_4^{2-}$  in surface and groundwater formed sulphurous high content of Fe caused its precipitation on oxygen geochemical barrier.

**Ключевые слова:** экологическая обстановка, месторождение калийно-магниевого солей, засоление, солеустойчивые виды, микробиологические сообщества

**Keywords:** environment, potash deposit, salinization, salt-resistant species, microbial communities settings

**Введение.** Разработка месторождений калийных солей оказывает существенное влияние на окружающую среду и сопровождается изменением ландшафтов, загрязнением поверхностных и подземных вод, интенсивным потреблением водных ресурсов, загрязнением атмосферного воздуха, накоплением отходов [1]. Факторы формирования экологической ситуации на месторождениях обусловлены геохимической спецификой разрабатываемой толщи, особенностью технологического процесса и природными условиями.

При разработке калийных месторождений химический состав соленосной толщи и формы нахождения полезного компонента влияют на технологию добычи и обогащения, состав отходов. Для калийных месторождений геохимическими особенностями являются высокая растворимость руды и вмещающих пород. Кроме порообразующих минералов  $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  и сильвина  $\text{KCl}$ , реже кизерита  $\text{MgSO}_4$  встречаются скопления глинистого материала, карбонаты, сульфаты и алюмосиликаты, в которых концентрируются элементы-примеси [2]. В нерастворимом остатке руд месторождения концентрируются Fe, Ni, Mn, V, Ti, Zn и Cr [2, 3]. Превышение над кларком земной коры обнаружено для Vg, B, Rb, Sr, Li [2].

Технология калийного производства сопровождается накоплением значительного количества отходов разного фазового состава, которые и являются основным источником загрязнения окружающей среды. Несмотря на высокие технологические показатели при производстве хлористого калия, до 70 % всей добытой руды [4] складывается на поверхности в солеевалах, шламохранилищах и рассоло-сборниках, либо используется в качестве складочного материала в выработанных пространствах.

Основной поток загрязнителей в окружающую среду при производстве калия поступает с водной миграцией водорастворимых солей

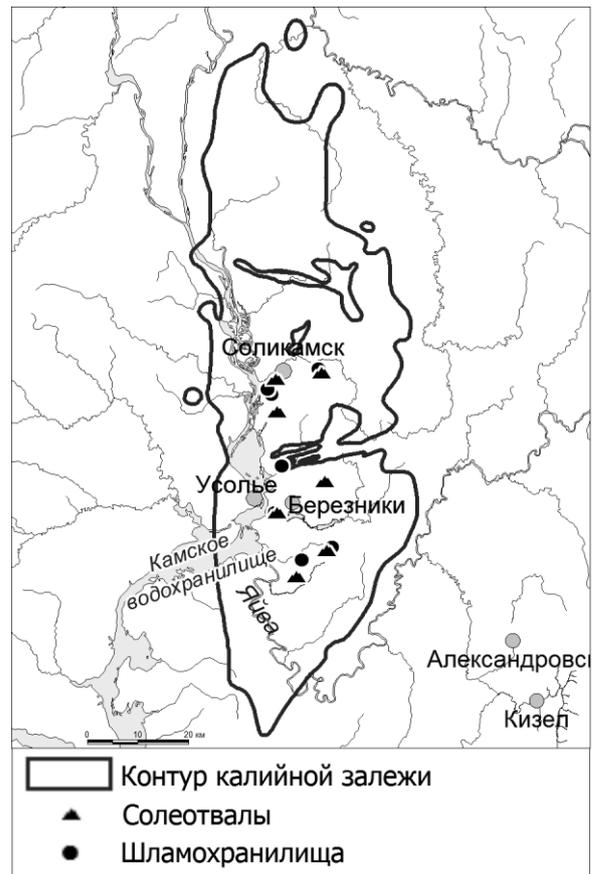
и примесей. Несмотря на геотехнические мероприятия, через тело солеотвалов и шламохранилищ происходит фильтрация рассолов и атмосферных осадков в подземные воды. Высокоминерализованные подземные воды поступают в более глубокие водоносные горизонты или разгружаются в ближайшие дрены, определяя трансформацию химического состава приповерхностной гидросферы на значительной территории: смену гидрокарбонатно-кальциевого типа поверхностных и подземных вод на хлоридно-натриевый. В районах расположения объектов хвостового хозяйства калийных предприятий и в местах близкого залегания высокоминерализованных подземных вод формируются очаги засоления почвенного покрова [5].

Целью исследования являлось изучение влияния калийного производства на экологическую обстановку на примере Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (ВКМКС) Пермского края — одного из крупнейших калийных месторождений в мире (рисунок).

**Результаты исследования.** Формирование месторождения в Предуральском краевом прогибе произошло в ранней перми и связано с галогенными осадками лагунного типа. Геологические запасы представлены карналитовой породой, сильвинитами и каменной солью. Перекрывающими и вмещающими являются сульфатные и карбонатные породы. Месторождение относится к хлоридному типу. Содержание  $KCl$  в руде 18—34 %,  $MgCl_2$  20—25 %. Калийно-магниевые соли обогащены до промышленных значений бромом и оксидом рубидия. Площадь месторождения составляет 6,5 тыс. км. Промышленное освоение месторождения началось в 30-е годы XX века. Добытая руда обогащается, в основном, флотационным способом на обогатительных фабриках.

На территории ВКМКС накоплено более 270 млн т галитовых отходов и более 30 млн м глинисто-солевых шламов [3], представленные в основном  $KCl$  и  $NaCl$ , с высокими концентрациями  $Ba$ ,  $Fe$ ,  $Cd$ ,  $Co$ ,  $Mn$ ,  $Si$ ,  $Ni$ ,  $Rb$ ,  $Sr$ ,  $Cr$ ,  $Zn$ ,  $Br$ .

Экологическая обстановка на месторождении складывается в результате рассеивания загрязнителей воздушным и водным миграционными потоками в окружающей среде. Поступление загрязнителей в атмосферу незначительно и связано, в основном, с деятельностью обогатительных фабрик и развешиванием вещества солеотвалов. Приоритетными за-



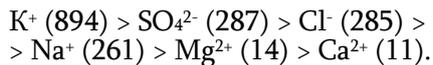
Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей

Согласно металлогеническому районированию Пермского края [6] район калийно-магниевых солей обогащен  $Rb$ ,  $Li$ ,  $Cs$ ,  $Fr$ ,  $Be$ ,  $Mg$ ,  $Sr$ ,  $Ba$ ,  $Ra$ ,  $Au$ ,  $Pt$ . Многие микроэлементы входят в состав калийных руд и каменной соли в составе водорастворимых соединений — хлоридов, что обеспечивает их активную техногенную миграцию в водных растворах

грязнителями в выбросах являются хлорид калия, хлорид натрия и взвешенные вещества. Именно эти вещества формируют локальные площадные техногенные аномалии с повышенной минерализацией почвенного покрова.

Основное воздействие на окружающую среду связано с формированием техногенных фильтрационных стоков с солеотвалов и шламохранилищ, характеризующихся хлоридно-натриевым составом, минерализацией от 30 до 400 г/л. Содержание хлоридов составляет свыше 50 % от общей минерализации вод, калия — от 1 до 20 %, натрия — 20—40 %, сульфатов — 1—5 %. Среди микроэлементов наибольших концентраций достигают  $Sr$ ,  $Mn$ ,  $Rb$ ,  $Br$ ,  $Ba$ ,  $Cr$ ,  $Zn$ ,  $Li$ ,  $V$ .

Техногенные стоки поступают в подземные и поверхностные воды, вызывая трансформацию химического состава приповерхностной гидросферы [5, 7]. В районе воздействия солеотвалов и шламохранилищ гидрокарбонатно-кальцевая фация природных поверхностных вод сменяется на хлоридно-натриевую. Минерализация поверхностных вод достигает 50 г/л, концентрация хлоридов увеличивается до 9,0 г/л, натрия до 3,0 г/л и калия до 1 г/л при pH 7,5. По превышению над природным фоном ( $K_c$ ) макрокомпоненты распределяются следующим образом:



Микроэлементы имеют более контрастные превышения над фоном (по  $K_c$ ): Mn (580) > Pb (362) > Tl (107) > Ge (88) > Sr (60) > Rb (43) > Co (29).

Несмотря на фильтрацию сточных вод солеотвалов и шламохранилищ через почву и грунты, трансформация химического состава подземных вод проявляется не менее ярко, чем поверхностных. В районе воздействия солеотвалов и шламохранилищ минерализация подземных вод, выходящих на поверхность в виде родников, превышает 11 г/л, концентрация хлоридов увеличивается до 7 г/л, натрия до 2,5 г/л и калия до 1,2 г/л при pH 7,1. Среди макрокомпонентов наибольшие коэффициенты концентрации отмечены для  $K^+$  (2046) > Cl (889,2) >  $Na^+$  (275) >  $SO_4^{2-}$  (179,2) >  $Mg^{2+}$  (50,1).

Для микроэлементов превышения над фоном менее значительны. По значению  $K_c$  элементы располагаются следующим образом: Pb (87) > Sr (78) > Co (39) > Mn (7). Появляются редкоземельные элементы Tm, Sm, Lu, Eu, Yb, концентрация которых в природных подземных водах была ниже предела обнаружения.

Формирование высокоминерализованных поверхностных и подземных вод на территории месторождения может быть связано с перетоками и разливами высокоминерализованных подземных вод надсолевой толщи. По многочисленным скважинам различного назначения (структурные, гидрогеологические, разведочные и др.), пробуренным на территории месторождения [8], минерализованные воды поступают в пресноводную зону и на поверхность земли. Перетоки возможны по старым рассолоподъемным скважинам, через кото-

рые велась добыча поваренной соли, начиная с XV века. Воды разгружаются из нижнесоликамского водоносного горизонта с минерализацией 30 г/л. Отношение суммы ионов  $Na^+$ ,  $K^+$  и  $Cl^-$  к минерализации составляет около 70 %.

Обилие атмосферных осадков и расчлененность рельефа изучаемой территории обеспечивает высокую степень водной миграции химических элементов. В связи с этим возрастает роль донных отложений в перераспределении химических веществ в системе вода — донные отложения. В водной вытяжке донных отложений загрязненных поверхностных вод преобладают хлориды 33 г/кг, натрий 13 г/кг, калий 3,4 г/кг, pH 7,2. Относительно фоновых значений ( $K_c$ ) обнаружены превышения для  $Na^+$  (137) > Cl (131) >  $K^+$  (130) >  $SO_4^{2-}$  (79). Наибольшим значением  $K_c$  среди микроэлементов в донных отложениях обладает Mn ( $K_c$  4).

Поступление сульфатов с фильтрационными стоками в речные воды способствует формированию в донных отложениях сероводородной обстановки при деятельности сульфатредуцирующих бактерий [9]. Содержание сероводорода в донных отложениях увеличивается до 23,1 мг/кг. Значение показателя Eh изменяется от -198 до -249 мВ, что свидетельствует о развитии резко восстановительных условий.

На территории разработки месторождения солей загрязнение почвенного покрова носит очаговый характер. Причинами засоления почв являются дефляция вещества солеотвалов, сток с отвалов и шламохранилищ, близкое залегание высокоминерализованных подземных вод. Концентрация водорастворимых солей в почвенном растворе достигает 0,58 %. Формируется содово-сульфатный тип засоления — Cl:  $SO_4^{2-} < 1$ ;  $HCO_3^- < SO_4^{2-}$  [10]. Увеличивается содержание подвижного калия, pH свидетельствует о развитии слабощелочной и щелочной обстановки [10].

Воздействие на почвенный покров может быть связано с оседанием поверхности шахтного поля и нарушением гидрогеологического режима, что может привести к заболачиванию территории и увеличению площади гидроморфных почв. В гидроморфных почвах, в местах площадной разгрузки или близкого залегания подземных высокоминерализованных вод, могут формироваться «железные шляпы» (пятна охристого цвета с отсутствием растительности), которые более характерны для аридных ландшафтов. Источником железа являются

отходы калийного производства, минералы почв и почвообразующих пород.

На поверхности почвенного покрова, в условиях окислительного режима двухвалентное железо окисляется с образованием гидрогетита, гетита, магматита и разнообразных железистых образований. Минеральный анализ верхнего горизонта почв (мощностью 0—2 см) показал, что содержание железистых образований достигает 73,9 % от нерастворимой части пробы, а ожелезненных растительных остатков — 20 %. В нижнем почвенном горизонте мощностью 15—30 см, в результате деятельности сульфатредуцирующих бактерий происходит образование сероводорода (до 17,0 мг/кг), значение окислительно-восстановительного потенциала Eh резко снижается (-156— -197), развиваются резко восстановительные условия.

Засоление почв сопровождается гибелью типичных таежных видов растений и стимулирует захват освобождающихся экотопов солеустойчивыми ассоциациями. В районах солеотвалов формируются синантропные растительные сообщества с преобладанием мари сизой (*Chenopodium glaucum*), молочана татарского (*Lactuca tatarica*), вейника наземного (*Сalamagrostis epigeios*), одуванчика (*Taraxacum* sp.), мать-и-мачехи обыкновенной (*Tussilago farfara*) [11].

В местах близкого залегания высокоминерализованных подземных вод на фоне естественной растительности выделяются «соленые болота» [10]. Несмотря на очевидное экологическое неблагополучие, обусловленное высоким уровнем засоления, для них характерна весьма устойчивая и продуктивная травянистая формация из сорно-рудеральных и галофитных видов с преобладанием тростника (*Phragmites communis*) и мари сизой.

Среди микроэлементов в растительности концентрируются Rb и Sr. Коэффициенты концентрации Rb и Sr в почвенном субстрате превышали фон до трех раз ( $K_c$  1,2—3) [10]. Это свидетельствует о формировании специфической щелочнометалльной биогеохимической аномалии, развивающейся под влиянием двух факторов: повышенной концентрации Rb в промышленном шламе и подщелачивания почвенной среды, вызывающей его осаждение.

В аквальных ландшафтах, испытывающих наибольший «солевой стресс», преобладает макрофитная водоросль *Enteromorpha* sp. семейства *Ulveae* (определение выполнено Н. А. Мартыненко), которая является индикатором высокого содержания хлоридов [12].

Основное воздействие на животный мир связано с повышением шумового фона в период строительства и эксплуатации предприятия, нарушением целостности территории обитания в результате строительства линейной инфраструктуры и загрязнением окружающей среды. Наименьшее воздействие испытывают млекопитающие и птицы, отличающиеся высокой адаптивностью и мобильностью.

Аквальные биотопы подвергаются существенной трансформации. В поверхностных водах с минерализацией свыше 5 г/л основу планктонных зооценозов составляют галофильные виды коловраток и копепод, имеющие широкое географическое распространение и типичные для мелководных солоноватоводных водоемов Европейской части России. На некоторых участках доминируют коловратки *Brachionus plicatilis* (Muller) [12], обитающие в основном в соленых озерах и составляющие более 99 % общей биомассы и 97 % общей численности сообщества. Копеподы в засоленных водах были представлены рачками *Diacyclops bisetosus* (Rehberg) [12]. Рачки обеспечивают 48 % общей биомассы и 16 % общей численности сообщества.

Трансформация обнаружена и в бактериальных сообществах. На территории разработки месторождения повсеместно распространены галофитные бактерии семейства *Halomonadaceae* [14, 15]. Представители этого семейства обнаружены в рудах и отходах производства. Процессы галогенеза являются определяющими в формировании бактериальных сообществ ризосферы растений, произрастающих в зоне влияния отходов калийной промышленности [14, 15]. На техногенно засоленных почвах преобладают галофильные бактерии семейства *Halomonadaceae* и галотолерантные бактерии классов *Actinobacteria* и *Bacilli*.

**Выводы.** Основной спецификой воздействия разрабатываемых калийных месторождений является преобладание легкорастворимых солей в отходах производства. Фильтруясь сквозь тело солеотвалов и шламоохранилищ, они активно мигрируют в поверхностных и подземных водах, формируя контрастные техногенные геохимические аномалии и распространяясь на значительное расстояние. Кроме изменения в химическом составе поверхностных и подземных вод, наблюдается трансформация донных отложений, почв, видового состава растительности и микробиологических сообществ в наземных и аквальных биотопах.

В результате техногенного воздействия калийной промышленности формируются два вида био- и геохимических аномалий. Первый вид аномалий локализован вблизи объектов хвостохранилищ и других объектов предприятия. Проявляется в засолении почвенного покрова, смене растительных и бактериологических сообществ на солеустойчивые. Техногенное вещество поступает в результате развешивания вещества солеотвалов, транспортировки отходов и готовой продукции, выбросов предприятия.

Второй вид техногенной аномалии связан с миграцией загрязнителей с потоками поверх-

ностных и подземных вод на значительное расстояние от источников техногенного воздействия и проявляется в долинных ландшафтах. Для них характерно засоление почвенного покрова, формирование сероводородной обстановки в донных отложениях и почвах, появление «железных шляп», преобладание в наземных и аквальных ландшафтах солеустойчивых видов растительности и бактериальных сообществ.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (а 15-05-07461).*

## Библиографический список

1. Environmental Aspects of Phosphate and Potash Mining. First edition — Paris: United Nations Publication, 2001. 62 p.
2. Кудряшов А. И. Верхнекамское месторождение солей. — Пермь: ГИ УрО РАН, 2001. — 429 с.
3. Бачурин Б. А., Бабоско А. Ю. Эколого-геохимическая характеристика отходов калийного производства // Горный журнал. — 2008. — № 10. — С. 88—91.
4. Сандаков В. Т. Основные результаты экологической политики в ОАО «Сильвинит» // Горный журнал. — 2008. — № 10. — С. 96—97.
5. Максимович Н. Г., Хайрулина Е. А. Основы мониторинга окружающей среды при разработке месторождения калийных солей // Инженерные изыскания. — 2012. — № 8. — С. 20—30.
6. Попов А. Г. Металлогеническое районирование. Пермский край // Вестник Пермского университета. Геология. — 2008 — Вып. 10 (26). — С. 103—110.
7. Лепихин А. П., Мирошниченко С. А. Техногенное воздействие Соликамско-березниковского промузла на поверхностные водные объекты // Горный журнал. — 2008. — № 10. — С. 92—96.
8. Максимович Н. Г., Первова М. С. Влияние перетоков минерализованных вод Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей на приповерхностную гидросферу // Инженерные изыскания. — 2012. — № 1. — С. 22—28.
9. Хайрулина Е. А. Техногенная трансформация ландшафтно-геохимических процессов в районе добычи калийно-магниевых солей // Теоретическая и прикладная экология. — 2014. — № 3. — С. 41—45.
10. Максимович Н. Г., Ворончихина Е. А., Хайрулина Е. А., Жекин А. В. Техногенные биогеохимические процессы в Пермском крае // Геориск. — 2010. — № 2. — С. 38—45.
11. Еремченко О. З., Четина О. А., Кусакина М. Г., Шестаков И. Е. Техногенные поверхностные образования зоны солеотвалов и адаптация к ним растений. — Пермь, 2013. — 148 с.
12. Унифицированные методы исследования качества вод. — М.: СЭВ, 1983. — 371 с.
13. Крайнев Е. Ю. Распределение зоопланктона реки Яйвы и некоторых ее притоков // Рыбохозяйственные водоемы России. Фундаментальные и прикладные исследования: Междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию ГосНИОРХ. — СПб.: ГосНИОРХ, 2014. — С. 459—469.
14. Корсакова Е. С., Ананьина Л. Н., Назаров А. В., Бачурин Б. А., Плотникова Е. Г. Разнообразие бактерий семейства *Halomonadaceae* района разработок Верхнекамского месторождения солей // Микробиология, том 82. — 2013. — № 2. — С. 247—250.
15. Ястребова О. В., Ананьина Л. Н., Пастухова Е. С., Плотникова Е. Г. Разнообразие бактерий, выделенных из района разработок месторождения калийных солей Верхнекамья // Вестник Пермского университета. Серия Биология. — 2009 — Выпуск 10 (36). — С. 124—129.

## ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN THE DEVELOPMENT OF POTASSIUM SALT DEPOSITS

E. A. Khayrulina, Dr. Sc. (Geography), Senior Research Fellow of Institute of Natural science of Perm State National Research University (NSI PSNRU); [elenakhay@gmail.com](mailto:elenakhay@gmail.com)

### References

1. Environmental Aspects of Phosphate and Potash Mining. First edition. Paris: United Nations Publication, 2001. 62 p.
2. Kudryashov A. I. Verhnekamskoe mestorozhdenie solej [Verhnekamskoye salt deposit], Perm, Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2001. 429 p. (in Russian)
3. Bachurin B. A., Baboshko A. Iu. Jekologo-geohimicheskaja harakteristika othodov kalijnogo proizvodstva [Ecological and geochemical characteristics of potash production wastes]. *Mountain journal*, 2008. No. 10. P. 88—91. (in Russian)

4. Sandakov V. T. Osnovnye rezul'taty jekologicheskoj politiki v OAO "Sil'vinit" [The main results of environmental policy of OAO "Silvinit"]. *Mountain journal*, 2008. No. 10. P. 96—97. (in Russian)
5. Maksimovich N. G., Khayrulina E. A. Osnovy monitoringa okruzhajushhej sredy pri razrabotke mestorozhdenija kalijnyh solej [Fundamentals of environmental monitoring under potash deposit developing]. *Engineering survey*, 2012. No. 8. P. 20—30 (in Russian)
6. Popov A. G. Metallogenicheskoe rajonirovanie. Permskij kraj [Metallogenic zoning. Perm kraj]. *Bulletin of Perm State University. Geology*, 2008. Issue 10 (26). P. 103—110. (in Russian)
7. Lepikhin A. P., Miroshnichenko S. A. Tehnogennoe vozdejstvie Solikamsko-bereznikovskogo promuzla na poverhnostnye vodnye objekty [Technogenic impact of Solikamsk-Berezniky industrial center on surface water]. *Mountain journal*, 2008. No. 10. P. 92—96. (in Russian)
8. Maksimovich N. G., Pervova M. S. Vlijanie peretokov mineralizovannyh vod Verhnekamskogo mestorozhdenija kalijno-magnievyyh solej na pripoverhnostnuju gidrosferu [Impact of high mineralized flows of Verhnekamskoye potash deposit on subsurface hydrosphere]. *Engineering survey*, 2012. No. 1. P. 22—28. (in Russian)
9. Khayrulina E. A. Tehnogennaja transformacija landshaftno-geohimicheskikh processov v rajone dobychi kalijno-magnievyyh solej [Technogenic transformation of landscape-geochemical processes on the developing potassium and magnesium deposit]. *Theoretical and applied ecology*, 2014. No. 3. P. 41—45. (in Russian)
10. Maksimovich N. G. Voronchihina E. A., Khayrulina E. A., Zhekin A. V. Tehnogennye biogeohimicheskie processy v Permskom krae [Technogenic biogeochemical processes in Perm kraj]. *Georisk*. 2010. No. 2. P. 38—45 (in Russian)
11. Eremchenko O. Z., Chetina O. A., Kusakina M. G., Shestakov I. E. Tehnogennye poverhnostnye obrazovanija zony soleotvalov i adaptacija k nim rastenij [Technogenic surface formation of salt tailing piles and plant adaptation]. Perm, 2013. 148 p. (in Russian)
12. Standardized methods for studying of water quality. Moscow: SAB, 1983. 371 p. (in Russian)
13. Krainev E. Iu. Raspredelenie zooplanktona reki Jajvy i nekotoryh ejo pritokov [The distribution of zooplankton in the Yayva River and some of its tributaries]. *Russian fishery ponds. Basic and applied research: Inter, sci. conf. Saint-Petersburg: GosNIORH*, 2014. P. 459—469. (in Russian)
14. Korsakova E. S., Anan'ina L. N., Nazarov A. V., Plotnikova E. G., Bachurin B. A. Raznoobrazie bakterij semejstva Halomonadaceae rajona razrabotok Verhnekamskogo mestorozhdenij solej [Diversity of bacteria of the family Halomonadaceae at the mining area of the Verhnekamsk salt deposit]. *Microbiology*, 2013. T. 82. No. 2. pp. 249—252. (in Russian)
15. Yastrebova O. V., Pastukhova E. S., Plotnikova E. G. Raznoobrazie bakterij, vydelenykh iz rajona razrabotok mestorozhdenija kalijnyh solej Verhnekam'ja [The study of bacteria, isolated from the salt mining of upper-kama potassium-magnesium salt deposit]. *Bulletin of Perm state university. Biology*, 2009. Issue 10 (36). P. 124—129. (in Russian)