

ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 502.5:502.4

Е.А. Хайрулина, Л.В. Новоселова, Н.В. Порошина
ПРИРОДНЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ ВОДОРАСТВОРИМЫХ СОЛЕЙ НА
ТЕРРИТОРИИ ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНО-МАГНИЕВЫХ
СОЛЕЙ*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь

На примере территории Верхнекамского калийно-магниевого месторождения солей рассмотрены источники поступления водорастворимых солей в виде соленых родников и изливов древних рассолоподъемных скважин, которые вносят свой вклад в засоление окружающей среды помимо современной горнодобывающей деятельности. Хлоридно-натриевые подземные источники на территории ООПТ «Дурнятская котловина» формируют оз. Белое с минерализацией 5 г/л. Несмотря на высокое содержание солей в водах водоросли представлены зональными видами. После поступления вод озера в р. Пожва содержание Cl^- и Na^+ увеличивается почти в 4 раза, воды реки меняют $Ca - HCO_3$ состав на $Na - Cl$. Минерализация вод фонтанирующих древних рассолоподъемных скважин на месте поселения XVI в. существенно снизилась с 300 г/л в период добычи до 30 г/л в настоящее время. Тем не менее в поверхностные воды поступают рассолы, содержание Cl^- в которых превышает ПДК в 60 раз, формируя $Na - Cl$ состав рек. В супераквальных ландшафтах в районе разгрузки скважин обнаружены солеустойчивые растительные сообщества, представленные в основном солеросом солончаковым *Salicornia perennans* WILLD. Минерализация поверхностных вод в районах поступления водорастворимых солей природного и антропогенного происхождения не превышает 1,4 г/л.

Ключевые слова: засоление, карстовые источники, аквальные ландшафты, рассолоподъемные скважины, галофиты.

Е.А. Khayrulina, L.V. Novoselova, N.V. Poroshina
NATURAL AND ANTHROPOGENIC SOURCES OF SOLUBLE SALTS ON THE TERRITORY OF
THE UPPER KAMA POTASH DEPOSIT

Perm State University, Perm

Sources of water-soluble salts such as salt springs and ancient brine wells were investigated on the territory of the Upper Kama potash deposit. They contribute to salinization of surface waters in addition to current mining activity. Sodium-chloride ground waters on the territory of the specially protected natural area "Durnyatskaya depression" formed Lake Beloje with mineralization 5 g/L. Despite the high salt content in the water, the algae are presented by zonal species. When the lake waters meet the river Pozhva, the content of Cl^- and Na^+ increases up to 4 times, changing the $Ca - HCO_3$ water type to $Na - Cl$ one. Mineralization of spouting ancient brine wells on the territory of the 16th century settlement significantly reduced from 300 g/L to 30 g/L. The concentration of Cl^- in brines 60 times exceeds MPC. The brines flow into the surface waters and determine $Na - Cl$ water type. Salt tolerant plant communities, represented by *Salicornia perennans* WILLD, were found in aquatic landscapes that are formed by salt water. The mineralization of surface water in areas of natural and anthropogenic salt sources does not exceed 1.4 g/L.

Key words: salinization, karst springs, brine wells, aquatic landscapes, halophyte

doi 10.17072/2079-7877-2017-1-93-101

© Хайрулина Е.А., Новоселова Л.В., Порошина Н.В., 2017

*Работа поддержана грантом РФФИ (15-05-07461) и Министерством образования и науки РФ (14.B37.21.0603)

Введение

Северная часть Пермского края богата полезными ископаемыми. Основной сырьевой базой для различных видов производств Соликамско-Березниковского промышленного узла являются каменная соль, карналлиты, сильвиниты и рассолы Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей, приуроченного к кунгурской галогенной формации Предуральяского краевого прогиба. Кроме добычи и производства солей на территории месторождения ведется добыча нефти. Разнообразие горнодобывающего и горноперерабатывающего производства формирует сложную структуру загрязнения окружающей среды. Экологическая ситуация в городах Березники и Соликамск уже характеризуется как «напряженная» [6]. Активное строительство новых калийных предприятий и освоение месторождений нефти на этой территории приведет к возрастанию техногенной нагрузки на природную среду.

Одним из основных последствий техногенеза на территории Верхнекамского калийно-магнезиевого месторождения является засоление почв, поверхностных и подземных вод. В качестве причин засоления, в основном, рассматривается деятельность предприятий по добычи калийных руды и нефти [1; 2; 7–9; 10–12], период воздействия которых ограничивается 50–80 гг. Другие источники водорастворимых солей редко рассматриваются. Тем не менее анализ их воздействия на природную среду дает возможность исследовать адаптивные свойства биотических компонентов ландшафта и сделать прогноз ущерба ландшафтам в районах разработки галогенных формаций.

В данной статье рассмотрены источники водорастворимых солей в виде естественной разгрузки «соленых» родников и изливающихся рассолоподъемных скважин, оставшихся после добычи рассолов в XVI–XX вв. (рис. 1).

Материалы и методы исследования

Основные результаты исследования получены в рамках проведения комплексных исследований в 2013 и 2015 гг. на территории ООПТ «Дурнятская котловина» и на месте поселения XVI в. в районе с. Усть-Игум, где велась добыча рассолов в XVI–XVII вв. В водах рассолоподъемных скважин и поверхностных вод были определены pH – потенциометрическим методом, HCO_3^- – тетриметрическим методом и фотометрическим методом, Cl^- , K^+ , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Na^+ – методом капиллярного электрофореза, сухой остаток – гравиметрическим методом, минерализация – расчетным методом. Классификация аквальных ландшафтов выполнена по [13].

Для исследования влияния засоления на биотический компонент соленого озера Белое в 2015 г. был проведен анализ видового состава водорослей. В районе излива рассолоподъемных скважин выполнено описание наземной растительности, камеральные работы осуществлялись в лаборатории ботаники Пермского государственного национального исследовательского университета. При исследовании биоразнообразия наземных экосистем проводился поиск солеустойчивых видов растений.

Природные соленые источники. Прикамье было известно соляными источниками еще с каменного века. Залегание соляной толщи в некоторых местах распространения галогенной формации относительно не глубоко от поверхности, особенно в долинах рек, и составляет 30–50 м [10]. При контакте подземных вод с верхними галитовыми пластами формируются воды хлоридно-натриевого состава. В местах выхода на поверхность таких вод – уникальные солоноватые хлоридно-натриевые аквальные ландшафты.

Одним из примеров таких ландшафтов является ландшафтный памятник природы регионального значения ООПТ «Дурнятская котловина» (рис. 1), расположенный на южной периферии распространения соляной залежи. Значительная удаленность от населенных пунктов и промышленных предприятий, отсутствие антропогенной деятельности, связанной с добычей рассолов и калийных солей, позволяет рассматривать воздействие на ландшафты природного галогенеза.

Дурнятская котловина представляет собой карстовую депрессию в долине р. Пожвы с многочисленными озерами и родниками. Это самая большая озерная группа Косьюинско-Чусовского междуречья. Здесь насчитывается 12 карстовых озер, около 5–7 воронок, сухая речка. Депрессия имеет неправильную форму и вытянута с северо-востока на юго-запад. Длина ее 2 км, ширина 1,5 км. Северо-восточная и центральная части депрессии заболочены и поросли лесом, восточная занята комплексом нижних аккумулятивных террас р. Пожвы. Наличие на значительных глубинах в сульфатных отложениях пластов и прослоек каменной соли обусловили на территории участка

обильные выходы карстовых источников сульфатного и хлоридно-натриевого химического состава, которые образуют озера [3].



Рис. 1. Распространение калийной и соляной залежи Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей и расположение объектов наблюдения

Результаты и их обсуждение

В 2013 и 2015 гг. было проведено исследование химического состава поверхностных вод территории Дурнятской котловины, воды которых формируются в результате поступления хлоридно-натриевых источников: озеро Белое, руч. Исток, р. Пожва. Химический состав исследуемых объектов представлен в табл. 1.

Озеро Белое (рис. 2) состоит из двух воронок общей длиной 123 м и наибольшей шириной 84 м. Глубина в одной воронке – 25 м, в другой – 46 м. Оз. Белое сформировано хлоридно-натриевыми источниками. Минерализация вод озера свыше 5 г/л, содержание хлоридов более 1,8 г/л, натрия – более 1 г/л. Верхний тонкий слой воды поступает из озер Черное, Каменка и Роголек и поэтому менее минерализован – около 2 г солей на литр, а в нижних слоях воды минерализация достигает 12 г/л [14]. Вероятно, минерализация самих источников, которые разгружаются на дне озера, составляет 12 г/л или чуть более.

Из озера вытекает руч. Исток, воды которого увеличивают содержание ионов хлорида в р. Пожва в 4 раза. Дальнейшее постепенное увеличение содержания хлоридов в р. Пожва вниз по течению (табл. 1) свидетельствует о существовании других соленых источников, нам пока неизвестных.

Хлоридно-натриевые подземные воды формируют в оз. Белое нейтральные солоноватые и сильно солоноватые кислородно-сероводородные хлоридно-натриевые аккумулятивные аквальные ландшафты. При поступлении соленых вод в р. Пожва и разбавлении с природными гидрокарбонатно-кальциевыми и сульфатно-кальциевыми водами происходит смена на слабощелочные слабосоленые кислородно-глеевые хлоридно-натриевые трансаквальные ландшафты рек.



Рис. 2. Озеро Белое на территории ООПТ «Дурнятская котловина»

Биоразнообразие вод озера Белое представлено, в основном, зональными видами водорослей *Fragilariasp.*, *Cymbellasp.*, *Naviculasp.*, *Gomphonemasp.*, *Melosirasp.*, *Epithemiasp.*, *Tabellariasp.*, *Diatomasp.*, *Pinnulariasp.*, *Nostocsp.*, *Ulothrixsp.*, *Spyrogirasp.*, *Closteriumsp.*, *Peniumsp.*, *Scenedesmussp.*, что свидетельствует о нормальном функционировании аквальных ландшафтов с превышающими ПДК содержаниями в водах озера почти по всем основным ионам (табл. 1)

Таблица 1

Химический состав поверхностных вод ООПТ «Дурнятская котловина», 2013, 2015 гг.

Место отбора проб	pH	Содержание, мг/л									Гидрохимическая фация
		Fe общее	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	Минерализация	
ПДК _{рх} *	6,5-8,5	0,1	-	100	300	180	40	120	50	-	-
оз. Белое	7,24	0,31	273,0	1314,0	1805,0	641,0	69,3	1161,0	17,2	5157	Na – Cl
р. Пожва, 20 м выше устья руч. Исток	8,02	0,23	251,6	43,4	34,6	75,9	15,0	26,9	<0,5	448	Ca – HCO_3
Руч. Исток	7,19	0,10	283,7	1522,6	1943,8	627,5	80,1	1053,0	<0,5	5511	Na – Cl
р. Пожва, 200 м ниже устья руч. Исток	7,73	0,12	247,8	115,8	125,4	111,3	18,0	81,4	<0,5	700	Ca – HCO_3 , C
р. Пожва, ур. Косята, мост	7,84	0,09	251,6	281,7	330,7	156,9	24,9	201,6	0,6	1248	Na – Cl
р. Пожва, ур. Софронята, мост	7,98	0,09	259,3	250,5	296,4	151,8	24,7	171,1	<0,5	1154	Na, Ca – Cl

Примечание: ПДК – для водоемов рыбохозяйственного значения

Основное воздействие природной разгрузки «соленых» источников на ландшафты ООПТ «Дурнятская котловина» связано с увеличением содержания ионов хлорида и натрия в поверхностных водах. Низкое содержание калия в подземных и поверхностных водах свидетельствует о растворении подземными водами отложений каменной соли и отсутствии техногенной составляющей, а преобладание зональных видов водорослей – об адаптации биотических компонентов аквальных ландшафтов к повышенному содержанию водорастворимых солей.

Рассолоподъемные скважины. В районах развития галогенных формаций часто ведется добыча каменной соли. На территории Верхнекамского калийно-магниевое месторождения солей добыча рассолов велась с XV по XX в. Согласно данным Г.В. Бельтюкова [1] на территории месторождения с 1430 по 1970 г. насчитывалось более 200 скважин с минерализацией рассолов 100–300 г/л. Большая часть их затоплена водами Камского водохранилища и их разгрузка происходит непосредственно на дне рек или Камского водохранилища. Наличие большого количества фонтанирующих старых рассолоподъемных скважин является еще одной причиной засоления природных, в основном аквальных ландшафтов.

Современное воздействие старых рассолоподъемных скважин было изучено на территории одного из первых русских поселений с производством соли Яйвинский острожок, основанным в 1570 г. Производство соли было остановлено в XVIII в. В настоящее время территория поселения значительно удалена от промышленных предприятий и представляет собой суходольные и пойменные луга. Ближайший населенный пункт – с. Усть-Игум с населением 450 чел. В 2015 г. были отобраны пробы из двух рассолоподъемных скважин (рис. 3), воды которых образуют ручей р. Усолки выше и ниже впадения ручья (табл. 2).



Людмилинская скважина,
1910 г. (г. Соликамск)



Рассолоподъемная скважина 1,
17-18 вв. (район с. Усть-Игум)

Рис. 3. Рассолоподъемные скважины в г. Соликамске и в р-не с. Усть-Игум

Другим объектом изучения послужила вода рассолоподъемной Людмилинской скважины в г. Соликамске, которая была пробурена в 1910 г. В ней впервые были обнаружены повышенные содержания калия. Так же были отобраны пробы воды р. Усолка, в которую поступает вода из Людмилинской скважины. Одинаковые названия рек, вероятнее всего, свидетельствуют об участии «соленых» родников в формировании химизма данных рек, что использовалось первыми русскими поселенцами для поиска мест установки рассолоподъемных скважин.

На современном этапе минерализация изливающихся из скважин вод существенно снизилась (табл. 2) и составляет для Людмилинской скважины 12 г/л, для рассолоподъемных скважин Яйвинского острожка 30 – 34 г/л, преобладают ионы хлорида и натрия. В водах Людмилинской скважины отмечается повышенное содержания калия, что свидетельствует о контакте подземных вод с сильвинитовой толщей.

Минерализация вод рек, в которые разгружаются соленые подземные источники, за счет разбавления пресными водами значительно ниже и составляет 1,2–1,3 г/л. Тем не менее восстановление фонового гидрокарбонатно–кальциевого состава вод не происходит, а сохраняется преобладание ионов хлоридов и натрия: содержание хлоридов изменяется от 490 мг/л в районе с.

Усть-Игум до 750 мг/л в г. Соликамске, содержание натрия – свыше 300 мг/л для обоих водотоков (табл. 2).

Таблица 2

Химический состав вод старых рассолоподъемных скважин и поверхностных вод в районе с. Усть-Игум и г. Соликамск, 2015 г.

Место отбора проб	pH	Содержание, мг/л								Гидрохимическая фаация
		HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	Минерализация	
ПДК _{рх} *	6,5-8,5	-	100	300	180	40	120	50	-	-
г. Соликамск										
Людмилинская скважина	6,6	170,9	737,0	6299,0	369	220	5004,0	131	12762,0	Na – Cl
р. Усолка	7,9	201,3	57,7	751,4	181,5	51,8	301,9	38,3	1201,1	Na – Cl
район с. Усть-Игум										
Скважина №1	7,0	291,6	3381	17920	1191,0	148,7	11264,0	39,0	34235,0	Na – Cl
Скважина №2	7,1	292,8	3073	15251	1079,0	156	10713,0	25,7	30590,0	Na – Cl
р. Усолка, выше впадения солоноватых вод	8,1	222,1	161,3	492,4	94,5	17,7	352,0	1,4	1342,0	Na – Cl
р. Усолка, ниже впадения солоноватых вод	8,2	216,6	164,2	491,4	88,2	17,4	358,4	0,5	1229,0	Na – Cl

Примечание: ПДК – для водоемов рыбохозяйственного значения

Высокое содержание ионов хлорида и натрия в р. Усолка (район с. Усть-Игум) выше впадения вод из скважин свидетельствует о существовании других подземных источников водорастворимых солей. В результате поступления соленых вод рассолоподъемных скважин в реках формируются слабощелочные слабосоленоватые кислородно-глеевые хлоридно-натриевые трансаквальные ландшафты рек.



Рис. 4. Зарастание берегов соленого ручья солеросом солончаковым *Salicornia perennans* Willd

Вдоль высокоминерализованного потока на гидроморфных почвах впервые в Пермском крае обнаружен солерос солончаковый *Salicornia perennans* Willd (рис. 4). Солерос (лат. *Salicornia*) – род однолетних травянистых растений семейства Амарантовые (*Amaranthaceae*). Как правило, галофиты произрастают на сильно засоленных почвах на морских побережьях, берегам солёных озёр, в балках и оврагах. Распространены в Евразии, Африке и Северной Америке. Эти однолетние растения с членистыми, сочными стеблями и неразвитыми супротивными листьями, высотой до 60 см, формируют красные «полянки» и «дорожки» в местах разгрузки высокоминерализованных вод.

Выводы

Исследования состояния ландшафтов при поступлении хлоридно-натриевых вод из фонтанирующих старых рассолоподъемных скважин выявили, что разгружающиеся подземные воды отличаются высокой минерализацией (более 30 г/л), 30 г/л, при содержании хлоридов более 17 г/л. Это значительно выше уровня содержания солей в природных «солёных» источниках Дурнятской котловины. Минерализация вод рек в районах поступления водорастворимых солей природного или антропогенного происхождения находится на уровне 1,4 г/л, что существенно ниже (в 30 раз) данного показателя в поверхностных и подземных водах в районе воздействия калийного производства [15].

Поступление хлоридно-натриевых вод в результате естественной разгрузки карстовых вод или самоизливов рассолоподъемных скважин формирует нейтральные или слабощелочные солончатые или слабосолончатые кислородно-глеевые хлоридно-натриевые трансаквальные ландшафты рек.

Преобладание в видовом составе оз. Белое зональных видов водорослей свидетельствует о высокой устойчивости аквальных ландшафтов с повышенной минерализацией вод. В супераквальных ландшафтах, в районе разгрузки древних рассолоподъемных скважин, происходит смена зональных видов на галофитные. За более чем 300-летний период засоления почв сформировались уникальные растительные сообщества, представленные солеросом солончаковым *Salicornia perennans* Willd.

Библиографический список

1. Бельтюков Г.В. Карстовые и гипергенные процессы в эвапоритах: дис.... д-ра г.-м. наук. Пермь, 2000. 346 с.
2. Бузмаков С.А., Кулакова С.А. Формирование природно-техногенных экосистем на территории нефтяных месторождений (на примере Пермского края) // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2007. № 1. С. 20–24.
3. Бутырина К.Г. Карстовые озера бассейна нижней Косьвы // Гидрогеология и карстоведение. Пермь, 1966. Вып.3. С. 150–159.
4. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2007. 350 с.
5. Горбунова К.А., Максимович Н.Г. В мире карста и пещеры. Пермь, 1991. 120 с.
6. Двинских С.А., Зуева Т.В. Оценка экологической ситуации в Пермской области с учетом интенсивности природопользования // Географический вестник. 2005. № 1–2. С. 124–137.
7. Демидова М.И., Лихарева Ю.Е., Лапина В.К. Влияние галитовых отходов ОАО «Уралкалий» города Березники на почву и растительность // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2014. № 2(14). С. 154–166.
8. 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.
9. Корсакова Е. С., Ананьина Л. Н., Назаров А. В., Бачурин Б. А., Плотникова Е.Г. Разнообразие бактерий семейства *Halomonadaceae* района разработок Верхнекамского месторождений солей // Микробиология. 2013. Т. 82. № 2. С. 247–250.
10. Лепихин А. П., Мирошниченко С. А. Техногенное воздействие Соликамско-березниковского промузла на поверхностные водные объекты // Горный журнал. 2008. № 10. С. 92–96.
11. 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.
12. Максимович Н. Г., Хайрулина Е. А. Основы мониторинга окружающей среды при разработке месторождения калийных солей // Инженерные изыскания. 2012. №8. С. 20–30.
13. Перельман А.И. Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрель-2000, 1999. 768 с
14. Рубинштейн Л.М. Микробиологические процессы образования и окисления метана в

подземных водах Пермского предуралья: дис... канд. биол. наук. Миасс, 2003. 154 с.

15. Хайрулина Е.А. Формирование экологической обстановки при разработке месторождения калийных солей // Проблемы региональной экологии. 2015. №4. С. 140–145.

References

1. Beltyukov, G.V (2000), “Karst and supergene processes in evaporates”, D. of Geological and Mineralogical Sc. Thesis, Perm State University, Perm, Russia.

2. Buzmakov, S.A., and Kulakova, S.A. (2007), “Natural and technogenic ecosystem formation on the territory of oil fields (for example, the Perm Krai)”, *Zashhita okruzhajushhej sredy v neftegazovom komplekse* [Environmental protection in oil and gas complex], no. 1, pp. 20–24.

3. Butyrina, K.G. (1966), “Karst lakes of Low Kos’va watershed”, *Gidrogeologija i karstovedenie* [Hydrogeology and Karstovedeniye], no. 3, pp. 150–159.

4. Glazovskaya, M.A. (2007), *Geohimija prirodnih i tehnogennyh landshaftov* [Geochemistry natural and technogenic landscapes], MSU Publ., Moscow, Russia.

5. Gorbunova, K.A., and Maksimovich, N.G. (1991), *V mire karsta i peshhery* [In karst and cave world], Perm, Russia.

6. Dvinskikh, S.A., and Zueva, T.V. (2005), “Environmental estimation in Perm territory with management of environmental resources”, *Geograficheskij vestnik* [Geographical Bulletin], no. 1–2, pp. 124–137.

7. Demidova, M.I., Likhareva, Yu.E., and Lapshina V.K. (2014), “Halite wastes of OAO “Uralkaliy” impact on soil and plant”, *Vestnik PNIPU. Prikladnaja jekologija. Urbanistika.* [PNRPU Bulletin, Applied ecology. Urban development], no. 2 pp. 154–166.

8. Eremchenko, O.Z., Chetina, O.A., Kusakina, M.G. and Shestakov, I.E. (2013), *Tehnogennye poverhnostnye obrazovanija zony soleotvalov i adaptacija k nim rastenij* [Technogenic surface formations of salt piles and plant adaptation], Perm, Russia.

9. Korsakova, E. S., Anan'ina, L. N., Nazarov, A. V., Bachurin, B. A., and Plotnikova, E.G. (2013) “Diversity of bacteria of the family *Halomonadaceae* at the mining area of the Verkhnekamsk Salt Deposit”, *Mikrobiologiya* [Microbiology], vol. 82, no. 2, pp. 249–252.

10. Lepihin, A. P., and Miroshnichenko, S. A. (2008), “Technogenic impact of Solikamsko-bereznikovskogo industrial settlement on the surface water *Gornyj Zhurnal*“, [Eurasian Mining], no.10, pp. 92–96.

11. Maksimovich, N. G., and Pervova, M. S. (2012), “Impact of saline water flows in territory of Verkhnekamsk potassium-magnesium salts deposit on subsurface hydrosphere”, *Inzhenernye izyskanija* [Engineering survey], no. 1, pp. 22–28.

12. Maksimovich, N. G., and Khayrulina, E.A. (2012), “The basics of environmental monitoring during development of potassium salt deposit”, *Inzhenernye izyskanija* [Engineering survey], no. 8 pp. 20–30.

13. Perel'man, A.I. and Kasimov, N.S. (1999), *Geohimija landshafta* [Landscape geochemistry], Astreja-2000, Moscow, Russia.

14. Rubinshtejn, L.M. (2003), “Microbiological process of methane production and oxidation in groundwater Perm PreUrals” PhD Thesis, Biology, Perm, Russia.

15. Khayrulina, E.A. (2015), “Environmental management in the development of potassium salt deposits”, *Problemy regional'noj jekologii* [Regional environmental issues], 4, pp.140–145.

Поступила в редакцию: 11.10.2016

Сведения об авторах

Хайрулина Елена Александровна

кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник Естественного института Пермского государственного национального исследовательского университета; 614990 Россия, г. Пермь, ул. Генкеля 4; e-mail: khayrulina@psu.ru

About the authors

Elena A. Khayrulina

Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher, Natural Science Institute, Perm State University; 4, Genkelya st., Perm, 614990, Russia; e-mail: khayrulina@psu.ru

Новоселова Лариса Викторовна

доктор биологических наук, профессор кафедры

Larisa V. Novoselova

Doctor of Biological Sciences, Professor, Department

ботаники и генетики растений Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15
e-mail: Novoselova@psu.ru

of Botany and Plant Genetics, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia;
e-mail: Novoselova@psu.ru

Порошина Наталья Витальевна
кандидат химических наук, старший научный сотрудник Естественного научного института Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия, 614990, г. Пермь, ул. Генкеля 4,
e-mail: navit1@yandex.ru

Natalya V. Poroshina
Candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher, Natural Science Institute, Perm State University; 4, Genkelya st., Perm, 614990, Russia;
e-mail: Novoselova@psu.ru

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Хайрулина Е.А., Новоселова Л.В., Порошина Н.В. Природные и антропогенные источники водорастворимых солей на территории Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей // Географический вестник = Geographical bulletin. 2017. №1(40). С. 93–101. doi 10.17072/2079-7877-2017-1-93-101

Please cite this article in English as:

Khayrulina E.A., Novoselova L.V., Poroshina N.V. Natural and anthropogenic sources of soluble salts on the territory of the upper Kama potash deposit // Geographical bulletin. 2017. № 1(40). P. 93–101. doi 10.17072/2079-7877-2017-1-93-101