

Ch. Guang-Jin, Qing-Ping Li, L. Shi, Zh. Ke // Energy Conversion and Management, 2013. V. 67. R. 257 – 264.

14. Hasanov M.K., SHagapov V.SH. Razlozhenie gazogidrata metana v poristoj srede pri inzhekcii teplogo uglekislogo gaza // Inzhenerno-fizicheskij zhurnal, 2016. T. 89. № 5. S. 1129 – 1140.

15. Theoretical research of the gas hydrate deposits development using the injection of carbon dioxide / V.Sh. Shagapov, M.K. Khasanov, N.G. Musakaev, Duong Ngoc Hai// International J. of Heat and Mass Transfer, 2016. V. 107. P. 347-357.

16. Gimaltdinov I.K., Stolpovskij M.V., Dodova M.I. CHislennoe reshenie zadachi ob obrazovanii gidrata dvoukisi ugleroda v poristom plaste, iznachal'no nasyshchennom gidratom metana. // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov, 2017. T. 328. № 6. S. 91–98.

17. Barenblatt G.I., Entov V.M., Ryzhik V.M. Dvizhenie zhidkostej i gazov v prirodnyh plastah. M.: Nedra, 1982. 211 c.

18. Aliev Z.S., Samujlova L.V. Marakov D.A. Razrabotka mesto-rozhdenij prirodnyh gazov: uchebnoe posobie. M. MAKS Press, 2011. 340 s.

19. Grobe M., Pashin J.C., Dodge R.L. Carbon Dioxide Sequestration in Geological Media: State of the Science: AAPG, 2009. 715 p.

20. Vasil'ev V.I., Popov V.V., Timofeeva T.S. Vychislitel'nye metody v razrabotke mestorozhdenij nefiti i gaza. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2000. 126 c.

УДК 502.6

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

Е.А. Хайрулина, В.С. Хомич, М.Ю. Лискова

Приводится анализ воздействий калийных производств и изменений в природной среде ими вызванных в разных странах, на основании результатов исследований в зонах воздействия разработок Верхнекамского (Россия) и Старобинского (Беларусь) месторождений калийных солей и литературных данных по аналогичным объектам в Германии и Франции. Показано, что несмотря на различия в составе добываемых пород и применяемых технологиях их переработки, калийные производства во всех странах сопровождаются накоплением больших объемов отходов с высоким содержанием водорастворимых солей и примесей на поверхности земли, и, как следствие, проблемами засоления почв, загрязнения поверхностных и подземных вод, деформации земной поверхности.

Ключевые слова: месторождения калийных солей, разработка, отходы, почвы, поверхностные воды, подземные воды, засоление, загрязнение, просадки.

Калий является одним из трех важнейших элементов (NPK) питания растений, обеспечивающих их нормальный рост и развитие. Потери калия в почвах при ведении сельского хозяйства восполняются внесением калий-содержащих удобрений. За последние 50 лет использование калийных

удобрений выросло в 3 раза [1]. Мировое производство калийных удобрений в 2012 г. составило 32,7 млн т K_2O [2]. В связи с увеличением населения Земли и снижением площади пахотных земель на одного человека спрос на калийные удобрения в ближайшее время будет расти. По прогнозной оценке [1], к 2050 г. потребность калийных удобрений увеличится и составит 44,8 млн т K_2O .

В отличие от фосфор- и азотсодержащих удобрений производство калийных удобрений практически полностью зависит от добычи калийной руды. Увеличение спроса на калийные удобрения способствует более интенсивной разработке месторождений и росту техногенной нагрузки на окружающую среду. Особенности техногенного воздействия калийного производства необходимо учитывать при планировании новых предприятий и разработке природоохранных мероприятий на действующих.

Схожесть и различия в геоэкологических проблемах калийных месторождений определяются геохимической спецификой разрабатываемых соляных толщ, применяемыми технологиями обогащения руд, составом и способами складирования отходов.

Геохимическая специфика соленой толщи отражает условия образования месторождения. Разнообразие растворимых минералов обусловлено процессом испарения морской воды. При благоприятных условиях происходило последовательное осаждение гипса $CaSO_4$, затем галита $NaCl$, и, благодаря полному испарению морской воды, – формирование калийных и магниевых солей в виде карналлита $KMgCl_3 \cdot 6H_2O$ и сильвина KCl , реже кизерита $MgSO_4$ [3].

В зависимости от происхождения калийно-магниевые месторождения, в основном, можно разделить на сульфатные, хлоридные и смешанного сульфатно-хлоридного типа. Наиболее распространены хлоридные месторождения. В сравнении с сульфатными месторождениями геохимическая активность соледержащих пород и отходов таких месторождений значительно выше благодаря более высокой растворимости хлоридов.

Кроме породообразующих минералов, в разрабатываемой толще встречаются скопления глинистого материала [4], карбонаты, сульфаты и алюмосиликаты, в которых концентрируются элементы-примеси. В нерастворимом остатке перерабатываемых руд концентрируются Fe , Ni , Mn , V , Ti , Zn и Cr [4, 5]. Превышения над кларком земной коры обнаружены для Br , B , Rb , Sr , Li [4]. Концентрация микроэлементов в калийных рудах связана с процессами соленакопления и терригенными отложениями, которые залегают между слоями солей и отражают континентальный этап осадконакопления.

В дальнейшем при разработке месторождения данные особенности влияют на технологию добычи и обогащения, состав отходов, который, в

свою очередь, определяет спектр загрязняющих веществ и интенсивность техногенной миграции.

Наиболее распространены два метода обогащения калийных руд: галургический и флотационный. Галургический метод основан на различной зависимости растворимости сильвина и галита от температуры: повышенная растворимость хлористого калия из руды обратным раствором при температуре +115 °С и последующая кристаллизация полезного компонента при охлаждении. Недостатком такого метода является большое водопотребление.

Флотационный способ выделения хлорида калия из сильвинита основан на флотогравитационном разделении водорастворимых минералов калийной руды в среде насыщенного ими солевого раствора. Это достигается селективной гидрофобизацией поверхности частиц калийных минералов с помощью флотореагентов-собирателей. Недостатком данного метода является присутствие в отходах аминов, полициклических и моноароматических углеводородов, эфиров фталиевой кислоты и др.

Оба метода сопровождаются накоплением значительного количества отходов разного фазового состава, которые являются основным источником загрязнения окружающей среды. В результате технологических процессов глинистый материал, вещество нерастворимого остатка и насыщенные рассолы поступают в шламохранилища, солеотвалы или в окружающую среду (табл. 1). В составе галитовых отходов NaCl составляет более 95 %, KCl– 1,5...2 %, MgCl– 0,1 %, CaSO₄– 2,0 % [6]. Глинисто-солевые шламы на 35...40 % состоят из водорастворимых солей и на 60...65 % – из нерастворимого глинистого осадка.

Таблица 1

Твердые и жидкие отходы калийных производств и виды их складирования

Отходы	Виды складирования и утилизации отходов
Галитовые отходы	Солеотвалы
Глинисто-солевые шламы	Шламохранилища
Рассолы	Шламохранилища (Россия)
	Реки и океан после разбавления (Германия, Франция)
	Закачка в глубинные горизонты (Германия, Канада)

В зависимости от геохимической специфики месторождения, галургического или флотационного способа обогащения руды насыщенность отходов химическими элементами и формы их нахождения могут существенно различаться.

Влияние на интенсивность распространения загрязняющих веществ в окружающей среде оказывают природные условия. Климатические усло-

вия, рельеф, обводнённость территории могут способствовать распространению загрязнения на значительное расстояние. Тем не менее, для территорий, связанных с разработкой калийных месторождений, характерны схожие экологические проблемы.

На примере калийных производств в Беларуси, Германии, Франции и России рассмотрены основные геоэкологические проблемы разработки месторождений калийных солей.

Беларусь. За 60-летний период эксплуатации Старобинского месторождения калийных солей на поверхностях 4 солеотвалах накопилось более 980 млн т галитовых отходов и 115 млн т глинисто-солевых шламов.

Проведенные исследования в зоне воздействия Солигорского калийного комбината в Беларуси [7] выявили существенное превышение в почве содержания солей (в 7–10 раз по сумме водорастворимых калия, натрия и хлора) непосредственно у границы предприятия в сравнении с фоном. На расстоянии 3 км превышение над фоном составляет 3 – 5 раз, а в 10 км – 1,5 раза. В результате поступления хлоридов калия и натрия в атмосферу формируются локальные площадные техногенные аномалии с повышенным содержанием солей в почвенном покрове, которые постепенно расширяются (рис. 1).

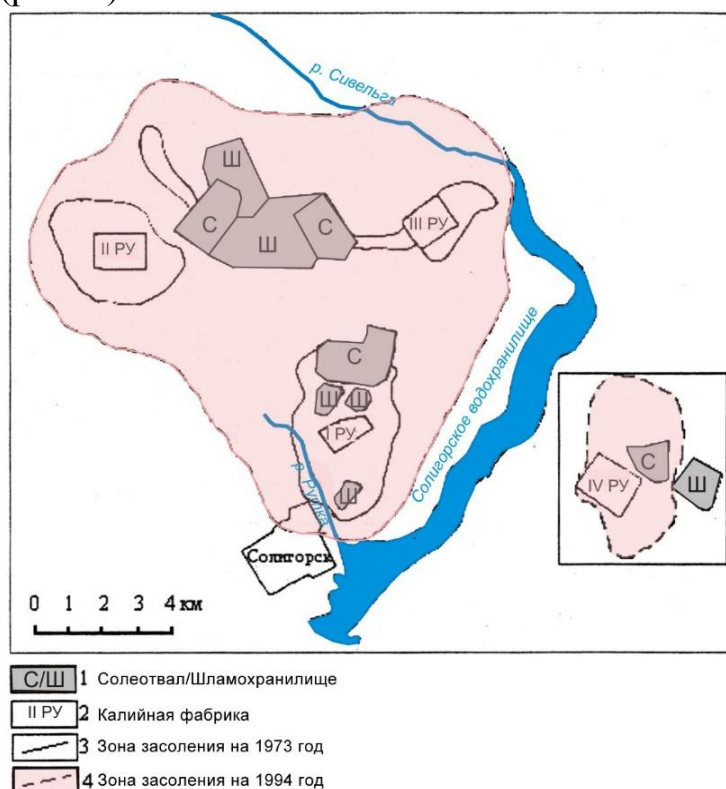


Рис. 1. Изменение площади засоления почв в зонах влияния Солигорских калийных производств за период с 1973 по 1994 годы [7]

В общей площади засоленных почв на долю загрязнения пылегазовыми выбросами и продуктами дефляции солеотвалов приходится 85 %, а

остальная территория загрязнена рассолами солеотвалов и шламохранилищ.

В местах отработки подземного пространства наблюдаются процессы проседания земной поверхности и заболачивания. В Солигорском горнопромышленном районе просадки земной поверхности при отработке 2 калийных горизонтов составляют 4...6 м. В условиях Белорусского Полесья с низменным рельефом это ведет к процессам заболачивания и подтопления территорий.

Загрязнение подземных вод от солеотвалов и шламохранилищ в зоне воздействия ОАО «Беларуськалий» зафиксировано до глубины 110 м. При этом минерализация подземных вод увеличилась до 110...160 г/дм³, а ореолы засоления подземных вод с минерализацией около 1 г/дм³ распространились на расстояние более 2 км [7].

Германия. Среднеевропейский калиеносный бассейн – один из крупнейших калиеносных бассейнов в мире со старейшей историей разработки. В настоящее время добыча в крупных масштабах ведется в Германии [8]. Большинство калийных рудников Германии расположены в районах Ронненбург-Ганса, Зарштедт-Лерте, Фульда, Верра, Заале-Унструц, Стассфурт, Ашерслебен и др. Основным объектом разработок является хартзальц (твердая соль) – сильвинсодержащая руда с высоким содержанием примесных сульфатов магния и кальция. Она состоит из сильвина (3...25 %), кизерита (18–30), галита (40–60), карбонатов и глинистых минералов (0,5...1 %)[9].

При производстве калийных удобрений около 78 % добываемой породы после переработки поступает в отходы. В результате производства калия на территории Германии отходы складировываются в солеотвалы, а хлоридно-магниевые рассолы поступают в реки. Солеотвалы являются источником высокоминерализованных дренажных вод. Содержание хлоридов в них составляет 120...150 г/л.

Продолжительная разработка калийных месторождений в Германии привела к устойчивому засолению рек. Особенности воздействия на окружающую среду калийного производства рассмотрены на примере долины р. Везер по данным мониторинга ассоциации DieFlussgebietsgemeinschaft Weser [10]. На водосборной площади р. Везер в шести солеотвалах накоплены 168 млн м³ галитовых отходов [3].

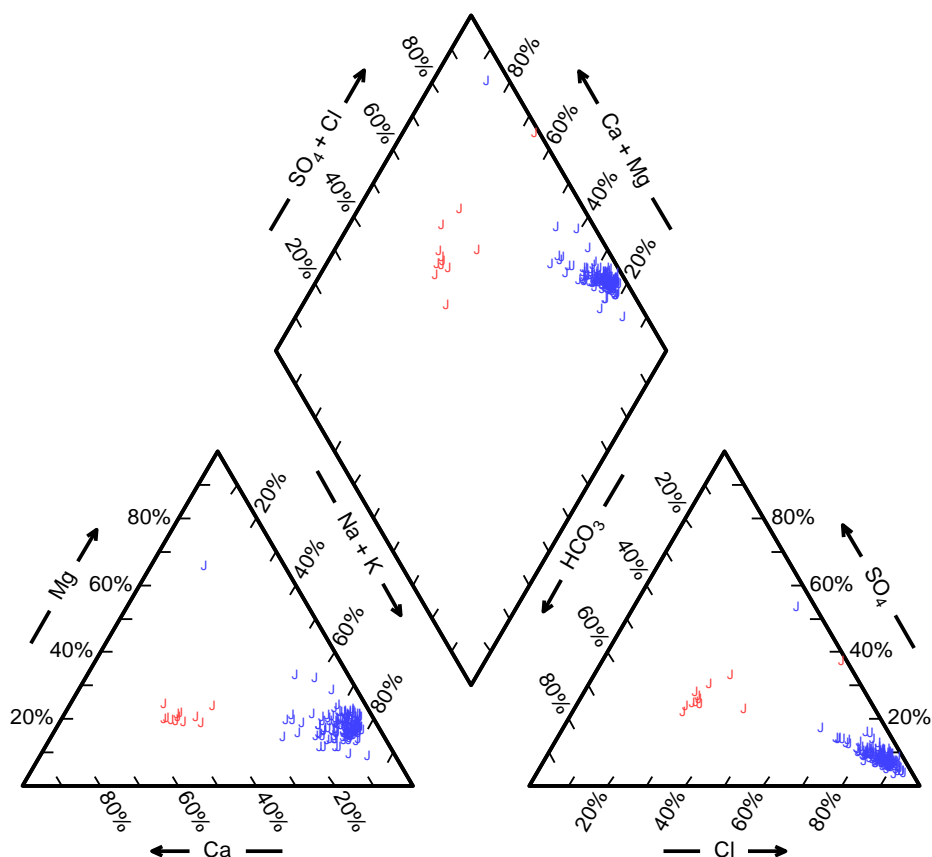


Рис. 2. Формирование химического состава речных вод в бассейне р. Везер в зоне влияния калийного производства до внедрения природоохранных мероприятий (1979 г.) по данным [10] в виде Piperdiagram, мг-экв/л. Красным цветом выделены природные воды, синим – реки, в которые поступают дренажные воды калийных предприятий

Река Везер по экологическому состоянию классифицируется как «чрезвычайно загрязненная» [11]. В наиболее активный период разработки месторождения (1970 – 1980-е годы) химический состав речных вод в бассейне р. Везер сменился на хлоридно-натриевый (рис. 2), минерализация вод достигала свыше 20 г/л.

Огромное количество накопившихся отходов и сброс дренажных вод в поверхностные водотоки сопровождался постепенным увеличением содержания хлоридов в реках (рис. 3).

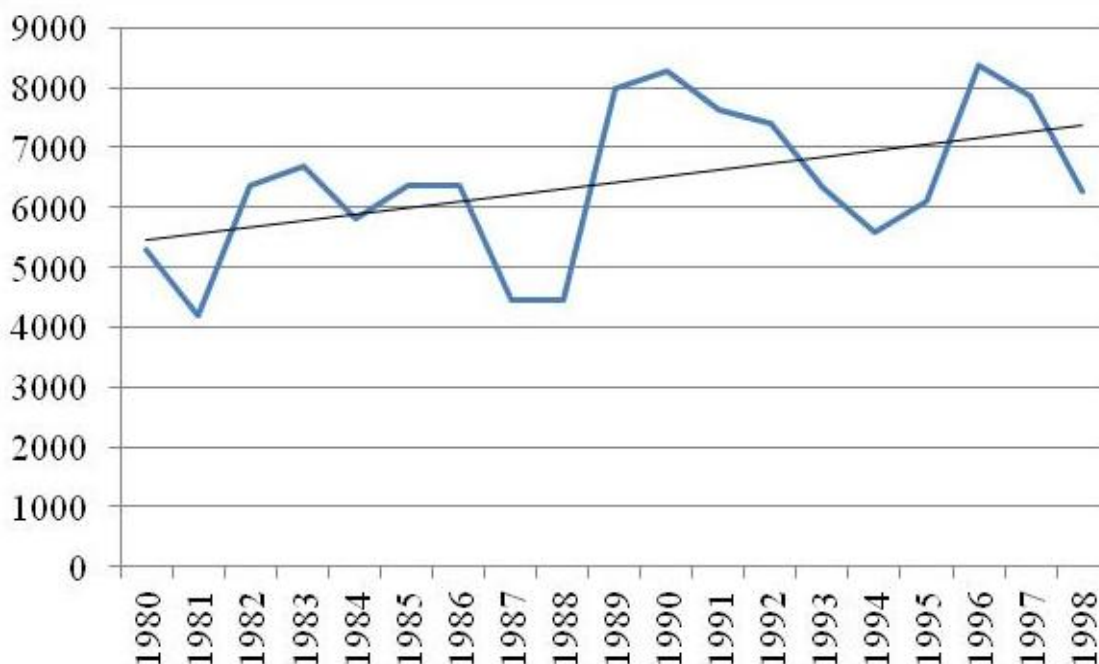


Рис. 3. Содержания хлоридов в р. Везер (замыкающий створ в г. Бремерхафен) в период 1980 – 1998 гг., по данным [11]

Хлоридное загрязнение привело к существенному изменению видового состава гидробионтов. На засоленных участках р. Верра (притоке р. Везер) в видовом составе беспозвоночных доминируют три галофильных вида *Gammarustigrinus*, *Corophiumlacustre*, *Potamopyrgusantipodarum*. Общее количество видов беспозвоночных резко снижается [12, 13]. Несмотря на заметное снижение концентрации солей в водах рек за последние 20 лет исследований улучшения в экологическом статусе реки не наблюдается. Ионный состав загрязненных рек отличен от естественных морских и солоноватых вод. Высокие концентрации калия и магния достигают смертельного уровня для живых организмов аквальных ландшафтов. Например, концентрация калия в речных водах более 80 мг/л оказывает токсический эффект на живые организмы.

Изменение видового состава экосистем наблюдается не только в аквальных сообществах. Вблизи солеотвалов сформировались сообщества астры солончаковой *Astertripolium L.*, которая встречается на морских берегах Северного моря [14]. На протяжении более чем 100-летней истории разработки месторождения астра солончаковая в районах солеотвалов приобрела генетические отличия от морских представителей этого вида.

Процессы выщелачивания солей подземными водами в заброшенных и затопленных шахтах вызывают оседание земной поверхности и формирование провалов. В г. Штасфурт, где первые калийные шахты были открыты в 1852 г., процессы деформации и сдвижения грунтов достигли регионального масштаба [15].

Франция. На северо-востоке Франции, на территории месторождения Эльзаса добыча калийных солей началась в 1910 г. и была прекращена в 2002 г. За период эксплуатации бассейна на семнадцати солеотвалах накоплено свыше 7 млн т NaCl. Фильтрация атмосферных осадков через солеотвалы и шламохранилища привела к формированию насыщенных рассолов, которые загрязняют подземные воды четвертичных отложений. Концентрация хлоридов в подземных водах достигает десятков граммов на литр. Площадь засоленных подземных вод составляет 110 км² [16]. За счет разгрузки подземных вод в верхнем течении р. Рейн, концентрация хлоридов в реке увеличивается с 20 до 40 мг/л. Засоленные воды р. Рейн, в свою очередь, становятся вторичным источником загрязнения подземных вод на прибрежных территориях [17].

Россия является одним из ведущих производителей хлорида калия в мире – на нее приходится 17 млрд. т K₂O в год [3]. Добыча калия ведется на Верхнекамском месторождении калийно-магниевых солей. Промышленное освоение месторождения началось в 30-е годы XX века. За более чем 80-летний период объем накопленных на поверхности отходов составил 270 млн т галитовых отходов и 30 млн м³ глинисто-солевых шламов.

Высокоминерализованные рассолы и грунтовые воды поступают в более глубокие водоносные горизонты или разгружаются в ближайшие дрены, определяя трансформацию химического состава приповерхностной гидросферы на значительной территории [19–21]. В зонах воздействия солеотвалов и шламохранилищ гидрокарбонатно-кальцевая фация природных поверхностных вод сменяется на хлоридно-натриевую (рис. 4). Минерализация вод малых рек 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. Активизация процессов ионного обмена и выщелачивания в горных породах под воздействием засоленных подземных вод приводит к увеличению содержания кальция, магния, сульфатов в подземных и поверхностных водах. Среди микроэлементов наибольшие превышения концентраций над фоновыми в засоленных поверхностных и подземных водах отмечаются для Mn, Pb, Sr, Rb и Co [18].

Существенной трансформации в зонах воздействия калийных производств подвергаются также аквальные биотопы. 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 водоёмов Европейской части России.

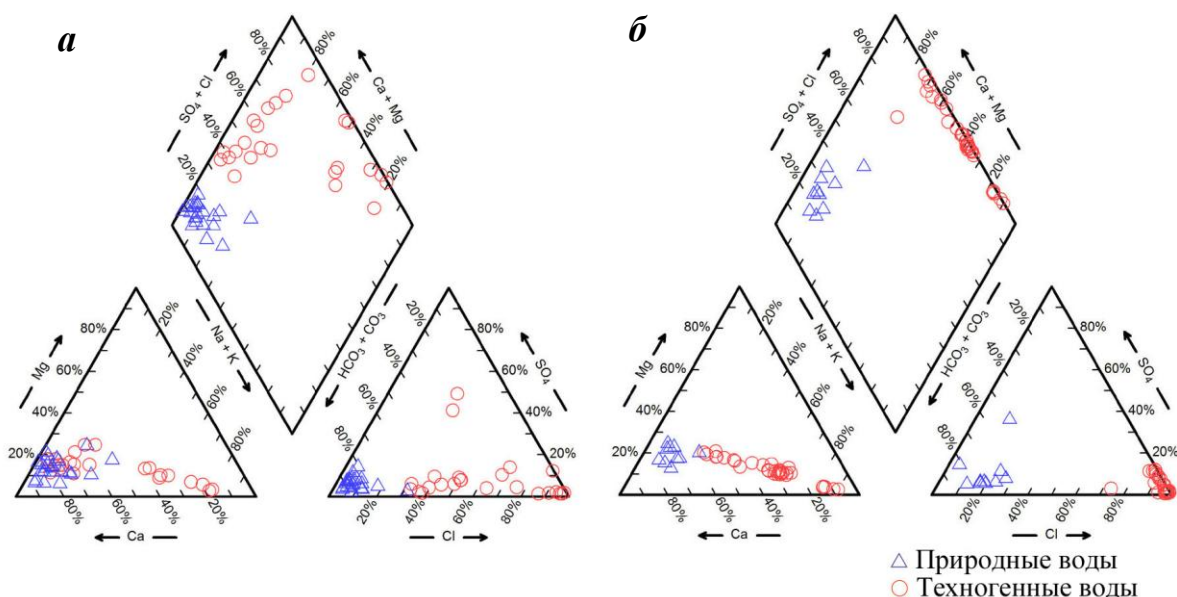


Рис. 4. Химический состав подземных (а) и поверхностных (б) вод различной степени загрязнения в зонах влияния разработки Верхнекамских месторождений калийных солей в виде Piperdiagram, мг-экв/л

На некоторых участках доминируют коловратки *Brachionusplicatilis* (Muller) [22], обитающие в основном в соленых озерах и составляющие более 99 % общей биомассы и 97 % общей численности сообщества. Копеподы в засоленных водах были представлены рачками *Diacyclopsbisetosus* (Rehberg) [22]. Рачки обеспечивают 48 % общей биомассы и 16 % общей численности сообщества.

Распространение в окружающей среде загрязняющих веществ с воздушными и водными миграционными потоками сопровождается засолением почвенного покрова. Поступления загрязняющих веществ в атмосферу от обогатительных фабрик и с продуктами дефляции солеотвалов формируют локальные площадные техногенные педогеохимические аномалии. Суммарное содержание токсичных солей в них достигает 0,1 % [18].

Более интенсивное и значительное по площади почвенное засоление наблюдается в местах близкого залегания высокоминерализованных подземных вод в долинах рек [18]. Содержание токсичных солей в почве составляет 1,5 %, что соответствует «очень сильной» степени засоления. Содержание хлоридов в водной вытяжке почв увеличивается по сравнению с фоновыми почвами в 400 раз, натрия – в 200 раз, калия – в 7 раз.

Усиливают эффект воздействия подземных вод на долинные ландшафты и процессы заболачивания. Причинами техногенного заболачивания могут быть оседание земной поверхности в результате подработки подземного пространства или поднятие уровня подземных вод в результате строительства объектов хвостового хозяйства.

Засоление почв сопровождается гибелью типичных таежных видов растений и появлением солеустойчивых ассоциаций. Растительность представлена, в основном, луговыми сообществами с антропогенными видами. При наличии площадной разгрузки подземных вод или заболачивании проективное покрытие резко снижается до 20-30 %, а в некоторых случаях до полного исчезновения растительного покрова. На этих участках формируются специфические сульфидные солончаковые ландшафты.

Процессы галогенеза являются определяющими в формировании бактериальных сообществ ризосферы растений, произрастающих в зоне влияния отходов калийной промышленности [23]. На техногенно засоленных почвах преобладают галофильные бактерии семейства *Halomonadaceae* и галотолерантные бактерии классов *Actinobacteria* и *Bacilli*.

Добыча калийных солей на Верхнекамском месторождении сопровождается проседанием земной поверхности и образованием провалов, в том числе глубиной свыше 100 м. Эти провалы являются следствием техногенных аварий, приведших к затоплению рудников БКПРУ-1 и БКПРУ-3. Отметим также, что в 2014 г. наблюдался аварийный приток подземных вод в рудник СКРУ-2. Инцидент произошел в том же месте, где в 1995 году было техногенное землетрясение, в результате которого на земной поверхности образовался провал. Все эти явления привели к деформациям и разрушениям промышленных объектов, административных и жилых зданий, транспортных коммуникаций и других объектов.

Выводы. Как и во многих других видах горнодобывающей промышленности, при добыче и обогащении калийных руд геоэкологические проблемы связаны с горной деятельностью и загрязнением окружающей среды отходами производства.

Рассеивание загрязняющих веществ в окружающей среде происходит с воздушными и водными миграционными потоками, а их интенсивность зависит от природно-климатических условий. Для большинства калийных месторождений основная техногенная нагрузка связана с контролируемым (Германия) или стихийным (Франция, Беларусь, Россия) поступлением высокоминерализованных хлоридно-натриевых дренажных вод от солеотвалов и шламохранилищ в поверхностные и подземные воды.

Специфика загрязнения определяется высокой растворимостью руды и вмещающих пород, содержанием элементов примесей в водорастворимой форме и глинистых частицах. Приоритетными загрязняющими веществами калийного производства являются хлориды калия и натрия. При взаимодействии горных пород и засоленных подземных вод отмечается увеличение содержания кальция, магния, сульфатов, а также Mn, Pb, Sr, Rb и Co. Особенности миграции и аккумуляции микроэлементов в почвах, поверхностных и подземных водах в зонах воздействия калийных предприятий требуют дополнительного изучения.

Кроме изменения в химическом составе поверхностных и подземных вод, наблюдается интенсивное засоление почв в зонах воздействия солевых валов и в долинных ландшафтах засоленных рек, что вызывает трансформацию видового состава растительности и микробиологических сообществ в наземных и аквальных биотопах. Замена зональных видов происходит за счет преобладания солеустойчивых и появления галофильных видов.

Разработка подземного пространства и процессы выщелачивания солей подземными водами в заброшенных и затопленных шахтах повсеместно вызывают проседание земной поверхности и формирование провалов. В условиях засоления подземных вод на таких территориях происходит образование соленых болот.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (задание 5.6881.2017/8.9).

Список литературы

1. Magen H., Imas P. Future Potash and fertilizer consumption to sustain agricultural production: possible trends and characteristics // Proceedings of The 11-th Dahlia Greidinger International Symposium (4-7 March, 2013). Advanced methods for investigating nutrient dynamics in soil and ecosystems. Haifa, Israel, 2013. P. 6–19.
2. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации за 2012 год». МПР РФ. [Электронный ресурс]. [URL:http://www.mnr.gov.ru](http://www.mnr.gov.ru) (дата обращения: 28.03.2018).
3. Валяшко М.Г. Геохимические закономерности формирования месторождений калийных солей. М.: Изд-во. МГУ, 1962. 402 с.
4. Кудряшов А.И. Верхнекамское месторождение солей. Пермь: ГИ УрО РАН, 2001. 429 с.
5. Бачурин Б.А., Бабошко А.Ю. Эколого-геохимическая характеристика отходов калийного производства // Горный журнал. 2008. № 10. С. 88–91.
6. Карст и пещеры Пермской области / К.А.Горбунова, В.Н. Андрейчук, В.П. Костарев, Н.Г. Максимович. Пермь: Изд-во ПГУ, 1992. 200 с.
7. Деградация природной среды в зоне влияния калийных производств / В.С. Хомич и [др.] // Природная среда Беларуси / под ред. В.Ф. Логинова. Минск: НООО «БИП-С», 2002. С. 332–347.
8. Высоцкий Э.А., Гарецкий Р.Г., Кислик В.З. Калиеносные бассейны мира. Минск: Наука и техника, 1988. 387 с.
9. Ерёмин Н.И. Неметаллические полезные ископаемые. М.: Изд-во. МГУ, 2004. 464 с.

10. Die Flussgebietsgemeinschaft Weser [Электронный ресурс]. Rivers of the Central European Highlands and Plains / M. Pusch [и др.] // Rivers of Europe. 2009. P. 525 – 576.
11. Arle J., Wagner F. Effect of anthropogenic salinisation on the ecological status of macroinvertebrate assemblages in the Werra River (Thuringia, Germany) // Hydrobiologia. 2013. V. 701. P.129 – 148.
12. Szöcs E., Coring E., Bäche J., Schäfer R.B. Effects of anthropogenic salinization on biological traits and community composition of stream macroinvertebrates // Science of the total environment. 2014. V 468 – 469. P. 943 – 949.
13. Brock J., Aboling S., Stelzer R., Esch E., Papenbrock J. Genetic variation among different populations of *Aster trolipium* grown on naturally and Anthropogenic salt-contaminated habitats: implications for conservation strategies // J. Plant Res. 2007.V. 120. P.9 – 112.
14. Luo J., Diersch H.-J., Monnonkhoff L. 3D modeling of salingroundwater flow and transport in a flooded salt mine in Stassfurt, Germany // Mine water Environ. 2012. V. 31. P. 104 – 111
16. Giovanetti R. A long term plan for the processing of the waste piles in French potash mines // Mine Planning and Equipment Selection. 1998. P. 673 – 676.
15. Baure M., Eichinger L., Elsass P., Kloppmann W., Wirsing G. Isotopic and hydrochemical studies of groundwater flow and salinity in the Southern Rhine Graden // Int J Earth Sci. 2005. V. 94 P. 565 – 579.
16. Хайрулина Е.А. Формирование экологической обстановки при разработке месторождения калийных солей // Проблемы региональной экологии. 2015. №4. С. 140 – 145.
17. Бельтюков Г.В. Основные источники загрязнения подземных и поверхностных вод на территории Верхнекамского месторождения калийных солей // Вестник Пермского университета. 1996. Вып. 4. «Экология». С. 128 – 140.
18. Юй Лю, Лехов А.В. Моделирование изменения фильтрационных параметров загипсованных пород при фильтрации рассолов // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2012. № 6. С. 551 – 559.
19. Лепихин А.П., Мирошниченко С.А. Техногенное воздействие Соликамско-березниковскогопромузла на поверхностные водные объекты // Горный журнал. 2008. № 10. С. 92 – 96.
20. Хайрулина Е.А., Бакланов М.А. Экологический мониторинг в районах складирования отходов с высоким содержанием водорастворимых солей // Сергеевские чтения. Обращение с отходами: задачи геоэкологии и инженерной геологии. Вып. 20: материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (22 марта 2018 г.). Москва: РУДН, 2018. С. 429 – 434.

21. Разнообразие бактерий, выделенных из района разработок месторождения калийных солей Верхнекамья / О.В.Ястребова, Л.Н. Ананьина, Е.С. Пастухова, Е.Г. Плотникова // Вестник Пермского университета. Сер. «Биология», 2009. Вып. 10 (36). С. 124 – 129.

22. Лискова М.Ю. Негативное воздействие, оказываемое на окружающую среду предприятиями по добыче и обогащению калийно-магниевых солей // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2017. Т. 16. № 1. С. 82 – 88.

Хайрулина Елена Александровна, канд. географ. наук, вед. науч. сотр., khayrulina@psu.ru, Россия, Пермь, Естественнонаучный институт Пермского государственного национального исследовательского университета,

Хомич Валерий Степанович, д-р географ. наук, доц., зам. директора по научной работе, valery_khomich@mail.ru, Беларусь, Минск, Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси,

Лискова Мария Юрьевна, канд. техн. наук, доц. mary.18.02@mail.ru, Россия, Пермь, Пермский национальный исследовательский политехнический университет

ENVIRONMENTALISSUESOF POTASHDEPOSITDEVELOPMENT

E.A.Khayrulina, V.S. Khomich, M.Iu. Liskova

Based on the own research results in the impact zones of the Verkhnekamskoye (Russia) and Starobinskoye (Belarus) potash deposits and analysis of other results on the territory of potash deposits in Germany and France, the environmental effect of potash production was presented. It is shown that, despite the differences in the composition of the extracted rocks and the technologies used for their processing, potash production in all countries caused the accumulation of large amounts of wastes on the surface of the earth with high contents of water-soluble salts and impurities, and are followed by soil salinization, surface and groundwater pollution, and surface subsidence.

Keywords: potash deposit, development, wastes, soils, surface water and groundwater, salinization, pollutions, subsidence.

Khayrulina Elena Aleksandrovna, Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher, khayrulina@psu.ru, Russia, Perm, Natural-Science Institute of Perm State National Research University,

Khomich Valery Stepanovich, Doctor of Geographical Sciences, Deputy Director, valery_khomich@mail.ru, Belarus, Minsk, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus,

Liskova Maria Yurevna, PhD. tehn. sciences, assoc., mary.18.02@mail.ru, Russia, Perm, Perm National Research Polytechnic University

Reference

1. Magen H., Imas P. Future Potash and fertilizer consumption to sustain agricultural production: possible trends and characteristics // Proceedings of The 11-th Dahlia Greidinger International Symposium (4-7 March, 2013). Advanced methods for investigating nutrient dynamics in soil and ecosystems. Haifa, Israel, 2013. P. 6–19.
2. Gosudarstvennyj doklad «O sostoyanii i ispol'zovanii mine-ral'no-syr'evykh resursov Rossijskoj Federacii za 2012 god». MPR RF. [Elektronnyj resurs]. URL:[http://www.mnr.gov.ru\(data obrashcheniya: 28.03.2018\)](http://www.mnr.gov.ru(data obrashcheniya: 28.03.2018)).
3. Valyashko M.G. Geohimicheskie zakonomernosti formirovaniya mestorozhdenij kalijnyh solej. Izd. Mosk. un-ta, 1962. 402 s.
4. Kudryashov A.I. Verhnekamskoe mestorozhdenie solej. Perm': GI UrO RAN, 2001. 429 s.
5. Bachurin B.A., Baboshko A.YU. Ehkologo-geohimicheskaya harakteristika othodov kalijnogo proizvodstva // Gornyj zhurnal, 2008. № 10. S. 88–91.
6. Karst i peshchery Permskoj oblasti / K.A.Gorbunova, V.N. Andrejchuk, V.P. Kostarev, N.G.Maksimovich// Perm': Izd-vo PGU, 1992. 200 s.
7. Degradaciya prirodnoj sredy v zone vliyaniya kalijnyh proizvodstv / V.S. Homich i [dr.] // Prirodnaya sreda Belarusi / pod red. V.F. Loginova. Minsk: NOOO «BIP-S», 2002. S. 332–347.
8. Vysockij E.H.A., Gareckij R.G., Kislik V.Z. Kalienosnye bas-sejny mira. Minsk: Nauka i tekhnika, 1988. 387 s.
9. Eryomin N.I. Nemetallicheskie poleznye iskopaemye. M: Izd. MGU, 2004. 464 s.
10. Die Flussgebietsgemeinschaft Weser.[Elektronnyj resurs]. URL:
11. Rivers of the Central European Highlands and Plains / M. Pusch [i dr.] // Rivers of Europe. ed. Klement Tockner; Urs Uehlinger; Christopher T. Robinson. Academic Press, 2009. P. 525–576.
12. Arle J., Wagner F. Effect of anthropogenic salinisation on the ecological status of macroinvertebrate assemblages in the Werra River (Thuringia, Germany) // Hydrobiologia, 2013. V. 701. P.129–148.
13. Szöcs E., Coring E., Bäche J., Schäfer R.B. Effects of anthropogenic salinization on biological traits and community composition of stream macroinvertebrates // Science of the total environment, 2014. V 468–469. P. 943–949.
14. Brock J., Aboling S., Stelzer R., Esch E., Papenbrock J. Genetic variation among different populations of *Aster trolipium* grown on naturally and Anthropogenic salt-contaminated habitats: implications for conservation strategies // J. Plant Res, 2007.V. 120. P.9–112.
15. Luo J., Diersch H.-J., Monnonkhoff L. 3D modeling of salingroundwater flow and transport in a flooded salt mine in Stassfurt, Germany // Mine water Environ, 2012. V. 31. P. 104–111
16. Giovanetti R. A long term plan for the processing of the waste piles in French potash mines // Mine Planning and Equipment Selection, 1998. Raj K. Singhal (ed). P. 673–676.
16. Baure M., Eichinger L., Elsass P., Kloppmann W., Wirsing G. Isotopic and hydrochemical studies of groundwater flow and salinity in the South-ern Rhine Graden // Int J Earth Sci, 2005. V. 94 P. 565–579.
17. Hajrulina E.A. Formirovanie ehkologicheskoy obstanovki pri razrabotke mestorozhdeniya kalijnyh solej // Problemy regional'noj ehkologii, 2015. №4.S. 140-145.

18. Bel'tyukov G.V. Osnovnye istochniki zagryazneniya podzemnyh i poverhnostnyh vod na territorii Verhnekamskogo mestorozhdeniya kalijnyh solej // Vestnik Permskogo universiteta, 1996. Vyp. 4. «EHkologiya». С. 128-140.

19. YUj Lyu, Lekhov A.V. Modelirovanie izmeneniya fil'tracionnyh parametrov zagipsovannyh porod pri fil'tracii rassolov // Geoehkologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya, 2012. № 6. S. 551 – 559.

20. Lepihin A.P., Miroshnichenko S.A. Tekhnogennoe vozdejstvie Solikamsko-bereznikovskogopromuzla na poverhnostnye vodnye ob"ekty // Gornyj zhurnal, 2008. № 10. S. 92 – 96.

21. Hajrulina E.A., Baklanov M.A. EHkologicheskij monitoring v rajonah skladirovaniya othodov s vysokim sodержaniem vodorastvorimyh solej // Sergeevskie chteniya. Obrashchenie s othodami: zadachi geoehkologii i inzhenernoj geologii. Vyp. 20. Materialy godichnoj sessii Nauchnogo soveta RAN po problemam geoehkologii, inzhenernoj geologii i gidrogeologii (22 marta 2018 g.). Moskva: RUDN, 2018. S. 429-434.

22. Raznoobrazie bakterij, vydelennyh iz rajona razrabotok mestorozhdeniya kalijnyh solej Verhnekam'ya / O.V.YAstrebova , L.N. Anan'ina , E.S. Pastuhova , E.G. Plotnikova // Vestnik Permskogo universiteta. Ser. Biologiya, 2009. Vyp. 10 (36). S. 124-129.

23. Liskova M.YU. Negativnoe vozdejstvie, okazyvaemoe na okruzhayushchuyu sredu predpriyatiyami po dobyche i obogashcheniyu kalijno-magnievyh solej // Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo, 2017. T. 16. № 1. S. 82-88.