

УДК 622.363.2:504

Статья / Article

© ПНИПУ / PNRPU, 2017

НЕГАТИВНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ, ОКАЗЫВАЕМОЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРЕДПРИЯТИЯМИ ПО ДОБЫЧЕ И ОБОГАЩЕНИЮ КАЛИЙНО-МАГНИЕВЫХ СОЛЕЙ

М.Ю. Лискова

Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, Россия, г. Пермь, Комсомольский пр., 29)

NEGATIVE IMPACT ON THE ENVIRONMENT CAUSED BY COMPANIES THAT MINE AND PROCESS POTASSIUM AND MAGNESIUM SALTS

M.Yu. Liskova

Perm National Research Polytechnic University (29 Komsomolskii av., Perm, 614990, Russian Federation)

Получена / Received: 11.08.2016. Принята / Accepted: 12.02.2017. Опубликовано / Published: 31.03.2017

Ключевые слова:

рудник, геоэкология, солеотвалы, шламохранилища, отвалы пустых пород, твердые бытовые отходы, горная промышленность, шламы, галитовые отходы, складирование, горные породы, рекультивация, вскрышные породы, вмещающие породы, нормы.

Key words:

pit, geoecology, salt piles, sludge storages, spoil heaps, solid wastes, mining industry, sludge, halite wastes, storage, rocks, reclamation, overburden rocks, enclosing rocks, standards.

В настоящее время весьма интенсивно развивается горная промышленность, в частности калийная отрасль: доразведываются и прирезаются резервные участки, разведываются и осваиваются новые месторождения, разрабатываются новые лицензионные участки калийно-магниевого залежей. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых приводит к значительным нарушениям земной поверхности. Воздействие калийной промышленности на окружающую среду разнообразно и охватывает многие природные компоненты. В случае затопления шахт катастрофические последствия, сопровождающиеся просадками и провалами, охватывают значительную территорию. Основной спецификой калийного производства является накопление значительного количества отходов в шламохранилищах и солеотвалах с рассолоборниками. Стоки и фильтрация из солеотвалов и шламохранилищ являются основными источниками загрязнения окружающей среды.

Добыча и переработка руды на калийных предприятиях связана с образованием большого количества пород-отходов. Миллионы тонн жидких и твердых отходов складированы на дневной поверхности в солеотвалы и рассолошламохранилища, что негативно влияет на окружающую среду.

Однако негативных последствий размещения солеотвалов можно избежать или минимизировать их. В настоящее время существует целый ряд разработок, направленных на совершенствование методов подземного складирования отходов калийной промышленности, как твердых галитовых, так и жидких глинисто-солевых.

В статье рассмотрен новый вариант размещения отходов калийной промышленности, который в данный момент закладывается в проектную документацию на освоение лицензионного участка Нивенское-1 месторождения калийно-магниевого солей в Калининградской области. В случае положительного заключения государственной экспертизы эта технология будет реализована. Данный подход мог бы быть использован при освоении и других месторождений калийно-магниевого солей (Верхнекамского, Гремячинского и др.).

Today mining is developing very intensively and potash industry in particular. Reserve areas are explored and cut, new fields are explored and developed, new license areas of potassium and magnesium deposits are developed. Underground mining of mineral deposits leads to significant deformation of the earth's surface. The impact of potash industry on the environment is diverse and covers many natural components. In case of mine flooding, catastrophic consequences, accompanied by depressions and sinkholes, cover a considerable area. The main feature of potash production is accumulation of a significant amount of waste in sludge storage and salt piles with brine collectors. Sewage and penetration from salt piles and sludge storage are the main sources of environmental pollution.

Mining and processing of ore at potash enterprises is associated with formation of a large number of waste rocks. Millions of tons of liquid and solid wastes are stored on ground surface in salt piles and brine sludge storages, which negatively affects the environment.

However, negative effects of salt pile placement can be avoided or minimized. Today there are a number of developments aimed to improve methods of underground storage of wastes of potash industry both solid halite and liquid clay-salt.

The paper considers a new version of waste disposal placement of potash industry, which is currently being considered in design documentation for development of licensed area of Nivenskoe-1 field of potassium and magnesium salts in Kaliningrad region. In case of a positive conclusion of state expertise, this technology will be implemented. Such approach could be used in development of other deposits of potassium and magnesium salts (Verkhnekamsk, Gremiachinsk etc.).

Лискова Мария Юрьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности (моб. тел.: +007 922 311 67 64, e-mail: liskova.rpb@gmail.com).

Maria Yu. Liskova (Author ID in Scopus: 55749420800) – PhD in technical sciences, Associate Professor at the Department of Life Safety (mob. tel.: +007 922 311 67 64, e-mail: liskova.rpb@gmail.com).

Введение

В настоящее время весьма интенсивно развивается горная промышленность, в частности калийная отрасль: доразведываются и прирезаются резервные участки, разведываются и осваиваются новые месторождения, разрабатываются новые лицензионные участки калийно-магниевых залежей.

Крупнейшими по величине запасов калийными месторождениями являются Саскачеванский соленосный бассейн (Канада), месторождения калийных солей в Германии, Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей (ВКМКС) (Российская Федерация), Старобинское месторождение калийных солей (Республика Беларусь). Эти страны занимают лидирующие позиции среди экспортеров калийной продукции, значительно опережая другие государства [1]. Калийные рудники также существуют и в других странах, например, в Узбекистане – Дехканабадский завод калийных удобрений. В перспективе наращивание мощностей в области производства калийных удобрений следует рассматривать за счет Гремячинского, Непского и Эльтонского (Российская Федерация), Петриковского (Республика Беларусь), Гарлыкского (Туркменистан) месторождений [1].

Одно из крупных калийных месторождений находится в Пермском крае – Верхнекамское месторождение калийных солей. Согласно [2] на данном месторождении детально разведаны 11 участков. Четыре из них расположены в центральной части месторождения (Соликамский, Ново-Соликамский, Половодовский, Боровский) и семь – в южной (Березниковский, Дурыманский, Балахонцевский, Быгельско-Троицкий, Талицкий, Палашерский, Усть-Яйвинский). Разработка запасов солей Верхнекамского месторождения ведется пятью рудниками: СКРУ-1 (Соликамский и Ново-Соликамский участки), СКРУ-2 (Соликамский и Ново-Соликамский участки), СКРУ-3 (Ново-Соликамский участок), БКПРУ-2 (Дурыманский участок) и БКПРУ-4 (Быгельско-Троицкий участок). Еще на четыре участка выданы лицензии с целью разведки и добычи калийно-магниевых солей: Усть-Яйвинский – ОАО «Уралкалий»; Талицкий – ООО «Верхнекамская калийная компания» («Акрон»), Палашерский с частью Балахонцевского участка – ООО «Усольский калийный комбинат» («Еврохим») и Половодовский – ООО «Камская горная компания» (ОАО «Уралкалий»).

Подземная разработка месторождений полезных ископаемых приводит к значительным нарушениям земной поверхности. Еще в 1978 году В.Н. Мосинец и М.В. Грязнов показали отрицательное влияние горнодобывающих предприятий на многие компоненты геологической среды. Изменение земной коры происходит как в процессе добычи полезного ископаемого, так и в результате процессов-следствий [3]. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых сопряжена с образованием на земной поверхности трещин, провалов и прогибов, заболачиванием местности, созданием отвалов пустых пород [1].

Воздействие калийной промышленности на окружающую среду

Воздействие калийной промышленности на окружающую среду разнообразно и охватывает многие природные компоненты [4, 5]. В случае затопления шахт катастрофические последствия, сопровождающиеся просадками и провалами, охватывают значительную территорию [6]. Основной спецификой калийного производства является накопление значительного количества отходов в шламохранилищах и солеотвалах с рассолосборниками. Отходы представлены легкорастворимыми компонентами (хлоридами калия, натрия и магния) и содержат большое количество микроэлементов (стронций, марганец, никель, кобальт, хром, цинк и др.), а также реагентов, используемых для обогащения полезных ископаемых.

В настоящее время на территории ВКМКС накоплено более 270 млн т галитовых отходов (рисунок) и более 30 млн м³ глинисто-солевых шламов [7].



Рис. Солеотвал на территории Верхнекамского месторождения калийных солей

Стоки и фильтрация из солеотвалов и шламохранилищ являются основными источниками загрязнения окружающей среды.

Добыча и переработка руды на калийных предприятиях связана с образованием значи-

тельного количества пород-отходов. Например, на Верхнекамском месторождении калийных солей на каждую тонну хлористого калия, получаемого в процессе переработки сильвинитовой и карналлитовой руды, образуется 0,1–0,5 т глинисто-солевых шламов и 3,5–4,5 т (в зависимости от степени извлечения) твердых галитовых отходов (солеотходов). Образующиеся ежегодно на калийных предприятиях миллионы тонн жидких и твердых отходов складываются на дневной поверхности в солеотвалы и рассолошламохранилища соответственно [8].

Размещение солеотвалов и шламохранилищ на поверхности оказывает негативное влияние на окружающую среду:

1. Необходимы значительные земельные ресурсы – суммарные площади солеотвалов и шламохранилищ составляют более 1000 га, а с учетом перспективного развития калийного производства могут достигнуть 2–3 тыс. га [9].

2. Объекты отвально-шламового хозяйства являются постоянным источником загрязнения гидросферы – открытый сброс промстоков в поверхностную гидросеть и фильтрация рассолов в грунтовые воды привели к формированию обширных ореолов засоления гидросферы, создающих угрозу источникам хозяйственно-бытового водоснабжения. Согласно данным [9] объекты отвально-шламового хозяйства БКРУ-3 являются источниками загрязнения рек Волим и Ленва. В северном направлении от шламонакопителя сформировался ореол засоления подземных вод шириной до 2,5 км. Промплощадка и солеотвал БКРУ-4 формируют ореол засоления протяженностью около 1 км и шириной до 1,5 км, вытянутый в направлении реки Быгель, в которой также наблюдается постоянное сверхнормативное содержание хлоридов (0,2–2,0 г/л).

3. Со временем около накопителей отходов калийного производства формируются ореолы засоления почв, подземных и поверхностных вод. Их размеры и форма во многом определяются скоростью и направлением поверхностного и подземного стоков [10–12].

Широкое распространение среди населения мнения о неизбежности таких последствий производственной деятельности предприятий по добыче и обогащению калийных руд вызывает серьезную озабоченность общественности, особенно на территориях, где раньше не производилось освоение новых калийно-магниевого месторождений. Например,

появление поверхностных отвалов пустых пород и отходов обогащения при освоении Нивенского месторождения и обеспокоенность местного населения этим привело к публикации статьи на сайте [13] под названием «В наш дом стучится большая опасность!». Вот небольшая цитата из статьи: «Всего в 6 километрах от Калининграда, в поселке Нивенское, начаты подготовительные работы по освоению месторождения калийных солей. Сотни тысяч тонн химических отходов, получаемых при добыче и переработке, грозят возможной экологической катастрофой нашей области» [13].

Тем не менее негативных последствий вполне можно избежать или минимизировать их количество и целый ряд разработок направлен на совершенствование методов подземного складирования отходов калийной промышленности, как твердых галитовых, так и жидких глинисто-солевых [14, 15], а также токсичных отходов других производств [16].

Способы складирования отходов калийной промышленности

Ведутся работы по совершенствованию способов отвалообразования отходов калийного производства [17–20], сокращению площадей, занимаемых хранилищами отходов, одновременному складированию жидких и твердых отходов на одной площадке [21–23]. НИИ ОАО «Белгорхимпром» (г. Минск, Беларусь) установлена также возможность использования отработанных шламохранилищ в качестве основания расширяемых солеотвалов, что позволяет значительно сократить площади, занимаемые отходами калийного производства, и снизить затраты на создание противотрафиционного экрана в их основании. Специалистами разработана также технология совместного складирования галитовых и шламовых отходов, позволяющая исключать строительство шламохранилищ и сокращать площади сельхозугодий, отводимые под хвостовое хозяйство. При совместном складировании отходов содержание глинистых шламов до 25 % не вызывает существенного изменения показателей общей прочности смеси, а по сравнению со свежими чистыми галитами даже несколько ее повышает.

Разработана технология регенерации отработанных шламохранилищ, которая дает возможность неоднократно использовать построенные емкости для складирования шламовых отходов.

Наиболее предпочтительным, с точки зрения использования шламовых отходов как источника полезного продукта КСІ и микроэлементов является производство новых форм удобрений и мелиорантов, которые прошли успешные испытания в сельском хозяйстве.

Внедрение новых технологических схем складирования отходов на РУП ПО «Беларуськалий», разработанных НИИ ОАО «Белгорхимпром», и использование отходов калийного производства в народном хозяйстве позволяют на 30–40 % сократить изъятие плодородных земель под складирование отходов калийного производства, почти в два раза уменьшить объем образования избыточных рассолов в районе размещения отходов обогащения калийных руд, тем самым существенно снизить экологический риск в Солигорском горно-промышленном районе [24].

При проектировании предприятий по добыче и обогащению калийных руд, кроме учета перечисленных научно-исследовательских разработок, возможна разработка технических решений, позволяющих практически полностью утилизировать вскрышные и вмещающие породы при проходке стволов. Возможно размещение пустых (вскрышных и вмещающих, в том числе засоленных) пород в отработанных карьерах общераспространенных полезных ископаемых строительных материалов, торфяных разработках и полигонах твердых бытовых отходов (ТБО) с целью восстановления хозяйственной ценности нарушенных земель (рекультивации) или создания таких земель за счет ландшафтных преобразований рельефа местности.

В настоящее время очень часто карьеры по добыче строительных материалов располагаются в городской черте, на окраинах поселков, что серьезным образом сказывается на их экологии. Много мелких карьеров (несколько сотен) находится в сельской местности. Практически каждое крупное сельское предприятие имеет свой карьер площадью 1–10 га, где добываются щебень, песок, глина, известняк для местных нужд.

На территории России находится большое количество торфяных месторождений и большое количество полигонов, которые являются переполненными или срок эксплуатации которых истек. Данные территории оказывают негативное воздействие на компоненты окружающей среды, поэтому необходимы их обезвреживание и возврат в нормативное состояние. Также сейчас при

рекультивации как полигонов ТБО, так и карьеров изымается большое количество природного грунта для изготовления рекультивационных смесей.

С целью оценки возможности использования вскрышных и вмещающих пород при рекультивации отработанных карьеров путем засыпки и планировки горных выработок вплоть до восстановления ландшафта в целом необходимо исследовать пригодность образцов вскрышных и вмещающих пород, извлеченных, например, при проходке стволов. Данные исследования проводят специализированные организации, например, в аналитико-технологическом сертификационном испытательном Центре (АТСИЦ) ФГУП «ЦНИИгеолнеруд» и ИЛ «МинАналит», которые являются базовыми лабораторными центрами «Роснедра» и имеют все необходимые аттестаты, свидетельства и лицензии, подтверждающие их техническую компетентность.

В частности, такие исследования провели по керну контрольно-стволовой скважины клетового ствола Нивенского рудника в Калининградской области. На основании исследований было сделано заключение, что в соответствии с требованиями ГОСТ 17.5.1.03-86 «Охрана природы. Земли. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель» по содержанию токсичных солей практически все исследуемые образцы горных пород относятся к пригодным и малопригодным вскрышным и вмещающим породам для биологической рекультивации земель и не содержат токсичные соединения в концентрациях, опасных для жизни человека и окружающей среды. Значения удельной активности природных радионуклидов для всех исследуемых образцов горных пород не превышают регламентируемые «Нормами радиационной безопасности» (НРБ-99/2009) и СанПиН 2.6.1.2523-09 параметры для минерального сырья. Кроме того, малопригодные для биологической рекультивации породы, содержащие легкорастворимые соли, гипс, карбонаты, могут быть также использованы для биологической рекультивации после улучшения химических свойств пород или специальных агротехнических мероприятий, в том числе для разубоживания или перемешивания с вскрышными породами средней и верхней части разреза структурной (контрольно-стволовой) скважины.

Отдельно следует отметить некоторые положения и требования нормативных актов Российской Федерации, в том числе:

1) в соответствии с «Федеральным классификационным каталогом отходов» (ФККО-2014) грунтам, вскрышным и вмещающим породам присвоены следующие коды и наименование (в редакции приказа Росприроднадзора от 28.04.2015 № 360):

– 8 11 100 01 49 5. Грунт, образовавшийся при проведении землеройных работ, не загрязненный опасными веществами.

– 2 92 100 01 20 5. Вскрышная пустая порода при проходке стволов шахт добычи калийных солей.

– 2 92 100 02 20 5. Вскрышная засоленная порода при проходке стволов шахт добычи калийных солей, где последняя цифра (5) – V класс опасности для окружающей природной среды – практически неопасные.

2) в соответствии со ст. 18 федерального закона от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» в лимиты на размещение отходов не включаются вскрышные и вмещающие горные породы, используемые при ликвидации горных выработок в соответствии с проектом их ликвидации;

3) в соответствии с СанПиН 2.1.7.1322-03 «Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления» (утв. главным государственным санитарным врачом РФ 30 апреля 2003 г.) без ограничения в количестве на полигоны ТБО принимаются и используются в качестве изолирующего промежуточного слоя промышленные отходы IV класса опасности, имеющие однородную структуру с размером фракций менее 250 мм при условии сохранения в фильтрате уровня биохимического потребления кислорода (БПК₂₀) на уровне 100–500 мг/л, химического потребления кислорода – не более 300 мг/л. Промышленные отходы, допускаемые для совместного складирования с ТБО, должны отвечать следующим технологическим требованиям: не быть взрывоопасными, самовозгораемыми и с влажностью не более 85 %.

Таким образом, комплексный подход к решению геоэкологических задач при освоении как действующих, так и новых месторождений, нормативная база Российской Федерации и соответствующие инициативы недропользователя позволяют использовать вскрышные и вмещающие породы от проходки стволов

в комплексе работ по восстановлению нарушенных хозяйственной деятельностью земель в районах открытых горных разработок общераспространенных строительных материалов, либо на полигонах ТБО, либо в процессе ландшафтных преобразований территорий.

Конкретным примером комплексного подхода к освоению лицензионного участка Нивенский-1 месторождения калийно-магниевых солей в Калининградской области является полное исключение образования отвалов вскрышных и вмещающих пород при проходке и строительстве стволов, в перспективе от проходки горно-капитальных выработок, что реализуется посредством размещения или утилизации указанных пород:

1) в основании площадок строительства собственных вспомогательных объектов, а именно в котлованах, образованных вследствие удаления с площадки их строительства озерно-болотных отложений, представленных торфами и торфованными илами, которые не могут служить основанием зданий и сооружений;

2) на полигонах ТБО Калининградской области;

3) при рекультивации карьеров добычи общераспространенных полезных ископаемых строительных материалов в Калининградской области;

4) в коммунально-хозяйственных целях в виде поставок технической соли.

В дальнейшем глинисто-солевые шламы и галитовые отходы, образующиеся в процессе обогащения и производства минеральных удобрений, полностью направляются в рудник с целью обратной закладки выработанного пространства.

Подобный комплексный подход в поиске решений, снижающих негативное воздействие производственной деятельности горно-обогатительных комбинатов на природные объекты и компоненты окружающей среды, среду обитания, представителей флоры и фауны, а также исключаящих искажение эстетического вида ландшафтов прилегающих территорий, вполне мог бы быть реализован при освоении Гремячинского или Верхнекамского месторождения калийных солей, где, например, только в Пермском крае выделяются 4 торфяно-болотных района: верхнекамский, приуральский горный, среднекамский и южный лесостепной. Торфяным справочником учитываются 874 месторождения, а сводный баланс торфа включает 543 месторождения.

Заключение

Таким образом, проведенный анализ комплекса технических решений в области экологически безопасного освоения месторождений калийных солей (в части обращения с отходами в солеотвалах и шламохранилищах) показывает, что уже существуют целый ряд разработок, направленный на совершенствование методов подземного складирования отходов калийной промышленности, которые позволяют сократить площади, занимаемые хранилищами отходов, а также методы одновременного складирования жидких и твердых отходов

на одной площадке. Однако есть техническое решение, позволяющее практически полностью утилизировать вскрышные и вмещающие породы, которое описано выше. Данное решение уже закладывается в проектную документацию на освоение лицензионного участка Нивенское-1 месторождения калийно-магниевого солей в Калининградской области. В случае положительного заключения государственной экспертизы оно будет реализовано. Данный подход мог бы быть использован при освоении и других месторождений калийно-магниевого солей – Верхнекамского, Гремячинского и др.

Библиографический список

1. Кологривко А.А. Снижение геоэкологических последствий при подземной разработке калийных месторождений // Вестник Полоцкого государственного университета. – 2014. – № 16. – С. 103–110.
2. Соловьев В.А., Секунцов А.И. Разработка калийных месторождений: практикум. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. – 265 с.
3. Горбунов К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области. – Пермь, 1990. – 44 с.
4. Bartl H., Doring G., Hartung K. et al. Kali im Südhars-Unstrut-Revier. – Bochum, 2003. – В. 1, 2. – 2005. В. 3.
5. Liu J., Zhu J.-K. Proline accumulation and salt-stress-induced gene expression in a salt-hypersensitive mutant of *Arabidopsis* // *Plant Physiol.* – 1997. – Vol. 114. – P. 591–596. DOI: 10.1104/pp.114.2.591.
6. Максимович Н.Г., Первова М.С. Влияние переток минерализованных вод Верхнекамского месторождения калийно-магниевого солей на приповерхностную гидросферу [Электронный ресурс] // Инженерные изыскания. – 2012. – № 1. – С. 22–28. URL: <http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/2012/387.pdf>. (дата обращения: 12.07.2016).
7. Бачурин В.А., Бабоско А.Ю. Эколого-геохимическая характеристика отходов калийного производства // Горный журнал. – 2008. – № 10. – С. 88–91.
8. Комаров Ю.А. Обоснование технологии высотного складирования пород-отходов при разработке калийных месторождений: дис. ... канд. техн. наук. – СПб., 2015. – 152 с.
9. Бобоско А.Ю., Бачурин В.А. Экологические проблемы верхнекамского калия [Электронный ресурс] // Горное эко. – URL: <http://ftp.mi-perm.ru/ge4-04/ge4-04-bach.htm> (дата обращения: 01.07.2016).
10. Лапинская В. О. Способы снижения засоления земель в районах разработки калийных месторождений [Электронный ресурс]. – URL: http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/Other/2014/eko/SE_2014/pages/Articles/Lapinskaya.pdf (дата обращения: 01.07.2016).
11. Проблемы освоения крупнейших калийных месторождений мира [Электронный ресурс] / Е.Н. Батурич, Е.А. Меньшикова, С.М. Блинов, Д.Ю. Наумов, П.А. Белкин // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. – URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=7513> (дата обращения: 01.07.2016).
12. The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars / M. Koca, M. Bor, F. Ozdemir, I. Turkan // *Environmental and Experimental Botany.* – 2007. – Vol. 60, iss. 3. – P. 344–351. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2006.12.005
13. Проблема «В наш дом стучится большая опасность!» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.rezonans39.ru/?menu=problem> (дата обращения: 01.07.2016).
14. Способ подготовки камер для подземного складирования солей-шламовых отходов: пат. Рос. Федерация № 2166096 / Нестеров М.П., Борзаковский Б.А. и др.; 27.06.2001.
15. Способ подземного складирования жидких отходов производств: пат. Рос. Федерация № 2128140 / Никофоров В.Н., Кузнецов Ю.С. и др.; 27.03.1999.
16. Способ создания подземных хранилищ токсичных отходов в соленосных породах: пат. Рос. Федерация № 2066770 / Мараков В.Е., Нестеров М.П. и др.; 20.09.1996.
17. Способ отвалообразования отходов обогащения калийных руд на слабом основании: пат. Рос. Федерация № 2204717 / Березин А.Л., Борзаковский Б.А. и др.; 20.05.2003.
18. Способ отвалообразования отходов калийного производства: пат. СССР № 1677319 / Юрченко О.Л., Махлянкин И.Б. и др.; 15.09.1991.
19. Способ ликвидации солеотвалов на калийных рудниках: пат. Рос. Федерация № 2355887 / Крайнев Б.А., Дьяков С.П., Шумахер А.И., Белкин В.В.; 20.05.2009. – Бюл. № 14.
20. Formulation of potassium sulfate, sodium carbonate and sodium bicarbonate from potash brine: pat. WO 01/28925 A1 / Phinney R.; 26.04.2001.
21. Способ размещения отходов обогатительных фабрик калийных комбинатов: пат. Рос. Федерация № 2402682 / Борзаковский Б.А., Гринберг А.Я. и др.; 27.10.2010.
22. Способ размещения солеотвала и шламохранилища на одной площадке: пат. Рос. Федерация № 2316651 / Борзаковский Б.А., Коньшин А.А. и др.; 10.02.2008.
23. Verfahren zur gewinnung von wertstoffen aus kieseritischen kalirohsalzen. Patentschrift DD 283956 A5 / Singewald A., Fricke G., Geisler I.; 31.10.1990.
24. Шишкова И.И. Геоэкологические проблемы освоения Старобинского месторождения калийных солей [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.lib.tpu.ru/bull-text/c/2012/c11/V2/299.pdf> (дата обращения: 01.07.2016).

References

1. Kologrivko A.A. Snizhenie geokologicheskikh posledstviy pri podzemnoi razrabotke kaliinykh mestorozhdenii [Reduction of geocological consequences for underground development of potash deposits]. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2014, no.6, pp.103-110.
2. Solov'ev V.A., Sekuntsov A.I. Razrabotka kaliinykh mestorozhdenii [Development of potash deposits]. Perm', Izdatel'stvo Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta, 2013, 265 p.
3. Gorbunov K.A., Maksimovich N.G., Andreichuk V.N. Tekhnogennoe vozdeistvie na geologicheskuiu sredu Permskoi oblasti [Technogenic impact on the geological environment of Perm region]. Perm', 1990, 44 p.
4. Bartl H., Doring G., Hartung K. et al. Kali im Südhars-Unstrut-Revier. Bochum, 2003, B. 1, 2, 2005. B. 3.
5. Liu J., Zhu J.-K. Proline accumulation and salt-stress-induced gene expression in a salt-hypersensitive mutant of *Arabidopsis*. *Plant Physiol*, 1997, vol.114, pp.591-596. DOI: 10.1104/pp.114.2.591
6. Maksimovich N.G., Pervova M.S. Vliianie peretokov mineralizovannykh vod Verkhnekamskogo mestorozhdeniia kaliino-magnievykh solei na pripoverkhnostnuiu gidrosferu [Influence of flows of mineralized waters of Verkhnekamsk deposit of potassium-magnesium salts on the near-surface hydrosphere]. *Inzhenernye izyskaniia*, 2012, no.1, pp.22-28, available at: URL: <http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/2012/387.pdf> (accessed 12 July 2016).
7. Bachurin V.A., Baboshko A.Iu. Ekologo-geokhimicheskaiia kharakteristika otkhodov kaliinogo proizvodstva [Ecological and geochemical characteristics of wastes of potash production]. *Gornyi zhurnal*, 2008, no.10, pp.88-91.
8. Komarov Iu.A. Obosnovanie tekhnologii vysotnogo skladirovaniia porod-otkhodov pri razrabotke kaliinykh mestorozhdenii [Substantiation of the technology of high-level storage of rocks and wastes in the development of potash deposits]. Ph. D. thesis. Saint Petersburg, 2015, 152 p.
9. Boboshko A.Iu., Bachurin B.A. Ekologicheskie problemy verkhnekamskogo kaliia. *Gornoe ekho*, available at: <http://ftp.mi-perm.ru/ge4-04/ge4-04-bach.htm> (accessed 01 July 2016).
10. Lapinskaia V.O. Sposoby snizheniia zasoleniia zemel' v raionakh razrabotki kaliinykh mestorozhdenii [Methods of reducing the salinization of lands in the areas of development of potash deposits], available at: http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/Other/2014/eko/SE_2014/pages/Articles/Lapinskaya.pdf (accessed 01 July 2016).
11. Baturin E.N., Men'shikova E.A., Blinov S.M., Naumov D.Iu., Belkin P.A. Problemy osvoeniia krupneishikh kaliinykh mestorozhdenii mira [Problems of development of the largest potash deposits of the world]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia*, 2012, no.6, available at: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=7513> (accessed 01 July 2016).
12. Koca M., Bor M., Ozdemir F., Turkan I. The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, 2007, vol.60, iss.3, pp.344-351. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2006.12.005
13. Problema «V nash dom stuchitsia bol'shaia opasnost'!» [The problem "There is a great danger knocking in our door!"], available at: <http://www.rezo-nans39.ru/?menu=problem>. (accessed 01 July 2016).
14. Nesterov M.P., Borzakovskii B.A. et al. Sposob podgotovki kamer dlia podzemnogo skladirovaniia soleshlamovykh otkhodov [Method for preparing chambers for underground storage of salt-scrap waste]. Pat. Rossiiskaia Federatsiia no.2166096, 2001.
15. Nikoforov V.N., Kuznetsov Iu.S. et al. Sposob podzemnogo skladirovaniia zhidkikh otkhodov proizvodstv [The method of underground storage of liquid waste products]. Pat. Rossiiskaia Federatsiia no.2128140, 1999.
16. Marakov V.E., Nesterov M.P. et al. Sposob sozdaniia podzemnykh khranilishch toksichnykh otkhodov v solenosnykh porodakh [Method for the creation of underground storage of toxic waste in saliferous rocks]. Pat. Rossiiskaia Federatsiia no.2066770, 1996.
17. Berezin A.L., Borzakovskii B.A. et al. Sposob otvaloobrazovaniia otkhodov obogashcheniia kaliinykh rud na slaboe osnovanie [The method for depositing wastes of enrichment of potash ores on a weak base]. Pat. Rossiiskaia Federatsiia no.2204717, 2003.
18. Iurchenko O.L., Makhliankin I.B. et al. Sposob otvaloobrazovaniia otkhodov kaliinogo proizvodstva [Method of waste management of potash waste]. Pat. SSSR no.1677319, 1991.
19. Krainev B.A., D'iakov S.P., Shumakher A.I., Belkin V.V. Sposob likvidatsii soleotvalov na kaliinykh rudnikakh [The method of eliminating salt mines in potash mines]. Pat. Rossiiskaia Federatsiia no.2355887, 2009.
20. Phinney R. Formulation of potassium sulfate, sodium carbonate and sodium bicarbonate from potash brine. Patent WO 01/28925 A1, 26.04.2001.
21. Borzakovskii B.A., Grinberg A.Ia. et al. Sposob razmeshcheniia otkhodov obogatitel'nykh fabrik kaliinykh kombinatov [Method of disposal of waste from concentrating plants of potash plants]. Pat. Rossiiskaia Federatsiia no.2402682, 2010.
22. Borzakovskii B.A., Kon'shin A.A. et al. Sposob razmeshcheniia soleotvala i shlamokhranilishcha na odnoi ploshchadke [A method for placing a salt reservoir and a sludge storage facility at one site]. Pat. Rossiiskaia Federatsiia no.2316651, 2008.
23. Singewald A., Fricke G., Geisler I. Verfahren zur gewinnung von wertstoffen aus kieseritischen kalirohsalzen. Patentschrift DD 283956 A5, 31.10.1990.
24. Shishkova I.I. Geokologicheskie problemy osvoeniia Starobinskogo mestorozhdeniia kaliinykh solei [Geoecological problems of development of the Starobinsky deposit of potassium salts], available at: <http://www.lib.tpu.ru/bulltext/c/2012/c11/V2/299.pdf> (accessed 01 July 2016).

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

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. DOI: 10.15593/2224-9923/2017.1.9

Please cite this article in English as:

Liskova M.Yu. Negative impact on the environment caused by companies that mine and process potassium and magnesium salts. *Bulletin of PNRPU. Geology. Oil & Gas Engineering & Mining*, 2017, vol.16, no.1, pp.82–88. DOI: 10.15593/2224-9923/2017.1.9