

УДК 622.363.2:622.271.46

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОВМЕСТНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ТВЕРДЫХ ГАЛИТОВЫХ ОТХОДОВ И ГЛИНИСТО-СОЛЕВЫХ ШЛАМОВ



В. В. КНЯЗЕВ,
инженер I категории,
vadim.vl.knyazev@gmail.com



Ю. А. КОМАРОВ,
ведущий инженер

АО «ВНИИ Галургии», Санкт-Петербург, Россия

Введение

В последнее время в области добычи и переработки калийных руд отмечается усиленное внимание к мероприятиям, направленным на минимизацию воздействия отходов на объекты окружающей среды, охрану природной среды от загрязнения отходами за счет оптимизации их образования и способов размещения.

Вопросы, связанные с разработкой и внедрением новых технологий, позволяющих сократить рост площадей, используемых для размещения отходов, а также уменьшить объемы избыточных щелоков и промышленных стоков, приобретают особую актуальность для калийных предприятий.

Основные направления исследований

Эксплуатация месторождений калийных солей сопровождается отрицательными экологическими последствиями, поскольку на обогатительных фабриках из руды извлекается 25–30 % полезных компонентов, остальная горная масса переходит в отходы. Твердые солевые отходы (в основном хлористый натрий) складывают на специально отведенных и оборудованных территориях, так называемых солеотвалах, а твердые тонкодисперсные отходы производства — глинисто-солевые шламы — в виде суспензии насосами транспортируют на складирование в шламохранилища, сооружаемые в грунте. Кроме того, отходы размещают в выработанном пространстве рудников; осуществляют сброс избыточных рассолов в глубокие изолированные горизонты; транспортируют отходы в открытые морские пространства [1, 2].

Основными странами, владеющими запасами калийных солей, являются Россия, Канада, Беларусь, Германия. В свою очередь, значительными ресурсами калийсодержащего сырья располагает и ряд других стран.

Статья посвящена вопросам отвалообразования при разработке калийных рудников. Изложены общие сведения по объектам отвального хозяйства калийных предприятий. Приведен химический и гранулометрический состав образующихся отходов. Рассмотрены виды технических сооружений, возводимых при ведении отвальных работ на калийных месторождениях. Представлены примеры применяемого технологического оборудования. Рассмотрены в сравнении существующие способы размещения солеотходов. Выполнен анализ экологических аспектов размещения отходов обогатительных фабрик калийных предприятий. Представлена и обоснована новая технология формирования солеотвала без образования отдельных шламохранилищ.

Ключевые слова: солеотходы, солеотвал, шлам, шламохранилище, гидронамыв, гидроотвал, совместное складирование.

DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.04.20>

На предприятии Боулби компании Cleveland Potash в Великобритании обезвоженные галитовые хвосты и глинистые шламы репульпируют морской водой и транспортируют по трубопроводу к побережью Северного моря и далее — в глубь моря. Отходы диспергируются в морской воде под действием приливов-отливов. Контроль за загрязнением ведется постоянно, так как калийное предприятие находится на территории Национального парка [3].

Производство калийных солей в Бразилии на базе сильвинитовых руд месторождения Taquari Vassouras началось в 1986 г. [4]. Обезвоженные солеотходы репульпируют водой и транспортируют по трубопроводу длиной 35 км к побережью Атлантического океана и на 2 км по дну океана. Под действием приливных течений отходы диспергируются. Осуществляется постоянный контроль вокруг места сброса отходов: на расстоянии до 5 км выполняется регулярный отбор проб воды, флоры и фауны.

Сильвинитовые руды Испании отличаются низким (до 1 %) содержанием нерастворимого остатка (н. о.), и их флотационная переработка осуществляется по схеме с полной депрессией н. о., поэтому шламохранилищ на предприятиях нет [5]. Обезвоженные галитовые хвосты по системе конвейеров транспортируют на солеотвал. Часть галитовых хвостов направляют на специальную флотационную установку для получения технической или промышленной соли.

В Германии калийные соли добывают с 1861 г. Большую часть твердых отходов, получаемых на предприятиях компании Kali und Salz, в настоящее время размещают в отвалах на зем-

Таблица 1. Химический состав солеотходов, %

Вид отходов	NaCl	KCl	CaSO ₄	Нераствори- мый осадок	Вода
Галитовые отходы	85	3	3	2	7
Глинисто-солевые шламы	20	7	3	25	45

Таблица 2. Гранулометрический состав галитовых отходов

Класс крупности, мм	Выход, %	Суммарный выход, %
Более 1,6	5	5
-1,6+1,0	22	27
+1,0+0,63	20	47
-0,63+0,4	17	64
-0,4+0,2	15	79
-0,2+0,1	13	92
Менее 0,1	8	100
Итого	100	

ной поверхности [1] и в выработанном подземном пространстве, а избыточные рассолы закачивают в поглощающие горизонты, залегающие в интервалах глубин от 300 до 1700 м [6–11].

Основную массу солеотходов при разработке калийных месторождений составляют галитовые отходы. По химическому составу они в основном состоят из хлорида натрия, также в небольших количествах присутствуют хлориды кальция и магния, нерастворимый (глинистый) осадок. Глинисто-солевые шламы представляют собой суспензию растворимых и нерастворимых в воде частиц в водно-солевом растворе. Примерный химический и гранулометрический состав солеотходов представлен в табл. 1 и 2. Гранулометрический состав твердой фазы шламов — 0–0,4 мм [12].

Для реализации мероприятий по охране окружающей среды осуществляются работы по следующим направлениям:

- выполнение контроля за районами подрабатываемых территорий с целью получения исходных данных для совершенствования существующих и разработки новых защитных мероприятий;
- разработка мероприятий по уменьшению вредного влияния калийных отходов на окружающую среду;
- разработка и внедрение мероприятий по уменьшению объема калийных отходов, размещаемых на земной поверхности.

Первое направление предусматривает работы по созданию научно обоснованной системы контроля за влиянием отходов калийных производств на окружающую среду, а также за подрабатываемыми территориями.

Второе направление предполагает выполнение следующих работ: снижение выноса пыли и повышение надежности очистных систем; предотвращение фильтрации рассолов из шламохранилищ и отвалов путем устройства в их ложе непроницаемых экранов; уменьшение площадей складирования отходов за счет оптимальной конфигурации и высоты отвалов, а также вследствие совместного размещения твердых галитовых отходов и глинисто-солевых шламов; покрытие солеотвалов водонепроницаемыми материалами с последующей их рекультивацией.

К третьему направлению относятся: размещение отходов калийных производств в выработанном пространстве рудников; сброс избыточных рассолов в глубокие изолированные горизонты; селективная разработка калийных месторождений; переработка калийных руд без применения жидких сред; использование отходов для нужд народного хозяйства [13].

Необходимо отметить преимущества закладки солеотходов в выработанное пространство рудников, которая позволяет не только уменьшить изъятие земель из оборота под солеотвалы и шламохранилища, сократить объемы рассолов, образующихся от выщелачивания атмосферными осадками, но и минимизировать оседания земной поверхности, защитить рудники от затопления [14].

Основными способами использования галитовых отходов, нашедшими промышленное применение, являются: получение технической поваренной соли; отгрузка галитовых отходов потребителю. Использование галитовых отходов по ряду технических и экономических причин в настоящее время весьма незначительное, рост их образования происходит быстрее, поэтому основным методом обращения с галитовыми отходами в настоящее время является их складирование (хранение) на солеотвалах [15].

Существуют два способа складирования — сухое и гидронамыв. Транспортирование солеотходов с обогатительной фабрики на солеотвал и непосредственно на солеотвале осуществляется конвейерным транспортом. Отвалообразующее оборудование в конце конвейерной ветки состоит из промежуточных конвейеров типа ПК и отвалообразователя (конвейера) ленточного телескопического типа ПЛТ (КОЛТ).

Складирование сухой отсыпкой осуществляется путем свободного сыпания солеотходов с отвалообразователя на откос ранее сформированного соляного массива.

При складировании гидронамывом на откос, в точку отгрузки солеотходов отвалообразователем, подают несущую жидкость.



Рис. 1. Приготовление пульпы гидронамыва на откосе солеотвала

В качестве последней используют шламовую пульпу, а массив солеотвала образуется при осаждении твердой части пульпы. На **рис. 1** показан процесс приготовления пульпы гидронамыва на откосе солеотвала.

В одном из рудоуправлений ПАО «Уралкалий» был выполнен опытный гидронамыв с целью использования площади шламохранилища, заполненного осадком шлама, под солеотвал. Идея применения гидравлического способа складирования возникла тогда, когда появилась необходимость в расширении площади существующего солеотвала. Наиболее перспективной площадью под расширение солеотвала являлась площадь заполненной твердой частью шлама шламохранилища, так как шламохранилище примыкало к солеотвалу через разделительную дамбу. Грунты заполненного шламохранилища — слабые, их можно использовать под основание только путем постепенного нагружения слоями отвала небольшой высоты; при этом наиболее приемлемым способом является именно гидронамыв, при котором солеотходы растекаются по большей площади.

Технико-экономическое сравнение сухого способа отсыпки солеотвала с вариантом его гидронамыва показало, что при гидронамыве на той же площади солеотвала можно разместить большее количество солеотходов и сократить капитальные затраты. Большая масса размещаемых в отвал солеотходов достигается за счет большей плотности намывного массива и более рационального использования площади солеотвала.

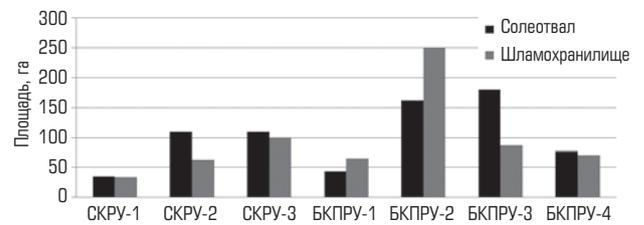


Рис. 2. Площади, занимаемые отходами производства, на предприятиях компании «Уралкалий»

Экономия капитальных затрат обусловлена в основном меньшей длиной конвейерных трасс, поскольку солеотходы растекаются по большей площади [16].

Все солеотходы без должной гидроизоляции со временем растворяются атмосферными осадками. Объем ежегодного растворения в основном зависит от суммарного количества выпавших на площадь солеотвалов атмосферных осадков. Так, например, на одном из действующих калийных предприятий компании «Уралкалий» в 2012 г. было переработано 5,5 млн т руды, при этом образовалось 4 млн т галитовых отходов, при их растворении потенциально может получиться примерно 12 млн м³ раство-

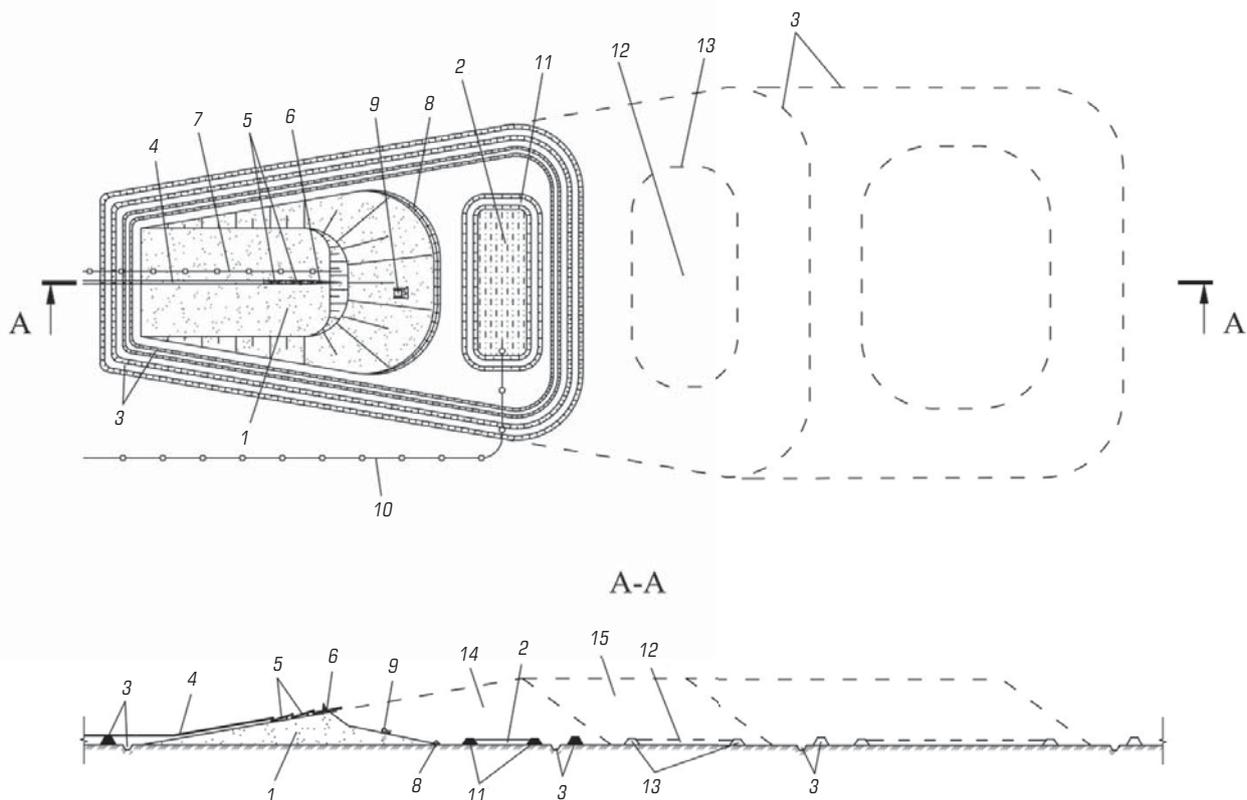


Рис. 3. Технология размещения шламохранилища на территории будущего солеотвала

лов. Ложе солеотвалов и шламохранилищ выстлано защитными водонепроницаемыми пленочными или глинистыми экранами, что исключает засоление водных объектов и предотвращает фильтрацию рассолов в подземную гидросферу. На **рис. 2** показаны площади, занимаемые отходами производства, на предприятиях ПАО «Уралкалий»

Для сокращения отводимых под отходы обогатительных фабрик калийных предприятий земель предложен способ размещения шламохранилища на территории будущего солеотвала. Работы осуществляют следующим образом. Складирование отходов в солеотвал предусматривается несколькими очередями (**рис. 3**). Солеотвал первой очереди 1 формируют на территории, свободной от шлама, простирающейся от начала складирования до шламохранилища первой очереди 2. По периметру площади под солеотвал первой очереди 1 и шламохранилище первой очереди 2 формируют ограждающую дамбу и рассолоборную канаву отделения складирования отходов 3. Солеотходы на солеотвал первой очереди 1 доставляют конвейерами 4, далее они через промежуточные конвейеры 5 и отвалообразователь 6 поступают в точку складирования. Для образования пульпы в точку складирования по рассолопроводу 7 доставляют рассол. Пульпа растекается до обваловки 8, сформированной бульдозером 9. Шлам транспортируется по шламопроводу 10 и складировается в шламохранилище первой очереди 2, оконтуренное дамбой шламохранилища первой очереди 11. По мере заполнения вместимости солеотвала первой очереди 1 происходит постепенный намыв солеотходов на территорию шламохранилища первой очереди 2, что будет служить второй очередью для солеотвала 14. Рассол, образующийся при замыве шламохранилища солеотходами, собирается рассолоборной канавой 3. В это время подготавливается территория под шламохранилище второй очереди 12 и солеотвал третьей очереди 15, возводится дамба под шламохранилище второй очереди 13, наращиваются шламопровод 10, ограждающая дамба и рассолоборная канавка отделения складирования отходов 3. К моменту заполнения полезного объема шламохранилища первой оче-

реды 2 вводят в эксплуатацию шламохранилище второй очереди 12, и все шламы складировать в него. Далее способ повторяется на необходимое количество очередей развития солеотвала и шламохранилища.

Обязательным условием применения данной технологии является складирование солеотходов методом гидронамыва, так как известно, что грунты заполненного шламохранилища слабые, и их можно использовать под основание только путем постепенного нагружения слоями отвала небольшой высоты [17–21]. На данную технологию авторами была подана заявка на патент (регистрационный № 2015122911, дата приоритета 15.06.2015).

Складирование отходов на современном этапе развития калийной промышленности следует рассматривать как интегральную составляющую производственного процесса, т. е. аспекты защиты окружающей среды являются основой для дальнейшего усовершенствования технологических процессов. Предлагаемое техническое решение позволяет как действующим, так и вновь проектируемым рудоуправлениям отказаться от необходимости формирования постоянных шламохранилищ, а также сократить площади земель, занимаемых отходами калийных предприятий.

Заключение

Таким образом, солеотвалы и шламохранилища обогатительных фабрик вследствие образования и непрерывного накопления жидких и твердых отходов обогащения являются мощными источниками загрязнения окружающей среды. Открытый сброс промышленных стоков в поверхностную гидросеть и фильтрация рассолов в грунтовые воды приводят к формированию обширных ареалов засоления гидросферы, создающих угрозу источникам хозяйственно-бытового водоснабжения.

Помимо экологического аспекта, предложенный способ размещения шламохранилища на территории будущего солеотвала позволяет сократить затраты предприятия на аренду отводимых земель, а также объемы работ по строительству дамб и противофильтрационного экрана.

Библиографический список

1. Головкин Б. Ю., Ломакин А. Г., Рейбман Л. А. Калий в прошлом, настоящем и будущем. — СПб. : ИПК «НП-Принт», 2001. — 180 с.
2. Блинов С. М., Батулин Е. А., Востриков С. П. Оценка влияния солеотвала БКПРУ-2 ОАО «Уралкалий» на химический состав снежного покрова // Рудник будущего. 2011. № 1(5). С. 39–47.
3. Increase in recovery at Cleveland Potash // Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy. 2001. Vol. 110. January–April. P. 55–60.
4. Brazilian potash production on the up // Fertilizer Focus. 2001. No. 10. P. 26–31.
5. Plans for updating of potash operations in Spain // Fertilizer Focus. May/June. 2011. P. 22–23.
6. Waste recycling // Kali und Steinsalz. 2004. No. 2. P. 35–37.
7. Glückauf Sondershausen Entwicklungs- und Sicherungs-gesellschaft mbH // Kali und Steinsalz. 2012. Heft 1. S. 24–32.
8. Der Sevilla-Prozess — Untertageverwertung ist beste verfügbare Technik // Kali und Steinsalz. 2014. Heft 1. S. 6–11.
9. Bewertung der mittel- bis langfristigen Perspektiven von UTV und UTD in Deutschland für die Entsorgung von Abgasreinigungsrückständen // Kali und Steinsalz. 2014. Heft 2. S. 34–41.
10. GTS Grube Teutschenthal Sicherungs GmbH & Co.KG // Kali und Steinsalz. 2013. Heft 1. S. 30–37.
11. Липницкий В. К., Трофимов В. И., Морозов В. П. Подземный сброс избыточных рассолов на калийных предприятиях // Актуальные вопросы добычи и переработки природных солей. — СПб. : ЛИК, 2001. Т. 1. С. 202–207.
12. Бачурин Б. А. Эколого-геохимическая характеристика отходов горнодобывающих предприятий // Перспективы освоения недр — комплексное решение актуальных проблем. Научные чтения им. акад. Н. М. Мельникова. — М. : ИПКОН РАН, 2002. С. 26–30.
13. Пермяков Р. С., Ковалев О. В., Пинский В. Л. и др. Справочник по разработке соляных месторождений. — М. : Недра, 1986. — 212 с.
14. Борзаковский Б. А., Русаков М. И. Технология размещения шламов в подземных горных выработках в геотубы // Горный журнал. 2015. № 3. С. 91–94.
15. Концепция размещения галитовых отходов на солеотвалах ОАО «Уралкалий». — Пермь : ОАО «Галургия», 2013. — 50 с.

16. Борзаковский Б. А. Технология гидронамыва солеотвала на калийных предприятиях Верхнекамья // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2006. № 1. С. 191–195.
17. Пат. 2204717 РФ. Способ отвалообразования отходов обогащения калийных руд на слабое основание / А. Л. Березин, Б. А. Борзаковский и др. ; заявл. 12.09.2001 ; опубл. 20.05.2003, Бюл. № 14.
18. Пат. 2316651 РФ. Способ размещения солеотвала и шламохранилища на одной площадке / Б. А. Борзаковский, А. А. Коншин и др. ; заявл. 2006 ; опубл. 10.02.2008, Бюл. № 4.
19. Пат. 2402682 РФ. Способ размещения отходов обогатительных фабрик калийных комбинатов / Б. А. Борзаковский, А. Я. Гринберг и др. ; заявл. 22.07.2009 ; опубл. 27.10.2010, Бюл. № 30.
20. Князев В. В., Комаров Ю. А. Способ размещения шламохранилища на территории будущего солеотвала // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 5. С. 394–397.
21. Тагилев М. А., Афанасьева К. Ю. Основные виды воздействия калийных предприятий на окружающую среду / ОАО «Галургия» — 40 лет пути: задачи, решения, достижения : сб. науч. тр. — Новосибирск : Наука, 2012. С. 195–200. 

«GORNYY ZHURNAL»/«MINING JOURNAL», 2016, № 4, pp. 97–101

DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.04.20>

Environmental aspects of the combined storage of halite wastes and clay-salt slimes

Information about author

V. V. Knyazev¹, Engineer of the 1-st Category, vadim.vl.knyazev@gmail.com

Yu. A. Komarov¹, Leading Engineer

¹ VNII Galurgy Stock Co., St. Petersburg, Russia

Abstract

Recently, in the field of mining and processing of potash ores there is a growing attention to activities aimed at minimizing the impact of waste on the environment, the protection of the environment from pollution by waste by optimizing their formation and methods of disposal.

Issues related to the development and implementation of new technologies to reduce the growth of the area used for waste disposal, as well as reduce the amount of excess leaches and industrial effluents are of particular relevance for the potash plants.

There are two types of storage — dry and hydraulic aggradation. Transportation of salt waste from concentrator to the salt piles is carried out directly by the conveying. Stacking equipment at the end of the conveyor branch consists of the intermediate conveyors and stacker (conveyor) of belt telescopic type.

Storage by dry piling is carried out by a free-unloading of salt wastes from stacker onto the slope of the previously formed salt massif.

This article is devoted to issues of piling during the development of potash mines. There is provided general information on the objects for pile management of potash plants. It is shown the chemical composition and size distribution of waste. There are examined the types of technical constructions erected in the conduct of work on the piles of potash deposits. There are presented the examples of the used process equipment. The existing methods of placing of the salt waste are examined and compared. It is made the analysis of the environmental aspects of waste disposal of concentration plants at potash facilities. There is presented and justified the new technology of salt pile without forming separate slime storage.

Keywords: Salt waste, salt pile, slime, slime storage, hydraulic aggradation, hydraulic pile, combined storage.

References

- Golovkov B. Yu., Lomakin A. G., Reybman L. A. *Kaliy v proshlom, nastoyashchem i budushchem* (Potassium in the past, present and future). Saint Petersburg: NP-Print, 2001. 180 p.
- Blinov S. M., Baturin E. A., Vostretsov S. P. Otsenka viyaniya soleotvala BKPRU-2 otkrytogo aktsionernogo obshchestva "Uralkaliy" na khimicheskiy sostav snezhnogo pokrova (Evaluation of the impact of salt pile BKPRU-2 (JSC "Uralkali") on the chemical composition of snow cover). *Rudnik budushchego = The Mine of the Future*. 2011. No. 1(5). pp. 39–47.
- Increase in recovery at Cleveland potassium. *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy*. 2001. Vol. 110, January-April. pp. 55–60.
- Brazilian potassium production on the up. *Fertilizer Focus*. 2001. No. 10. pp. 26–31.
- Plans for updating of potassium operations in Spain. *Fertilizer Focus*. 2011. May/June. pp. 22–23.
- Waste recycling. *Kali und Steinsalz*. 2001. No. 10. pp. 26–31.
- Glückauf Sondershausen Entwicklungs- und Sicherungs-gesellschaft mbH. *Kali und Steinsalz*. 2012. Heft 1. ss. 24–32.
- Der Sevilla-Prozess — Untertageverwertung ist beste verfügbare Technik. *Kali und Steinsalz*. 2014. Heft 1. ss. 6–11.
- Bewertung der mittel-bis langfristigen Perspektiven von UTV und UTD in Deutschland für die Entsorgung von Abgasreinigungsrückständen. *Kali und Steinsalz*. 2014. Heft 2. ss. 34–41.
- GTS Grube Teutschenthal Sicherungs GmbH & Co.KG. *Kali und Steinsalz*. 2013. Heft 1. ss. 30–37.
- Lipnitskiy V. K., Trofimov V. I., Morozov V. P. Podzemny sbros izbytochnykh rassolov na kaliynykh predpriyatiyakh (Underground discharge of excess brine at potassium plants). *Aktualnye voprosy dobychi i pererabotki prirodnykh soley* (Urgent issues of mining and processing of natural salts). Saint Petersburg : LJK, 2001. Vol. 1. pp. 202–207.
- Bachurin B. A. Ekologo-geokhimicheskaya kharakteristika otkhodov gornodobyvayushchikh predpriyatiy (Ecological and geochemical characteristics of mining enterprise wastes). *Perspektivy osvoeniya nedr — kompleksnoe reshenie aktualnykh problem. Nauchnye chteniya imeni akademika N. M. Melnikova* (Subsoil manufacturing prospects — a comprehensive solution of urgent problems. Scientific readings named after academician N. M. Melnikov). Moscow: Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources, 2002. pp. 26–30.
- Permyakov R. S., Kovalev O. V., Pinskiy V. L. et al. *Spravochnik po razrabotke solyanykh mestorozhdeniy* (Salt deposit mining reference book). Moscow : Nedra, 1986. 212 p.
- Borzakovskiy B. A., Rusakov M. I. Tekhnologiya razmeshcheniya shlamov v podzemnykh gornykh vyrabotkakh v geotuby (technology of slurry placing in geotubes in underground excavations). *Gornyy zhurnal = Mining journal*. 2015. No. 3. pp. 91–94.
- Kontseptsiya razmeshcheniya galitovykh otkhodov na soleotvalakh otkrytogo aktsionernogo obshchestva "Uralkaliy"* (The concept of halite waste placing on JSC "Uralkali" salt piles). Perm: JSC "Galurgiya", 2013. 50 p. (in Russian)
- Borzakovskiy B. A. Tekhnologiya gidronamyva soleotvala na kaliynykh predpriyatiyakh Verkhnekamiya (Technology of salt pile hydraulic aggradation at Upper Kama potassium plants). *Gornyy Informatsionno-Analicheskyy Byulleten = Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2006. No. 1. pp. 191–195.
- Berezin A. L., Borzakovskiy B. A. et al. *Sposob otvaloobrazovaniya otkhodov obogashcheniya kaliynykh rud na slaboe osnovanie* (Method of potassium ore concentration waste disposal onto a weak foundation). Patent RF, No. 2204717. Applied: September 12, 2001. Published: May 20, 2003. Bulletin No. 14.
- Borzakovskiy B. A., Konshin A. A. et al. *Sposob razmeshcheniya soleotvala i shlamokhranilishcha na odnoy ploshchadke* (Method of placing a salt pile and a slime dump at the same site). Patent RF, No. 2316651. Applied: 2006. Published: February 10, 2008. Bulletin No. 4.
- Borzakovskiy B. A., Grinberg A. Ya. et al. *Sposob razmeshcheniya otkhodov obogatitelnykh fabrik kaliynykh kombinatov* (Method of placing a processing plant wastes at potassium combines). Patent RF, No. 2402682. Applied: July 22, 2009. Published: October 27, 2010. Bulletin No. 30.
- Knyazev V. V., Komarov Yu. A. Sposob razmeshcheniya shlamokhranilishcha na territorii budushchego soleotvala (Method of a slime dump placing on the territory of future salt pile). *Gornyy Informatsionno-Analicheskyy Byulleten = Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2015. No. 5. pp. 394–397.
- Tagilov M. A., Afanaseva K. Yu. Osnovnye vidy vozddeystviya kaliynykh predpriyatiy na okruzhayushchuyu sredu (The main effects of potassium enterprises on the environment). *Otkrytoe Aktsionerное Obshchestvo "Galurgiya" — 40 let puti: zadachi, resheniya, dostizheniya: sbornik nauchnykh trudov* (JSC "Galurgy" — 40 years on the way: problems, solutions, achievements: collection of scientific proceedings). Novosibirsk : Nauka, 2012. pp. 195–200.