

Д.Ю. Савон, С.В. Шевчук, Р.В. Шевчук

СНИЖЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТХОДОВ КАЛИЙНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Рассмотрены актуальные проблемы калийной промышленности, связанные с технологией и экологией добычи калийных руд. Дана характеристика экологических последствий добычи калийных руд. Добыча и переработка руды вызывают образование значительного количества пород-отходов. Огромные объемы накопленных производственных отходов калийного производства являются главной причиной негативного влияния данных предприятий на окружающую среду. Не менее негативными последствиями работы калийных рудников являются возрастающие объемы выработанного пространства, приводящие к изменению напряженно-деформированного состояния породных массивов и увеличению техногенной нагрузки на недра, что в некоторых случаях ведет к затоплению рудника. В мире затоплено уже более 50 калийных рудников. Внедрение новых технологических схем закладки отходов калийной промышленности позволяет сократить изъятие плодородных земель под солеотвалы, уменьшить объем образования избыточных рассолов в районе размещения отходов обогащения калийных руд, тем самым существенно снизив экологический риск. Предложен пневматический способ закладки выработанного пространства с последующим тампонажем. Закладка выработанного пространства позволяет решить задачи поддержания земной поверхности, сохранения сельхозугодий, изымаемых под складирование солеотходов, предотвращения засоления пресных подземных и поверхностных вод избыточными рассолами.

Ключевые слова: закладка выработанного пространства, калийная промышленность, снижение вредного воздействия на окружающую среду, глинисто-солевые шламы, галитовые отходы.

Российская отрасль минеральных удобрений — одна из лидирующих в мире. Она занимает четвертое место по объему выпуска фосфорных удобрений (6,5% от мирового объема) и второе место по объемам производства азотных и калийных удобрений (7 и 18,5% в 2014 г.). В то же время производство минеральных удобрений — одна из наиболее экспорториентированных отраслей промышленности России: на экспорт идет до 70% продукции [1–5].

ISSN 0236–1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 8. С. 360–368.
© 2016. Д.Ю. Савон, С.В. Шевчук, Р.В. Шевчук.

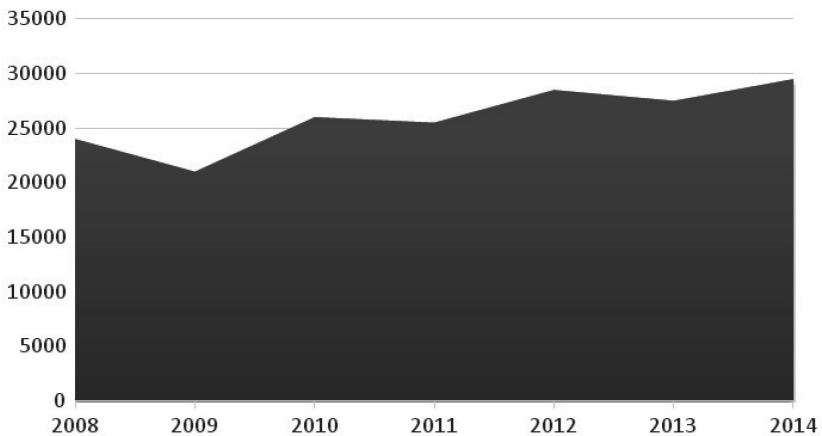


Рис. 1. Динамика российского экспорта удобрений в натуральном выражении в 2008–2014 гг., тыс. т

Рост спроса на рынке минеральных удобрений, в том числе калийных, должен обеспечиваться увеличением производственных мощностей горнодобывающих предприятий.

Добыча и переработка калийной руды вызывают образование значительного количества пород-отходов, что в свою очередь негативно влияет на окружающую природную среду; степень этого воздействия зависит от состава руды и сопутствующих пустых пород, рельефа местности и климата, текущего состояния окружающей среды и способности экосистемы к саморегуляции. Наибольшее влияние на количество и состав образующихся

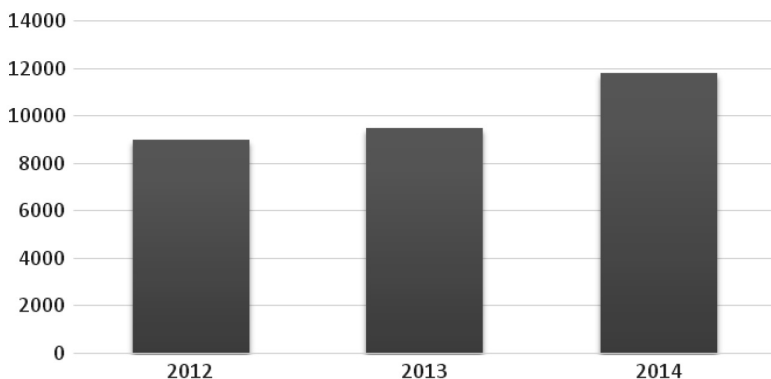


Рис. 2. Динамика объема российского производства калийных удобрений в 2012–2014 гг., тыс. т

ся отходов оказывают технология добычи и применяемое оборудование, процессы обогащения и концентрирования, а также способы складирования отходов и места их локализации [6–9].

Следует отметить, что опасность для окружающей среды представляют не только хлориды, рассматриваемые в качестве основного поллютанта, поступающего в окружающую среду, но и ряд других компонентов, которые при более низких концентрациях обладают более высокой экологической опасностью. Так, по данным атомно-абсорбционного анализа, в составе калийных руд и каменной соли зафиксировано присутствие широкого спектра токсичных микрокомпонентов, находящихся как в форме водорастворимых соединений (хлориды, сульфаты, карбонаты), так и связанных с минералами нерастворимого остатка. В процессе обогащения калийных руд создаются специфические геохимические обстановки (технологические геохимические барьеры), приводящие к концентрации этих соединений в глинисто-солевых шламах (табл.1) [10–12].

Во-первых, для их размещения занимают значительные земельные ресурсы – суммарные площади солеотвалов и шламо-

Таблица 1

Микрокомпонентный состав отходов калийных предприятий

Элемент	Содержание, мг/кг				
	Калийные руды	Галитовые отходы	Глинисто-солевые шламы	Водная вытяжка из шламов	Избыточные рассолы
Барий	1,8–14,0	0,1–12,0	100–130	н.с.	<0,04–3,2
Ванадий	1,8–10,0	0,12,0	0–51,2	н.с.	0,004–0,65
Железо	99–2200	90–390	1450–4200	<0,1	0–16,0
Кадмий	0,007–0,07	<0,1–1,77	3,4–5,5	н.с.	0
Кобальт	н.с.	<0,1–9,78	мар.49	0,27–2,13	1,58–4,89
Марганец	21–100	4,1–35,0	29,4–79,8	0,14–0,72	2,8–9,0
Медь	0,2–7,6	0,9–4,5	0,8–24,2	0,07–0,38	0,10–0,79
Никель	0,8–7,6	0,21–3,86	3,0–39,	0,40–1,97	<0,002–4,62
Свинец	0,03–1,8	<0,1–3,1	5,8–57,2	1,02–6,92	0–1,11
Стронций	н.с.	15–35	0–120,0	3,4–17,7	4,85–400,0
Хром	н.с.	0,15–9,32	4,4–105	0,13–0,40	0,35–0,83
Цинк	1,3–46,0	1,8–11,6	0–92	0,09–0,56	0,20–1,44

хранилищ составляют более 1000 га, а с учетом перспективного развития калийного производства могут достигнуть 2–3 тыс. га. Во-вторых, 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.

Складирование солевых отходов на поверхности земли наносит значительный экологический ущерб окружающей среде, приводит к изъятию значительных площадей из оборота.

При планировании и проектировании развития горных работ должны быть предусмотрены мероприятия по охране недр, рациональному комплексному использованию минерального сырья, безопасному ведению работ, связанных с использованием недрами, предотвращению негативного влияния на окружающую среду, здания и сооружения горных работ.

Внедрение новых технологических схем закладки отходов калийной промышленности позволяет не только увеличить добычу руды, но и сократить изъятие плодородных земель под солеотвалы, уменьшить объем образования избыточных рассолов в районе размещения отходов обогащения калийных руд, тем самым существенно снизить экологический риск, а также решить задачу поддержания земной поверхности.

Отечественный и зарубежный опыт показал, что в условиях более совершенной выемки полезного ископаемого для осуществления закладки наиболее приемлемым является пневматический метод.

Сгущение глинисто-солевых шламов осуществляется до соотношения $J : T = 1,5$ в высокопроизводительных сгустителях с увеличенной цилиндрической частью.

Обезвоживание галитовых отходов осуществляется до остаточной влажности 6%, что снижает потери хлористого калия и обеспечивает возможность пневмозакладки галитовых отходов в отработанное шахтное пространство, с дальнейшим тампонирующим, позволяющим достичь необходимую степень прочности. предъявляемого к закладываемому массиву [13–15].

При закладке выработанного пространства камеры осуществляется утилизация пустой породы, получаемой при обогащении калийных руд, снижается вредное воздействие на окружающую среду и, соответственно, плата за размещение отходов добычи на земной поверхности.

Таким образом, использование закладки выработанного пространства при добыче полезных ископаемых является весьма перспективным, так как позволяет не только увеличить добычу руд (за счет охранных целиков), но и ликвидировать значительную часть хранящихся на земной поверхности твердых отходов

Таблица 2

Эколого-экономические эффекты и издержки

Группы	Эффекты	Издержки
Экономическая	Доходы от реализации дополнительной продукции получаемой при увеличении коэффициента извлечения i -го участка в t -ом году, руб/год; ($D_{д.п.}^{it}$)	Капитальные затраты на размещение отходов обогащения на i -ом участке в t -ом году, руб; (Z_k^{it})
	Снижение экологических платежей за размещение отходов на земной поверхности i -го участка в t -ом году, руб/год; ($P_{эколог.}^{it}$)	Эксплуатационные затраты на размещение отходов обогащения на i -ом участке в t -ом году, руб; t – период проведения мер ($Z_{тв.}^{it}$)
Экологическая	Предотвращенный ущерб водной среде от размещения отходов обогащения в выработанном пространстве i -го участка в t -ом году, руб/год; ($U_{пр.водн.}^{it}$)	—
	Предотвращенный ущерб воздушной среде от размещения отходов обогащения в выработанном пространстве i -го участка в t -ом году, руб/год; ($U_{пр.возд.}^{it}$)	
	Предотвращенный ущерб земле от снижения количества отходов на поверхности, при их размещений в выработанном пространстве i -го участка в t -ом году, руб/год; ($U_{зо}^{it}$)	
	Предотвращенный ущерб земле вследствие обрушения выработанного пространства под i -ым участком в t -ом году, руб/год ($U_{зв.}^{it}$)	
Социальные	Социальный эффект возникающий в результате проведения мероприятий i -го участка в t -ом году, руб; (C_3^{it})	—

промышленности, улучшить напряженно-деформированное состояние массива. Однако закладка – дорогостоящее мероприятие, существенно сказывающееся на себестоимости добываемых полезных ископаемых. В этой связи большое внимание необходимо уделить эколого-экономическому обоснованию данного мероприятия.

Для полной оценки закладки выработанного пространства солеотходами предлагается использовать основные эколого-экономические эффекты и издержки, представленные в табл. 2.

Согласно вышеуказанным показателям для оценки эколого-экономического эффекта (\mathcal{E}_i) от размещения солеотходов в выработанном пространстве предлагается экономико-математическая модель:

$$\mathcal{E}_i = \sum_{t=1}^T \frac{(D_{д.н.}^{it} + C_{\mathcal{E}}^{it} + Y_{np.водн}^{it} + Y_{np.возд}^{it} + P_{эк.}^{it} + Y_{np.зо}^{it} + Y_{np.зв}^{it} - Z_k^{it} - Z_{\mathcal{E}}^{it})}{(1 + E)^t}$$

Значение приведенных показателей меняется в зависимости от конкретных условий под влиянием ряда факторов. Анализируя экономический эффект от размещения отходов в выработанном пространстве, для каждого горнодобывающего предприятия следует индивидуально оценить основные наиболее значимые индивидуальные факторы.

В последнее время экология стала все более лимитировать экономические развитие. Возрастает осознание того, что экономика должна жить не только по экономическим законам, но и учитывать экологические. Дальнейшее развитие возможно только в достаточно узких рамках экологического «коридора».

Известный американский ученый Барри Коммонер ярко сформулировал четыре закона экологии, один из которых звучит так: «Все должно куда-то деваться». Основная мысль этого закона – материя не исчезает. На примере живой природы можно видеть, что в ней нет ничего лишнего. Отходы одних организмов

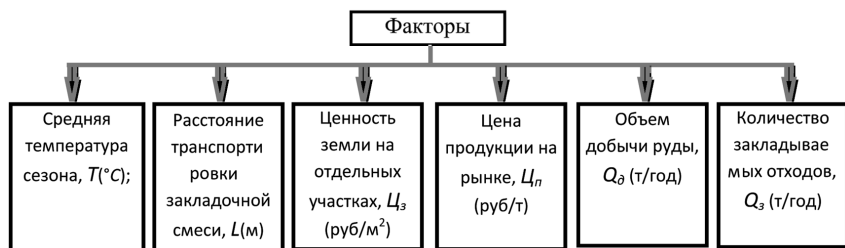


Рис. 3. Основные факторы, влияющие на эколого-экономические показатели

служат строительным материалом для других. Одна из главных причин современного экологического кризиса состоит в том, что огромные количества веществ извлечены из земли, преобразованы в новые соединения и рассеяны в окружающей среде без учета того факта, что «все куда-то девается». И эти соединения накапливаются в тех местах, где их быть не должно.

Учитывая этот закон и современную проблему ассимиляции загрязнений и отходов, закладка выработанного пространства является одним из вариантов улучшения экологической обстановки в промышленных городах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бугаец В. В., Савон Д. Ю.* Роль эколого-экономических инструментов при рациональном использовании водных ресурсов // Экономические и гуманитарные исследования регионов. — 2014. — № 5. — С. 65–70.

2. *Бугаец В. В., Савон Д. Ю.* Обеспечение экологически безопасного водопользования при эффективной водохозяйственной деятельности предприятий // Гуманитарные и социально-экономические науки. — 2014. — № 5. — С. 137–141.

3. *Воротников И. Л., Колотырин К. П., Власова О. В.* Совершенствование системы управления биологическими отходами на основе механизмов государственно-частного партнерства // Экономічний часопис—XXI. — 2014. — Т. 1. № 9–10. — С. 53–57.

4. *Ильичев И. П., Репьева Н. В., Повышева Е. В.* Устойчивое развитие и эффективность инвестиций // Экономика в промышленности. — 2010. — № 2. — С. 12–15.

5. *Колотырин К. П.* Экономические инструменты стимулирования природоохранной деятельности // Вестник Саратовского государственного технического университета. — 2009. — № 1 (37). — С. 186–196.

6. *Костюхин Ю. Ю., Елисеева Е. Н., Тихоненко А. В.* Процессный подход к распределению затрат промышленного предприятия // Цветные металлы. — 2007. — № 12. — С. 14–20.

7. *Кружкова Г. В., Костюхин Ю. Ю.* Методические вопросы совершенствования конкурентной стратегии обеспечения сырьем предприятия вторичной металлургии драгоценных металлов // Экономика в промышленности. — 2014. — № 1. — С. 74–79.

8. *Пешкова М. Х., Шульгина О. В.* Оценка инвестиционной привлекательности инвестиционных проектов компаний минерально-сырьевого комплекса // Экономика в промышленности. — 2015. — № 1. — С. 65–69.

9. *Пешкова М. Х., Шульгина О. В.* Экономический механизм управления стоимостью угольных компаний в условиях неопределенности конъюнктуры рынка // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — 2012. — № S1. — С. 228–241.

10. *Савон Д. Ю.* Экологические аспекты деятельности «ПО «Водоканал» г. Ростова-на-Дону по охране атмосферного воздуха / Международная научно-практическая интернет-конференция «Актуальные теоретические и практические аспекты развития предприятий различ-

ных форм собственности в контексте модернизации экономики». Материалы конференции. — СПб.: ООО «Инновационные технологии», Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий, 2011. — С. 157–161.

11. *Савон Д. Ю., Шевчук С. В.* Снижение уровня экологической опасности при современных методах переработки твердых бытовых отходов / Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство материалы Двенадцатой Всероссийской научно-практической конференции. — 2015. — С. 200.

12. *Савон Д. Ю.* Снижение уровня загрязнения окружающей среды при повышении качества угля // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2016. — № S1. — С. 145–153.

13. *Тулунов А. С.* Классификационные аспекты негативных экстерналий экономического развития // Региональные проблемы преобразования экономики. — 2012. — № 4. — С. 228–237.

14. *Тулунов А. С.* Понятие «ущерб» в экономике природопользования // Научный вестник Московского государственного горного университета. — 2013. — № 11. — С. 297–302.

15. *Skufina T. P., Samarina V. P., Krachunov N., Savon D. Y.* Problems of Russia's arctic development in the context of optimization of the mineral raw materials complex use // Eurasian mining, 2015. — № 2 (24). — С. 18–21. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Савон Диана Юрьевна*¹ — доктор экономических наук, профессор, e-mail: di199@yandex.ru,

*Шевчук Степан Васильевич*¹ — студент, e-mail: Shevchuk.Stepan@yandex.ru,

*Шевчук Роман Васильевич*¹ — студент, e-mail: Shevchuk.002@mail.ru,

¹ НИТУ «МИСиС».

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 8, pp. 360–368.

UDC 502.36

D.Yu. Savon, S.V. Shevchuk, P.V. Shevchuk

REDUCING THE IMPACT OF WASTE POTASH INDUSTRY ON THE ENVIRONMENT

The main features of the Russian fertilizer market is monopolized, and his importonezavisimost and high export orientation. About 70% of the products manufactured in our country, comes to the external market.

The article deals with topical issues potash industry related to environmental technology and potash ores. The paper detailed describes the environmental impacts of potash ores. Ore mining and processing cause the formation of a significant amount of rock-waste, which in turn negatively affects the environment. Huge amounts of accumulated industrial waste products of potash production were the main reason for the negative impact of these companies on the environment. No less negative effects working potash mines are increasing volumes of developed space, leading to a change in the stress-strain state of rock mass and an increase in development pressure on the bowels, which in some cases leads to the flooding of the mine. In a world flooded for more than 50 potash mines.

The problem of environmental pollution areas is extremely acute in the modern world, including in Russia. The introduction of new technological schemes bookmark potash industry

waste reduces seizure of fertile land under the salt dump, reduce the formation of excess brine in the area of accommodation potash ore tailings, thereby significantly reducing environmental risks. In this paper, the authors propose a method pneumatic stowing and then plugging. Stowing solves the problem of maintaining the earth's surface, preservation of farmland seized under warehousing soleethodov, prevent salinity of fresh surface water and groundwater redundant brines.

Key words: industry through stowing, potash industry, reducing the harmful impact on the environment, clay-salt slimes, halite waste.

AUTHORS

Savon D. Yu.¹, Doctor of Economical Sciences, e-mail: di199@yandex.ru,

Shevchuk S.V.¹, Student, e-mail: Shevchuk.Stepan@yandex.ru,

Shevchuk R.V.¹, Student, e-mail: Shevchuk.002@mail.ru,

¹ National University of Science and Technology «MISiS»,
119049, Moscow, Russia.

REFERENCES

1. Bugaets V.V., Savon D. Yu. *Ekonomicheskie i gumanitarnye issledovaniya regionov*. 2014, no 5, pp. 65–70.

2. Bugaets V.V., Savon D. Yu. *Gumanitarnye i sotsial'no-ekonomicheskie nauki*. 2014, no 5, pp. 137–141.

3. Vorotnikov I. L., Kolotyryn K. P., Vlasova O. V. *Ekonomichny chasopis—XXI*. 2014. T. 1, no 9–10, pp. 53–57.

4. Il'ichev I. P., Rep'eva N. V., Povysheva E. V. *Ekonomika v promyshlennosti*. 2010, no 2, pp. 12–15.

5. Kolotyryn K. P. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2009, no 1 (37), pp. 186–196.

6. Kostyukhin Yu. Yu., Eliseeva E. N., Tikhonenko A. V. *Tsvetnye metally*. 2007, no 12, pp. 14–20.

7. Kruzhkova G. V., Kostyukhin Yu. Yu. *Ekonomika v promyshlennosti*. 2014, no 1, pp. 74–79.

8. Peshkova M. Kh., Shul'gina O. V. *Ekonomika v promyshlennosti*. 2015, no 1, pp. 65–69.

9. Peshkova M. Kh., Shul'gina O. V. *Gornyy informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)*. 2012, no S1, pp. 228–241.

10. Savon D. Yu. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya internet-konferentsiya «Aktual'nye teoreticheskie i prakticheskie aspekty razvitiya predpriyatii razlichnykh form sobstvennosti v kontekste modernizatsii ekonomiki»*. *Materialy konferentsii* (International scientific and practical Internet-conference «Actual theoretical and practical aspects of the development of enterprises of different ownership forms in the context of the modernization of the economy.» Proceedings of the conference), Saint-Petersburg, Ltd. «Innovative Technology», St. Petersburg State University of Refrigeration and Food Technologies, 2011, pp. 157–161.

11. Savon D. Yu., Shevchuk S. V. *Sovremennye problemy gorno-metallurgicheskogo kompleksa. Nauka i proizvodstvo materialy Dvenadtsatoy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* (Modern problems of mining and metallurgical complex. Science and production materials Twelfth All-Russian scientific-practical conference), 2015, p. 200.

12. Savon D. Yu. *Gornyy informatsionno-analiticheskii byulleten'*. 2016, no S1, pp. 145–153.

13. Tulupov A. S. *Regional'nye problemy preobrazovaniya ekonomiki*. 2012, no 4, pp. 228–237.

14. Tulupov A. S. *Nauchnyy vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta*. 2013, no 11, pp. 297–302.

15. Skufina T. P., Samarina V. P., Krachunov H., Savon D. Y. Problems of Russia's arctic development in the context of optimization of the mineral raw materials complex use. *Eurasian mining*, 2015, no 2 (24), pp. 18–21.