

УДК 622.063.44

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СЕЛЕКТИВНОЙ ВЫЕМКИ КАЛИЙНЫХ ПЛАСТОВ КОРОТКИМИ ОЧИСТНЫМИ ЗАБОЯМИ С ЧАСТИЧНОЙ ЗАКЛАДКОЙ ВЫРАБОТАННЫХ КАМЕР

Ю. Г. СИРЕНКО<sup>1</sup>, доцент, канд. техн. наук, [sirenkojg@mail.ru](mailto:sirenkojg@mail.ru)  
Е. Р. КОВАЛЬСКИЙ<sup>1</sup>, доцент, канд. техн. наук

<sup>1</sup> Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург, Россия

Одной из особенностей разработки калийных пластов на рудниках ОАО «Беларуськалий» является их сложное строение: продуктивные слои сильвинита мощностью до 1,5 м разделены прослоями галита, которые при валовой выемке извлекаются вместе с сильвинитом в объеме до 30 % в выдаваемой на поверхность рудной массе, что обуславливает значительные дополнительные затраты на транспортирование руды по горным выработкам протяженностью в десятки километров, ее подъем на поверхность (до 1000 м) и переработку на обогатительной фабрике. Кроме того, ухудшается экологическая обстановка в регионе в связи с увеличением площади отвалов и засолением земельных угодий [1–3].

На общей площади отработки II и III калийных горизонтов Старобинского месторождения применяют в основном три системы разработки: камерную при управлении кровлей с использованием ленточных жестких и податливых целиков; столбовую с полным обрушением кровли и комбинированную [4, 5].

Камерная система разработки предполагает удержание кровли на жестких целиках с высокой несущей способностью, оставляемых в выработанном пространстве в зоне ведения очистных работ. Эта система может применяться на всех без исключения участках месторождения и наиболее распространена как способ охраны существующих, строящихся и проектируемых объектов на подрабатываемых территориях калийных рудников. В 2014 г. объем выемки сильвинита камерной системой разработки в ОАО «Беларуськалий» составил 14,65 % общего объема добычи. Панели отработывают преимущественно односторонними блоками шириной 150–200 м с расположением камер перпендикулярно панельным штрекам. Не исключено применение других апробированных схем ведения работ на панелях. Расстояние между фронтами очистных работ в смежных блоках панели должно составлять не менее 50 м. Камеры формируют одним либо двумя-тремя очистными ходами, разделенными поддерживающими целиками. Потери полезного компонента по горным объемам ОАО «Беларуськалий» в 2012–2013 гг. составили от 43 до 60 % при столбовой системе разработки и до 80 % — при камерной с жесткими целиками. В среднем по горизонту потери составили 51 % (см. таблицу).

В условиях Старобинского месторождения применение длинно-столбовых систем разработки позволяет проводить селективную

Отмечая экономические и экологические недостатки применяемых систем и технологий разработки Старобинского месторождения калийных солей, обусловленные значительными потерями запасов в опорных целиках и разубоживанием рудной массы при валовой выемке сильвинита и прослоев галита (пустой породы), авторы представляют разработанные и запатентованные технологии их селективной выемки с использованием разрушенного галита в качестве полной или частичной закладки выработанных камер.

Дана оценка совокупного экономического и экологического эффекта селективной разработки. Подчеркнуто, что закладка выработанных камер галитом содержит потенциал для научного обоснования возможности и способа сокращения размеров и числа опорных целиков.

**Ключевые слова:** Старобинское месторождение, пласты калийной соли, пропластки галита, потери в целиках, валовая выемка, разубоживание, технологии селективной выемки, закладка камер, экономический и экологический эффект.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.01.05>

### Потери запасов калийных солей в целиках по рудоуправлениям ОАО «Беларуськалий»

Рудоуправление	Горизонт	Потери полезного ископаемого, %
I РУ	II	37–39
	III	50–52
II РУ	II	48–50
	III	50–52
III РУ	II	35–38
	III	55–58
IV РУ	II	25–27
	III	60–62

выемку калийных слоев, что значительно снижает затраты на обогащение руды, но по основным технико-экономическим показателям добычи уступает камерным системам разработки. Так, участковая себестоимость добычи руды с использованием проходческого оборудования до двух раз меньше, чем при механизированных комплексах. Коэффициенты извлечения полезного ископаемого из недр на Старобинском месторождении сопоставимы для камерных и длинно-столбовых систем разработки (в пределах 10–30 %). Это вызвано тем, что при слоевой выемке лавами необходимо обеспечивать определенное состояние панельных выработок за счет оставления

широких целиков. Для эксплуатации одной панели проводят до 15 подготовительных выработок с оставлением междуштрековых целиков, суммарная ширина которых иногда превосходит ширину охранных целиков. Взаимовлияние работ в слоях также значительно снижает эффективность добычи калийных солей на III горизонте. Дополнительным негативным аспектом применения данной технологии является интенсивное развитие процессов трещинообразования в подработанных глинисто-соляных толщах, что, как известно, может стать критичным фактором при решении вопросов обеспечения региональной безопасности калийных рудников [6, 7].

Кроме того, длинностолбовые системы разработки утрачивают технико-экономические преимущества при отработке участков ограниченных размеров. Однако и камерные системы разработки на таких участках характеризуются рядом недостатков, среди которых высокие потери полезного ископаемого и одновременно относительно высокое разубоживание руды. Одним из основных способов повышения коэффициента извлечения руды из недр является сокращение размеров межпанельных и межштрековых целиков и числа подготовительных выработок [4, 8, 9]. Другое перспективное направление — селективная выемка пластов в камерной системе разработки.

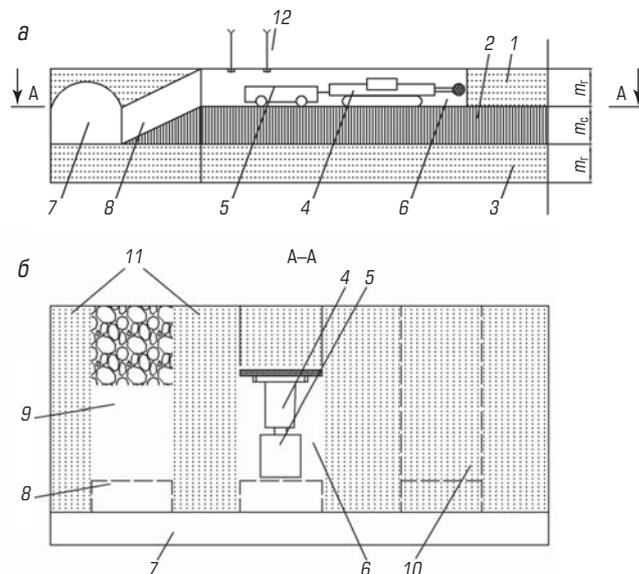
Селективная выемка в камерных системах разработки может обеспечить сопоставимые со столбовыми системами разработки экономические показатели. Экономический эффект достигается за счет оставления пустой породы (галита) в отработанных пространствах камер. Закладка также может сыграть положительную геомеханическую роль в обеспечении устойчивости междукамерных целиков [10].

Авторами разработано несколько схем селективной выемки мощных калийных пластов в камерной системе разработки с использованием высокопроизводительных комбайнов с исполнительным органом барабанного типа Continuous Miner, конструкция которых обеспечивает малые габариты по высоте, а значит, позволяет обрабатывать продуктивные слои небольшой мощности без присечки пустых пород.

В первом варианте (рис. 1) выемку запасов блока в камерах ведут добычным комбайном избирательного действия из заезда на всю длину камеры, начиная с верхнего слоя сильвинита, с одновременным креплением кровли анкерами. Нижележащий слой галита в зависимости от его мощности и коэффициента разрыхления используют в качестве закладочного материала, размещая его в незаложенные камеры [11, 12].

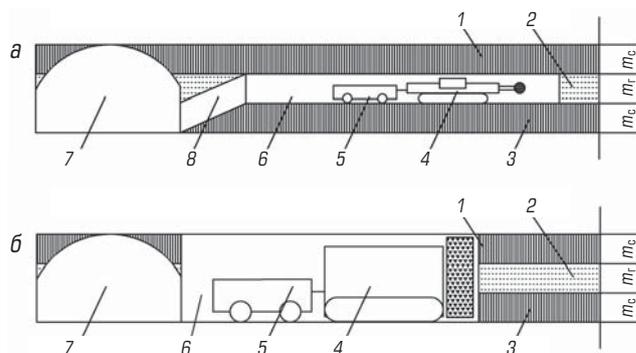
Во втором варианте (рис. 2) вначале добычным комбайном избирательного действия из заезда вынимают средний слой галита, а затем одновременно обрабатывают верхний и нижний слои сильвинита комбайном бурового типа. Галит, как и в первом варианте, используют в качестве закладочного материала с чередованием заложённых и незаложенных камер [13].

Таким образом, оба варианта представляют новые технологии селективной выемки калийных солей и прослоев галита с использованием самоходной техники, частичной или полной закладкой смежных выработанных камер галитом (пустая порода) и содержат обозначенный выше совокупный экономический и экологический эффект [1, 13].



**Рис. 1. Послойная селективная выемка мощного калийного пласта и прослоя галита с закладкой последнего в выработанные камеры:**

1 — верхний сильвинитовый слой; 2 — галитовый прослой; 3 — нижний сильвинитовый слой; 4 — добычной комбайн; 5 — транспортный вагон; 6 — обрабатываемая камера; 7 — подготовительная выработка; 8 — заезд; 9 — ранее отработанная заложённая камера; 10 — контуры следующей к отработке камеры; 11 — податливые междукамерные целики; 12 — анкерная крепь;  $m_c$  — мощность сильвинитового слоя;  $m_r$  — мощность галитовых прослоев



**Рис. 2. Последовательная селективная выемка прослоя галита (а) и мощного калийного пласта (б):**

1 — верхний сильвинитовый слой; 2 — галитовый прослой; 3 — нижний сильвинитовый слой; 4 — добычной комбайн избирательного или бурового типа; 5 — транспортный вагон; 6 — обрабатываемая камера; 7 — подготовительная выработка; 8 — заезд;  $m_c$  — мощность сильвинитового слоя;  $m_r$  — мощность галитового слоя

Следует особо подчеркнуть, что закладка выработанных камер галитом содержит также, по мнению авторов, реальный потенциал для научного обоснования возможности и способов сокращения размеров и числа опорных целиков, что позволит увеличить коэффициент извлечения запасов сильвинита из недр.

**Библиографический список**

1. Шемет С. Ф., Кологривко А. А. Снижение геоэкологических последствий при подземной разработке калийных месторождений // Горный журнал. 2015. № 5. С. 100–104.
2. Garrett D. E. Potash: deposits, processing, properties and uses. — Springer Science & Business Media, 2012. — 734 p.
3. Cocker M. D., Orris G. J. World Potash Developments // Proceedings of the 48th Annual Forum on the Geology of Industrial Minerals, 2012, Phoenix, Arizona, 2013. P. 1–16.
4. Головатый И. И., Шпакowskiй В. Н., Тараканов В. А., Прушак В. Я., Петровский Б. И. Технологические схемы разработки калийных пластов с частичной закладкой выработанного пространства с целью предотвращения динамических проявлений // Горный журнал. 2010. № 8. С. 43–46.
5. Зубов В. П., Смышник А. Д. Снижение рисков затопления калийных рудников при прорывах в горные выработки подземных вод // Записки Горного института. 2015. Т. 215. С. 29–37.
6. Дешковский В. Н., Данилова А. Ф., Новокшонов В. Н. Сдвигения массива горных пород в результате его подработки столбовой системой разработки в условиях Старобинского месторождения калийных солей // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. № 11. С. 80–86.
7. Новокшонов В. Н., Дешковский В. Н., Зольников Н. А., Данилова А. Ф. Изучение техногенной трещиноватости при разработке Старобинского месторождения

- калийных солей столбовой системой разработки // Горная механика и машиностроение. 2011. № 3. С. 29–36.
8. Minkley W., Mühlbauer J., Lüdeling C. Dimensioning Principles in Potash and Salt Mining to Achieve Stability and Integrity // 49th US Rock Mechanics : Geomechanics Symposium, 28 June — 1 July, San Francisco. — American Rock Mechanics Association, 2015. P. 24–42.
9. Applied salt-rock mechanics 1: the in-situ behavior of salt rocks/ Ed by C. A. Baar. — Elsevier, 2013. — 302 p.
10. Гилев М. В., Константинова С. А., Мараков В. Е., Чернопазов С. А. Закладка выработанного пространства при разработке сильвинитовых пластов как конструктивный элемент системы разработки // Маркшейдерский вестник. 2007. № 1. С. 33–40.
11. Патент 2310074 РФ. Способ разработки мощных калийных пластов / Ю. Г. Сиренко, С. Л. Блохин, М. Ю. Брычков, А. П. Господариков, М. А. Зацепин, К. Ю. Сиренко ; опубл. 10.11.2007, Бюл. № 31.
12. Патент 2254472 РФ. Способ разработки мощных калийных пластов / Ю. Г. Сиренко, С. Л. Блохин, Е. Р. Ковальский, И. В. Плескунов, Д. В. Уразов ; опубл. 20.04.2004, Бюл. № 17.
13. Сиренко Ю. Г., Протосеня А. Г., Брычков М. Ю., Плескунов И. В. Организация селективной выемки мощных калийных пластов при камерной системе разработки // Записки Горного института. Современные проблемы горной науки. 2007. Т. 172. С. 113–116. **ЖК**

«GORNYY ZHURNAL»/«MINING JOURNAL», 2016, № 1, pp. 24–26  
DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.01.05>

**Improvement of selective potash extraction using shortwall mining with partial backfill**

**Information about author**

**Yu. G. Sirenko**<sup>1</sup>, Assistant Professor, Candidate of Engineering Sciences, [sirenkoym@mail.ru](mailto:sirenkoym@mail.ru)

**E. R. Kovalsky**<sup>1</sup>, Assistant Professor, Candidate of Engineering Sciences

<sup>1</sup> National Mineral Resources University (Mining University), Saint-Petersburg, Russia

**Abstract**

Productive potash salt strata of Starobinskoe deposit are composed of alternate barren rocks and productive layers of comparatively small thickness. Belaruskali extracts sylvinit with long-pillar, room-and-pillar and hybrid mining systems.

The article shows the economical and environmental shortages of the listed systems and technologies at Starobinskoe potash salt deposit, due to considerable loss of minerals in support pillars and owing to ore dilution under joint output of sylvinit layers and halite partings (barren rock). The authors present the developed and patented technologies of selective extraction of ore from complex structure strata using broken halite for complete- or partial-mechanized backfilling. Mining is carried out with shortwall faces. Design and technology are exemplified for two variants of selective extraction and backfilling using self-propelled equipment. The proposed variants differ mainly in sequence of slicing in the rooms. As supplementary equipment, it is offered to use continuous miners allowing high production and having convenient height. Haulage and piling of broken halite partings of sylvinit layers is carried out by a self-propelled car to be emptied onto the floor of the neighbor worked-out rooms.

The article gives evaluation of overall economical and environmental effect of the variants presented by the authors for selective extraction of productive layers. It is emphasized that backfill using broken halite is interesting from the viewpoint of scientific substantiation of feasible reduction in the size and number of support pillars, which will increase sylvinit extraction factor.

**Keywords:** Starobinskoe deposit, potash salt strata, halite partings, loss in pillars, joint output, dilution, selective extraction technologies, backfilling, economical and environmental effect.

**References**

1. Shemet S. F., Kologrivko A. A. Snizhenie geoekologicheskikh posledstviy pri podzemnoy razrabotke kaliynyykh mestorozhdeniy (Mitigation of geoecological impact of underground potash mining). *Gornyy Zhurnal = Mining Journal*. 2015. No. 5. pp. 100–104.
2. Garrett D. E. Potash: deposits, processing, properties and uses. Springer Science & Business Media, 2012. 734 p.
3. Cocker M. D., Orris G. J. World Potash Developments. Proceedings of the 48th Annual Forum on the Geology of Industrial Minerals, 2012, Phoenix, Arizona, 2013. pp. 1–16.
4. Golovaty I. I., Shpakowskiy V. N., Tarakanov V. A., Prushak V. Ya., Petrovskiy B. I. Tekhnologicheskie skhemy razrabotki kaliynyykh plastov s chastichnoy zakladkoy

vyrobotannogo prostranstva s tselyu predotvrashcheniya dinamicheskikh proyavleniy (Technological schemes of potassium seam mining with partial goaf stowing for the purpose of dynamics display prevention). *Gornyy Zhurnal = Mining Journal*. 2010. No. 8. pp. 43–46.

5. Zubov V. P., Smychnik A. D. Snizhenie riskov zatopeniya kaliynyykh rudnikov pri proryakh v gornyye vyrabotki podzemnykh vod (Decrease of the risks of potassium mine flood during the underground water inrush into mine excavations). *Zapiski Gornogo instituta = Proceedings of the Mining Institute*. 2015. Vol. 215. pp. 29–37.
6. Deshkovskiy V. N., Danilova A. F., Novokshonov V. N. Sdvizheniya massiva gornyykh porod v rezultate ego podrabotki stolbovoy sistemoy razrabotki v usloviyakh Starobinskogo mestorozhdeniya kaliynyykh soley (Rock massif shift as a result of its block system undermining in the conditions of Starobinskoe potassium salt deposit). *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten = Mining informational-analytical bulletin*. 2012. No. 11. pp. 80–86.
7. Novokshonov V. N., Deshkovskiy V. N., Zolnikov N. A., Danilova A. F. Izuchenie tekhnogennoy treshchinovatosti pri razrabotke Starobinskogo mestorozhdeniya kaliynyykh soley stolbovoy sistemoy razrabotki (Investigation of anthropogenic fracturing during the mining of Starobinskoe potassium salt deposit using block system). *Gornaya mekhanika i mashinostroenie = Mining mechanical engineering and MACHINE-BUILDING*. 2011. No. 3. pp. 29–36.
8. Minkley W., Mühlbauer J., Lüdeling C. Dimensioning Principles in Potash and Salt Mining to Achieve Stability and Integrity. 49th US Rock Mechanics : Geomechanics Symposium, 28 June-1 July, San Francisco. American Rock Mechanics Association, 2015. pp. 24–42.
9. Applied salt-rock mechanics 1: the in-situ behavior of salt rocks. Edited by C. A. Baar. Elsevier, 2013. 302 p.
10. Gilev M. V., Konstantinova S. A., Marakov V. E., Chernopazov S. A. Zakladka vyrobotannogo prostranstva pri razrabotke silvinitovykh plastov kak konstruktivnyy element sistemoy razrabotki (Goaf stowing during sylvinit seam mining as a constructive element of mining system). *Marksheyderskiy vestnik = Mine Surveying Bulletin*. 2007. No. 1. pp. 33–40.
11. Sirenko Yu. G., Blokhin S. L., Brychkov M. Yu., Gospodarikov A. P., Zatsepina M. A., Sirenko K. Yu. *Sposob razrabotki moshchnyykh kaliynyykh plastov* (Method of mining of thick potassium seams). Patent RF, No. 2310074. Published: November 10, 2007. Bulletin No. 31.
12. Sirenko Yu. G., Blokhin S. L., Kovalskiy E. R., Pleskunov I. V., Urazov D. V. *Sposob razrabotki moshchnyykh kaliynyykh plastov* (Method of mining of thick potassium seams). Patent RF, No. 2254472. Published: April 20, 2004. Bulletin No. 17.
13. Sirenko Yu. G., Protosenya A. G., Brychkov M. Yu., Pleskunov I. V. Organizatsiya selektivnoy vyemki moshchnyykh kaliynyykh plastov pri kamernoy sisteme razrabotki (Organization of selective excavation of thick potassium seams during the chamber mining). *Zapiski Gornogo instituta. Sovremennyye problemy gornoy nauki = Proceedings of the Mining Institute. Modern problems of mining science*. 2007. Vol. 172. pp. 113–116.