

DOI: 10.26730/1999-4125-2018-4-93-98

УДК 622.272.6

## НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БЕСЦЕЛИКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ОТРАБОТКИ КАЛИЙНЫХ ПЛАСТОВ

### PRINCIPAL DIRECTIONS OF THE DEVELOPMENT OF MINING METHODS FOR POTASH SEAMS

Сокол Денис Геннадьевич,  
аспирант Санкт-Петербургского горного университета, e-mail: sokaldzianis@gmail.com  
Denis G. Sokol, PhD student of Saint Petersburg Mining University

Санкт-Петербургский горный университет, 199026, Россия, г. Санкт-Петербург,  
Средний проспект В.О., д. 82  
Saint Petersburg Mining University, Sredny Avenue of Vasilievsky Island 82,  
Saint Petersburg, 199026, Russia.

**Аннотация:** В данной статье приведены основные направления развития производства на Старобинском месторождении калийных солей и перечислены факторы, способствующие возможному формированию причин появления водопроводящих трещин в водозащитной породной толще между подземными горными выработками рудника и водоносными горизонтами. Показано отсутствие факторов, сдерживающих широкое внедрение технологических схем разработки с применением селективной выемки. Описаны основные недостатки существующей технологической схемы бесцеликовой селективной выемки Третьего калийного пласта с повторным использованием двух выемочных штреков смежной лавы. Предложена перспективная технологическая схема бесцеликовой селективной выемки слоёв 2, 2-3, 3 Третьего калийного пласта с закладкой разрушенной породы в выработанное пространство; согласно которой подготовка выемочного столба осуществляется двумя штреками (транспортным и конвейерным) с использованием вспомогательных выработок, при этом транспортный штрек проходится со стороны массива с оставлением временного охранного целика, который позднее вынимается очистным комбайном смежной лавы. Эта технологическая схема предусматривает повторное использование транспортного штрека смежного столба в качестве вентиляционного (закладочного), а также закладку вспомогательных выработок, соединяющих транспортный и конвейерный штреки, пустой породой.

**Ключевые слова:** калийные месторождения, рудники, системы разработки, снижение рисков затопления.

**Abstract:** The article shows main directions of the development of the mining industry at the Starobinskoe potassium deposit and the factors which promote the possible causes of the propagation of water-conducting fractures in the waterproof rock strata between the underground mining workings and waterbearing stratum. It shows the absence of factors constraining the large-scale implementation of technological schemes with selective mining. It describes the main drawbacks of the current technological scheme with pillarless selective mining of the Third potash seam which involves reuse of two workings of adjacent longwall. A future-proof technological scheme with pillarless selective mining for layers 2, 2-3, 3 of the Third potash seam with the goave packing has been proposed; whereby the preliminary development is carried out by haulage and belt roadways through the use of service roadway, while the haulage roadway is passed from the side of the rock mass, leaving a temporary protective pillar, which is later extracted by a shearer of adjacent longwall. This technological scheme implies the reuse of the haulage roadway of the adjacent longwall as an air or stowage working; it also implies goave packing of service roadways.

**Key words:** potash deposits, underground mines, mining method, risk reduction of potash mines flooding.

Калийные соли считаются важнейшим минеральным сырьём Республики Беларусь. Открытое акционерное общество «Беларуськалий» является

государственным предприятием и функционирует на базе Старобинского месторождения, которое составляет основу сырьевой базы калийной



Рис. 1. Темпы роста объемов производства в ОАО «Беларуськалий»

промышленности страны. В настоящее время производство ОАО «Беларуськалий» представлено шестью рудниками и четырьмя обогатительными фабриками.

В последнее время отмечается рост цен на калийные удобрения, что в свою очередь оказывает благоприятные условия для наращивания производственных мощностей. Так за последние пять лет объем производства в ОАО «Беларуськалий» вырос более чем на 50% и продолжает расти (рис. 1).

На сегодняшний день столь динамичный рост объемов производства стал основной причиной увеличения интенсивности отработки запасов руды на Старобинском месторождении, что в свою очередь определило политику ОАО «Беларуськалий», ориентированную на максимально рациональное использование ресурсов, основными направлениями которой стали:

- широкое внедрение системы разработки длинными столбами;
- применение технологических схем с минимально допустимыми размерами междустолбовых целиков или бесцеликовых схем;
- увеличение длины забоев лав;
- вовлечение в отработку запасов I и IV калийных горизонтов;
- вовлечение в эксплуатацию списанных запасов полезного ископаемого.

Однако следует отметить, что крайне высокая интенсивность ведения очистных работ, повсеместное применение систем разработки длинными столбами с полным обрушением пород кровли, уменьшение размеров междустолбовых целиков, погоризонтная схема подготовки шахтного поля и существенная длительность сроков эксплуатации рудников являются факторами, способствующими развитию причин появления водопроводящих трещин в водозащитной породной толще между подземными горными выработками рудника и водонесными горизонтами. Опыт отработки соляных

месторождений показывает, что всего в мире было затоплено порядка 90 шахт. Затопления подземных горных выработок привели к прекращению работ на каждом четвертом калийном руднике. Таким образом при развитии основных направлений, связанных с рациональным использованием ресурсов, следует помнить о необходимости снижения рисков затопления рудников.

Широко известно, что к числу основных условий, оказывающих влияние на выбор системы разработки калийного месторождения, относится недопустимость прорывов подземных вод в горные выработки рудника. Именно поэтому во всем мире на калийных месторождениях применяют в основном камерную систему разработки. В первые годы эксплуатации на Старобинском месторождении применялась исключительно камерная система разработки. Активное внедрение систем разработки длинными столбами с полным обрушением кровли началось с начала 70-х годов. В настоящее время камерная система применяется ограниченно, только при отработке краевых зон и на участках с ограниченными размерами [1].

Следует отметить, что в пределах Старобинского месторождения калийных солей ведется многогоризонтная выемка, так, например, горные работы, проводимые на IV горизонте, оказывают влияние на напряженно-деформированное состояние ответственных элементов массивов I, II и III калийных горизонтов, что в свою очередь оказывает влияние и на целостность водозащитной породной толщи. Принимая во внимание широкий диапазон временных и пространственных условий формирования напряженно-деформированного состояния массива, можно говорить о необходимости учета влияния данных условий на параметры технологических схем [2].



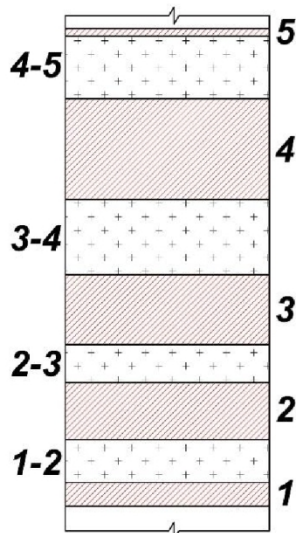


Рис. 2. Третий калийный пласт Старобинского месторождения: 1, 2, 3, 4, 5 – сильвинитовые слои Третьего калийного пласта; 1-2, 2-3, 3-4, 4-5 – прослои каменной соли.

Анализ и обобщение результатов ранее проведенных исследований в области разработки месторождений калийных солей показывают, что современный уровень развития горного производства характеризуется большим количеством изобретений. Но следует отметить, что большинство выполненных в этой области исследований решают только локальные задачи по увеличению объемов производства, расширению сырьевой базы и рациональному использованию ресурсов, однако не затрагивают комплексно вопросы прогнозирования возможных катастрофических аварий, связанных с прорывами в горные выработки подземных вод (рассолов) в следствие подработки породных толщ лавами на Старобинском месторождении калийных солей. Актуальность постановки данной проблемы обусловлена тем, что при современном техническом уровне средств борьбы с прорывами подземных вод в подземные горные выработки подобные аварии в большинстве случаев неизбежно приводят к затоплению рудников, существенным экономическим ущербам, а также негативным экологическим последствиям [3].

Третий калийный пласт является основным промышленным пластом Старобинского месторождения и распространён по всей его площади. В разрезе пласта, состоящего из чередующихся прослоев сильвинита и каменной соли, выделяют шесть сильвинитовых слоёв, из которых промышленное значение имеют только слои 2, 3 и 4 (рис. 2). Суммарная мощность слоёв со второго по четвёртый включительно составляет порядка 4-4,8 метра, при этом среднее содержание КСI находится в пределах 21-24 %.

В ОАО «Беларуськалий» наибольшее распространение получила система разработки длинными

столбами с валовой выемкой руды. Основной системой разработки для Третьего калийного пласта стала система разработки длинными столбами со слоевой выемкой руды, при этом каждый из двух технологических слоёв обрабатывается отдельными лавами в нисходящем порядке, в начале 4 сильвинитовый слой, а затем - слои 2, 2-3 и 3 [4]. Однако современный уровень технического развития в горной отрасли уже не является сдерживающим фактором при выборе технологических схем разработки с применением селективной выемки. Так по итогам работы за март 2018 года на Краснослободском руднике второго рудоуправления селективной лавой №8-Н (Третий калийный пласт по слоям 2, 2-3, 3, вынимаемая мощность лавы – 2.05 метра, длина забоя лавы – 250 метров) было отбито 125 тысяч тонн руды, из которых 100 тысяч тонн было выдано на-гора. Другой причиной, сдерживающей широкое применение селективной выемки полезного ископаемого, принято считать дополнительные эксплуатационные затраты, связанные с закладкой выработанного пространства. Однако следует отметить, что эти затраты позволяют не только увеличить процентное содержание КСI в рудной массе и, соответственно, снизить стоимость её обогащения, но также исключить вероятность прорывов подземных вод в соляной рудник и избежать связанных с этим негативных экономических последствий.

Так, например, известна технологическая схема бесцеликовой селективной выемки с повторным использованием двух выемочных штреков смежной лавы (рис. 3) [5]. По данной технологической схеме селективной выемки могут обрабатываться слои 2, 2-3, 3 Третьего калийного пласта с закладкой разрушенной породы в выработанное пространство. Подготовка выемочного столба осуществляется группой штреков 1, 2 и 3. При этом вентиляционный штрек 3 лавы проводится в центральной части столба на расстоянии от границы выработанного пространства не менее ширины зоны бокового опорного давления с использованием вспомогательных выработок 4. Транспортный штрек 1 проходится со стороны массива с оставлением временного охранного целика, который позднее вынимается очистным комбайном смежной лавы. Данная технологическая схема предусматривает повторное использование транспортного штрека 1' смежного столба в качестве закладочного и повторное использование конвейерного штрека 2' только для проветривания лавы.

Основным недостатком описанной схемы является отсутствие возможности обеспечить безопасное состояние повторно используемого штрека 2', который является воздухоподающим. Также технология возведения породной полосы с сохранением штрека 2' требует дополнительной установки на крайней секции крепи сопряжения отбойного щита. Следует отметить, что в случае обрушения данного штрека схема вентиляции ла-

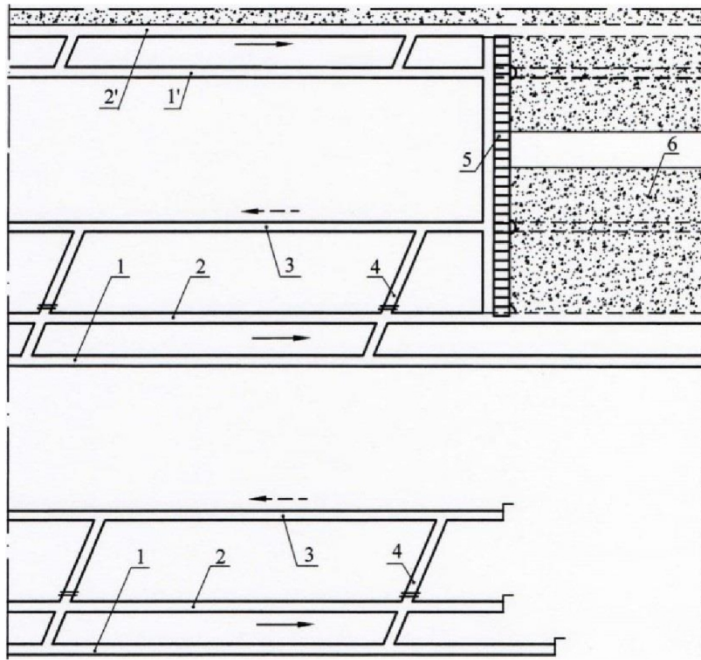


Рис. 3. Технологическая схема бесцеликовой селективной выемки с повторным использованием двух выемочных штреков смежной лавы: 1 – панельный транспортный штрек; 1', 2, 3 – транспортный (повторно используемый), конвейерный и вентиляционный штреки лавы; 4 – вспомогательные выработки; 5 – забойная крепь; 6 – породные полосы.

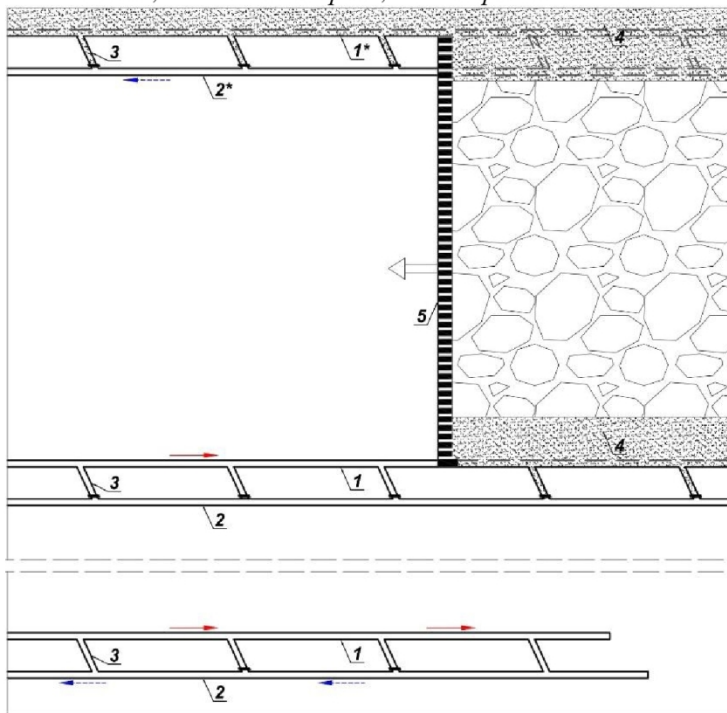


Рис. 4. Предлагаемая технологическая схема бесцеликовой селективной выемки пластов с повторным использованием транспортного штрека смежной лавы: 1 – конвейерный штрек; 2 – транспортный штрек; 3 – вспомогательные выработки; 1\* – заскладированный конвейерный штрек; 2\* – вентиляционный штрек лавы (повторно используемый); 4 – породные полосы; 5 – забойная крепь.

вы будет нарушена без возможности её оперативного восстановления, поскольку нахождение людей или размещение оборудования в данной выработке недопустимы. Кроме того, данная технологическая схема предполагает присутствие вспомогательных выработок 4 и технологических сбоек между штреками 1' и 2', которые необходимы для осуществления вентиляции в период подготовки и отработки столба, однако вызывают существенные сложности при переходе данных выработок лавой. К недостаткам этой технологической схемы можно также отнести невозможность отработки следующего столба с некоторым перерывом во времени, это связано со сложностью длительного поддержания штрека 2' в функционирующем состоянии. Необходимо добавить, что возведение в выработанном пространстве породных полос в полном объёме и в соответствии с описанием данной технологической схемы (при условии отработки слоёв 2, 2-3 и 3) не представляется возможным, поскольку фактически извлекаемый объём закладочного материала из слоя 2-3 составляет не более 20-30% от выработанного пространства.

Технологическая схема, предлагаемая автором (рис. 4), свободна от недостатков рассмотренной выше схемы. По данной технологической схеме селективной выемки могут обрабатываться слои 2, 2-3, 3 Третьего калийного пласта с закладкой разрушенной породы в выработанное пространство. Подготовка выемочного столба осуществляется штреками 1 и 2 с использованием вспомогательных выработок 3. Транспортный штрек 2 проходится со стороны массива с оставлением временного охранного целика, который позднее вынимается очистным комбайном смежной лавы. Данная технологическая схема предусматривает повторное использование транспортного штрека 2\* смежного столба в качестве вентиляционного (закладочного) и закладку вспомогательных выработок 3 пустой породой.

Данная технологическая схема



в сравнении с применяемой позволяет сократить удельную протяжённость подготовительных выработок на 26%, а также сократить затраты на поддержание выемочных штреков лавы более, чем на 40%.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zubov V.P. Применяемые технологии и актуальные проблемы ресурсосбережения при подземной разработке пластовых месторождений полезных ископаемых // Горный журнал. - 2018. - №6.
2. Ковалёв О.В. Горно-геомеханическое обоснование эффективной отработки взаимовлияющих горизонтов на калийные месторождения / О.В. Ковалёв, С.П. Мозер, И.Ю. Тхориков // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2013. - С. 33-39.
3. Zubov V.P. Снижение рисков затопления калийных рудников при прорывах в горные выработки подземных вод / В.П. Zubov, А.Д. Смышчник // Записки горного института. - 2015. - Т.215. - С. 29-37.
4. Zubov V.P. Концепция отработки Третьего калийного пласта на рудниках РУП ПО «Беларуськалий» / В.П. Zubov, А.Д. Смышчник, В.М. Кириенко // Горная механика и машиностроение. Научно-технический журнал. - 2006. - №5. - С. 29-33.
5. Инструкция по применению систем разработки на Старобинском месторождении / исп. Б.И. Петровский, В.А. Мисников, А.В. Шаманин, А.Б. Петровский, А.Н. Санникович. - Солигорск, 2018. - 146 с.
6. Барях А.А. Физико-механические свойства соляных пород Верхнекамского калийного месторождения / А.А.Барях, В.А.Асанов, И.Л.Паньков. - Пермь: Изд-во Пермского гос. технического ун-та, 2008. - 199 с.
7. Лаптев Б.В. Аварийные ситуации на Верхнекамском месторождении калийно-магниевых солей // Безопасность труда в промышленности, 2009. - № 8. - С.28-31.
8. Правила по защите рудников от затопления в условиях Старобинского месторождения калийных солей / ОАО «Белгорхимпром». - Минск, 2006. - 97 с.
9. Указания по защите рудников от затопления и охране подрабатываемых объектов в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей (технологический регламент) / ВНИИГ. СПб. - 2008. - 95 с.
10. Cocker M.D. World Potash Developments / M.D.Cocker, G.J.Orris // Proceedings of the 48th Annual Forum on the Geology of Industrial Minerals, 2012, Phoenix, Arizona, 2013. - P.1-16.
11. Whyatt J. Catastrophic Failures of Underground Evaporite Mines / J.Whyatt, F.Varley // Proceedings of the 27th International Conference on Ground Control in Mining, 2008, Morgantown, West Virginia. - 2008. - P.113-122.
12. Prushak V. Ya. Technological schemes of potash seams pillarless mining under difficult geological and mining condition / V. Ya. Prushak, V.Ya. Scherba // Annual of the university of mining and geology "St. Ivan Rilski", Vol. 55, Part II, Mining and Mineral processing. - 2012. - P.10-15.
13. Калугин П.А. Технологическое обеспечение эффективной отработки соляных пластов с трудноуправляемыми породами кровли: Автореф. дис. ... канд. тех. наук / СПГТИ. СПб, 2001.
14. Смышчник А.Д. Технологические схемы рудников ПО «Беларуськалий»: состояние, проблемы, перспективы совершенствования / А.Д.Смышчник, В.П.Зубов, В.М.Кириенко, П.А.Калугин // Горный журнал. 2003. № 7.
15. Ковалёв О.В. Разработка технологических схем селективной выемки калийных пластов сложного строения в условиях Старобинского месторождения / О.В. Ковалёв, Е.Р. Ковальский, Ю.Г. Сиренко, И.Ю. Тхориков // Записки горного института. - 2011. - Т.190. - С. 16-21.

## REFERENCES

1. Zubov V.P. Primenyayemye tekhnologii i aktual'nye problemy resursosbe-rezheniya pri podzemnoj razrabotke plastovyh mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh [Applied technologies and current problems of resource-saving in underground mining of stratified deposits]. Gornyj zhurnal [Mining journal]. 2018. No. 6. P. 77-82.
2. Kovalyov O.V., Mozer S.P., Thorikov I.YU. Gorno-geomekhanicheskoe obosnovanie ehffektivnoj otrabotki vzaimovliyayushchih gorizontov na kalijnye mestorozhdeniya [Geomechanical substantiation of effective mining of mutually influencing levels of potash deposits]. Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' [MINING INFORMATIONAL AND ANALYTICAL BULLETIN]. 2013. P. 33-39.
3. Zubov V.P., Smychnik A.D. The concept of reducing the risks of potash mines flooding caused by groundwater inrush into excavations // Journal of Mining Institute. 2015. Vol. 215. P. 29-37.
4. Zubov V.P., Smychnik A.D., Kirienko V.M. Konceptsiya otrabotki Tret'ego kalijnogo plasta na rudnikah RUP PO «Belarus'kaliy» [The concept of extraction of the Third Potash seam at the mines of the Republican

Unitary Enterprise "Belaruskali"]. *Gornaya mehanika i mashinostroenie. Nauchno-tekhnicheskij zhurnal*. [Mining mechanics and engineering. Scientific and technical journal]. 2006. No. 5. P. 29-33.

5. Instrukciya po primeneniyu sistem razrabotki na Starobinskom mesto-rozhdenii [Instruction for the application of development systems at the Starobinsky deposit]. Exor Petrovskij B.I., Misnikov V.A., Shamanin A.V., Petrovskij A.B., Sanikovich A.N. Soligorsk. 2018. 146 P.

6. Barjah A.A., Asanov V.A., Pan'kov I.L. Fiziko-mehaniicheskie svoystva soljanyh porod Verhnekamskogo kalijnogo mestorozhdenija [Physical and mechanical conditions of the Verkhnekamskoye potassium deposit]. Perm, Publishing house of Perm State Technical University, 2008. 199 P.

7. Laptev V.B. Avarijnye situacii na Verhnekamskom mestorozhdenii kalijno-magnievyyh solej [Emergency situations at the Verkhnekamskoye Deposit Potash Mines]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti* [Occupational Safety in Industry]. 2009. No. 8. P. 28.

8. Pravila po zashhite rudnikov ot zatopenija v usloviyah Starobinskogo mestorozhdenija kalijnyh solej [Rules for Starobinskoye potassium deposit flooding protection]. JSC «Belgorhimprom», Minsk, 2006. 97 P.

9. Ukazaniya po zashhite rudnikov ot zatopenija i ohrane podrabatyvaemyh ob'ektov v usloviyah Verhnekamskogo mestorozhdenija kalijnyh solej (tehnologicheskij reglament) [Instructions for the Verkhnekamskoye potassium deposit flooding protection and undermined objects security (Process operating procedures)]. VNIIG, St Petersburg, 2008. 95 P.

10. Cocker M.D., Orris G.J. *World Potash Developments // Proceedings of the 48th Annual Forum on the Geology of Industrial Minerals*, Phoenix, Arizona, 2013. P. 1-16.

11. Whyatt J., Varley F. *Catastrophic Failures of Underground Evaporite Mines // Proceedings of the 27th International Conference on Ground Control in Mining*, Morgantown, West Virginia, 2008. P. 113-122.

12. Prushak V. Ya., Scherba V. Ya. Technological schemes of potash seams pillarless mining under difficult geological and mining condition // *Annual of the university of mining and geology "St. Ivan Rilski"*, Vol. 55, Part II, Mining and Mineral processing, 2012. P. 10-15.

13. Kalugin P.A. Tekhnologicheskoe obespechenie ehffektivnoj otrabotki solyanyh plastov s trudnoupravly-aemymi porodami krovli: Avtoref. dis. ... kand. tekh. nauk [Technological provision for the effective mining of salt formations with hard-to-manage roofs: extended abstract of Cand. Sci. (Eng.)]. SPGGI, St Petersburg, 2001.

14. Smychnik A.D. Tekhnologicheskie skhemy rudnikov PO «Belarus'kalij»: sostoyanie, problemy, perspektivy sovershenstvovaniya [Technological schemes of the mines of Belaruskali: state, problems, and prospects for improvement]. *Gornyj zhurnal* [Mining journal]. 2003. No. 7.

15. Kovalyov O.V., Koval'skij E.R., Sirenko YU.G., Thorikov I.YU. Razrabotka tekhnologicheskikh skhem selektivnoj vyemki kalijnyh plastov slozhnogo stroeniya v usloviyah Starobinskogo mestorozhdeniya [Development of technological schemes of the selective extraction of the complex potash seams under conditions of the starobin deposit]. *Zapiski gornogo instituta* [Journal of Mining Institute]. 2011. Vol. 190. P. 16-21.

Поступило в редакцию 21.09.2018

Received 21 September 2018