

7. Sorokin V. A., Petrovsky B. I., Bubliss A. F., Kalinichenko P. I. Mine testing data on two-slice mining of seam II at the Starobinsk deposit. *Gornyi Zhurnal*. 1985. No. 12. pp. 10–13.
8. Bubliss A. F., Volkov B. A., Sorokin V. A., Petrovsky B. I. Practice of two-slice mining of a thick complex-structure seam. *Potash Mining Technology and Safety: Inter-University Collection of Scientific Papers*. Perm, 1985. pp. 17–22.
9. Sorokin V. A., Petrovsky B. I., Nikolaev Yu. N. et al. Seam III Slice Mining at the Starobinsk Deposit. Leningrad: VNIIG, 1986. pp. 4–14.
10. Petrovsky B. I., Bubliss A. F., Sorokin V. A. Improvement of longwall preparation for slice mining of seam III. *Improvement of Potash Mining: Inter-University Collection of Scientific Papers*. Perm, 1987. pp. 6–11.
11. Kirienko V. M., Tarakanov V. A., Zheleznyak V. M., Sherba V. Y., Shamanin A. V. New technology of the seam mining of the Third potash level stratum. *Gornyi Zhurnal*. 2010. No. 8. pp. 34–36.
12. Bessarabov A. V. Testing of split-design room KSO-2 for selective sylvinite extraction by the “room–longwall” system with artificial pillars. *Improvement of Longwalling Technology and Mechanization at Belaruskali: Collection of Scientific Papers*. Leningrad, 1972. pp. 126–130.
13. Permyakov R. S., Sorokin V. A., Petrovsky B. I. Testing results of pilot mining equipment KDS for selective potash extraction. *Gornyi Zhurnal*. 1978. No. 1. pp. 13–15.
14. Kirienko V. M., Pleskunov V. N., Chuzhov V. N. Experience of selective extraction of potash seams at the Starobinsk deposit. *Gornyi Zhurnal*. 2003. No. 7. pp. C. 50–52.
15. Gubanov V. A., Volkov B. A., Polyakov A. L. et al. Analysis of effect of dynamic phenomena in the main roof on face zone in lower-lying longwalls in slice mining of potash seam III. *Gornaya mekhanika*. 1999. No. 2. pp. 12–16.
16. Petrovsky B. I. Improvement of longwall safety and efficiency on potash seam III. *Promyshlennaya bezopasnost*. 2006. No. 10. pp. 18–20.

УДК 622.363.2.023:624.131.527

ТЕХНОЛОГИЯ ВЫЕМКИ ОСТАВЛЕННЫХ И ПОДРАБОТАННЫХ ЗАПАСОВ ПО IV СИЛЬВИНИТОВОМУ СЛОЮ НА РУДНИКЕ ТРЕТЬЕГО РУДОУПРАВЛЕНИЯ ОАО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ»



А. Б. ПЕТРОВСКИЙ,
заместитель
главного инженера
по горным работам



И. И. ГОЛОВАТЫЙ,
генеральный
директор

ОАО «Беларуськалий», Солигорск, Беларусь



В. А. ГУБАНОВ,
главный научный
сотрудник,
д-р техн. наук



А. Л. ПОЛЯКОВ,
директор,
канд. техн. наук,
sigd@list.ru

Унитарное предприятие «Институт горного дела», Солигорск, Беларусь

Введение

На Старобинском месторождении калийных солей, при отработке Третьего калийного пласта используется технология слоевой выемки, которая предусматривает первоначальную отработку лавой IV сильвинитового слоя (верхняя лава), а затем отработку II и III сильвинитовых слоев. Нижние сильвинитовые слои (II, III) извлекаются либо лавой (валово или селективно), либо по камерной системе с плавным опусканием кровли на податливых (разрушаемых) междуходовых целиках. На некоторых рудниках, особенно в первые годы внедрения слоевой выемки Третьего калийного пласта, из-за отсутствия соответствующей техники, мер охраны и поддержания подготовительных выработок, а также

Приводятся результаты испытания и внедрения новой технологии слоевой выемки оставленных и подработанных запасов, обоснованной исследованиями и промышленными экспериментами по охране и поддержанию выработок.

Ключевые слова: анкерная крепь, подготовительные выработки, слоевая выемка, проведение и поддержание выработок, подработка, надрработка, забойное оборудование, монтажный штрек.

DOI: 10.17580/gzh.2018.08.09

ограничений на вынимаемую мощность по водозащитному фактору, этот порядок был нарушен. В частности, в первую очередь были отработаны нижние слои, а IV сильвинитовый слой был подработан и временно законсервирован. При этом запасы кондиционной руды в этом слое составили более 20 млн т на руднике Третьего рудоуправления (РУ) и 80–100 млн т на руднике Четвертого РУ. В связи с этим возобновление выемки оставленных запасов является весьма актуальной задачей в производственной деятельности ОАО «Беларуськалий» в плане сохранения достигнутых показателей в добыче и переработке руды, а также продления срока службы рудников и рационального использования недр. Один из возможных способов выемки подработанного IV сильвинитового слоя впервые был изложен в работе [1]. Однако данное предложение было далеко от практического использования, так как не давало ответа на многие вопросы, а именно:

- через какой промежуток времени после завершения очистных работ в лавах по нижним слоям можно проводить подготовительные выработки по нарушенным породам в IV сильвинитовом слое;

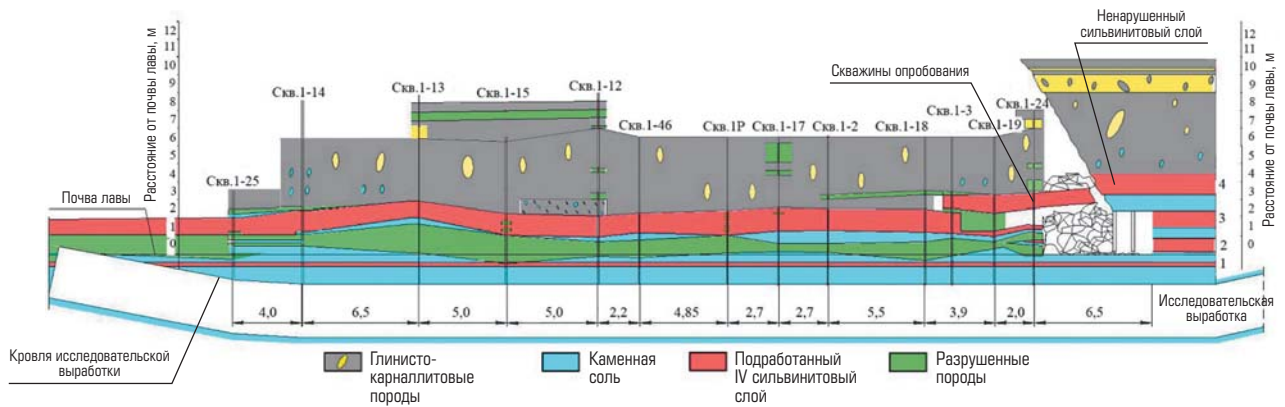


Рис. 1. Характер опускания (обрушения) пород непосредственной кровли вдоль выемочного столба лавы № 5 после выемки II, II-III и III слоев на 3-й северо-восточной панели гор. –620 м рудника Третьего РУ

- как охранять и поддерживать подготовительные выработки для выемки верхнего слоя и, главным образом, где располагать выработки с учетом наличия нагруженных междустолбовых целиков шириной от 50 до 200 м, которые были использованы для охраны подготовительных выработок при выемке нижних слоев;
- какое забойное оборудование использовать при выемке подработанного и деформированного IV сильвинитового слоя;
- где располагать, как проводить и как охранять (крепить) монтажный штрек лавы с учетом обрушенных пород после выемки нижних слоев.

Опыт отработки IV сильвинитового слоя, после его подработки лавой по II и III слоям на месторождении нет, а, учитывая малую мощность межслоевой пачки между верхней и нижними лавами (0,9–1,1 м), такого опыта нет и в мировой практике отработки угольных и соляных месторождений. Поэтому первые шахтные исследования были направлены в первую очередь на оценку возможности проведения и последующего поддержания подготовительных выработок. При выборе методики работ была учтена практика геомеханических исследований в разных странах [2–11].

Исследовательская часть проекта

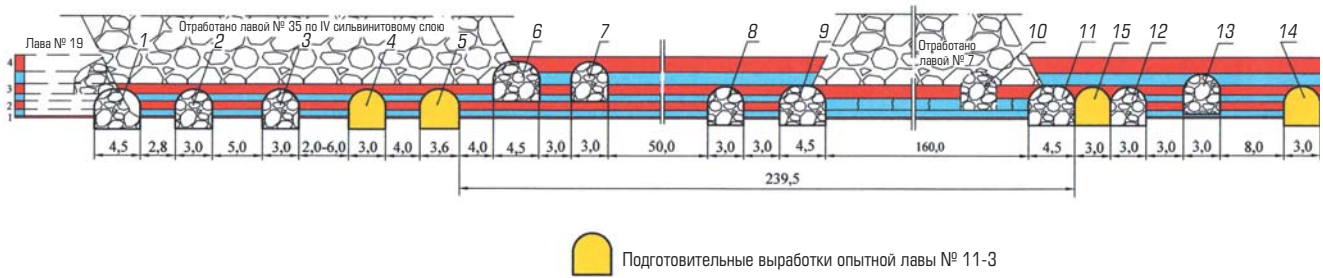
При принятии решения о выемке подработанного IV сильвинитового слоя необходимо было оценить:

- характер обрушения вышележащих глинисто-карналлитовых пород, а также характер обрушения (опускания) самого IV слоя и III-IV межслоевой каменной соли (почва будущей лавы) как по длине лавы, так и по длине выемочного столба;
- наличие и содержание метана в обрушенных породах и, как следствие, возможность его попадания в призабойное пространство;
- характер изменения прочностных свойств глинисто-соляных пород в подработанном пространстве в сравнении с данными, полученными в массиве.

Для получения ответов на поставленные вопросы был выполнен комплекс исследовательских работ в различных горно-

геологических и горнотехнических условиях гор. –620 м рудника Третьего РУ.

Начало этим работам было положено в феврале 2011 г., когда в условиях 3-й северо-восточной панели, отработанной девять-двенадцать лет назад лавой № 5 по II, II-III, III слоям, был выполнен **первый этап** исследований. В ходе работ на этом этапе было пройдено около 600 м исследовательских выработок, при этом были решены следующие задачи: во-первых, установлена принципиальная возможность проведения горных выработок в надработанном лавой массиве (с оставлением потолочины мощностью 1,7–2,7 м до обрушенных пород); во-вторых, выполнена оценка обрушенности пород после выемки нижних слоев в выработанном пространстве лавы путем отбора керна при бурении 61 разведочной восстающей скважины на высоту 8–12 м; в-третьих, предпринята попытка проведения выработки по отработанному пространству вплоть до вскрытия обрушенных III-IV и IV слоев кровли. Отобранный керн служил для построения геологического разреза по обрушенным в выработанном пространстве породам (**рис. 1**), а также изготовления образцов и последующей оценки предела прочности пород на одноосное сжатие. По пробуренным скважинам оценивалось также наличие и процентное содержание метана в выработанном пространстве с помощью газоанализатора ШИ-11 и специального зонда, который позволял выполнять измерения на высоте до 10 м от устья скважин. Отдельно следует отметить, что попытки вскрыть забоем исследовательской выработки межслоевую каменную соль III-IV и IV сильвинитовый слой спустя 9–12 лет после их подработки нижней лавой оказались неудачными, так как нарушенные породы вываливались в призабойное пространство проходческого комбайна ПК-8 и создавали определенные трудности для поддержания вскрывающей выработки, а значит, и разработки технологии выемки оставленных запасов минерального сырья. Таким образом, было установлено, что отработка запасов в подработанном IV сильвинитовом слое на данном участке шахтного поля возможна только с применением рамного крепления подготовительных выработок, например податливой арочной металлической крепью из СВП, что в настоящее время экономически нецелесообразно.



Подготовительные выработки опытной лавы № 11-3

Рис. 2. Схема проведения подготовительных выработок (в разрезе очистного столба) на 22–24-й западных панелях гор. –620 м рудника Третьего РУ:

1 – конвейерный штрек № 19; 2 – панельный конвейерный штрек; 3 – 24-й западный панельный штрек; 4 – транспортный штрек опытной лавы № 11-3; 5 – конвейерный штрек опытной лавы № 11-3; 6 – конвейерный штрек лавы № 35; 7 – разгружающая выработка лавы № 35; 8 – разгружающая выработка лавы № 7; 9 – транспортный штрек лавы № 7; 10, 13 – разгружающие выработки; 11 – конвейерный штрек лавы № 7; 12 – панельный конвейерный штрек; 14 – панельный вентиляционный штрек; 15 – вентиляционный штрек опытной лавы № 11-3

Второй этап работ с аналогичными исследованиями был продолжен на этом же горизонте рудника Третьего РУ в горно-геологических и горнотехнических условиях 22–24-й западных панелей, где IV сильвинитовый слой был подработан нижней лавой № 7 по II, II-III и III слоям; при этом после окончания очистных работ прошло 25–30 лет.

На данном этапе исследований было пройдено более 650 м исследовательских выработок, в кровлю которых пробурено 45 скважин с отбором керна на высоту 8–15 м. В отличие от первого этапа исследований, на данном участке шахтного поля выработки шириной 3–4,5 м были проведены не только в подработанном лавой массиве, но и в междустолбовом целике от лав № 7 и 35 с целиком шириной 2,8 м между бортовыми штреками отработанной по IV сильвинитовому слою лавы № 35. Кроме того, на двух участках исследовательских выработок впервые на месторождении было выполнено вскрытие выработанного пространства лавы № 7, кровля вскрывающих выработок при этом была привязана к наиболее устойчивым слоям обрушенного IV сильвинитового слоя. Все выработки демонстрировали хорошую устойчивость, поэтому в них были организованы и проведены продолжительные во времени геомеханические наблюдения за характером деформирования породного контура, что в конечном итоге позволило выявить зоны в породном массиве, наиболее перспективные для заложения в них подготовительных выработок и последующей организации очистной выемки оставленных запасов.

На основании указанных двух этапов исследований, результаты которых отражены в статье [12], были сделаны следующие выводы:

- III-IV и IV слои каменной соли, а также глинисто-соляные породы выше этих слоев, спустя 9–12 лет после их подработки, находятся в разуплотненном состоянии; проведение подготовительных выработок по таким породам требует использования рамной крепи, например арочной металлической податливой из СВП;

- междустолбовые целики шириной 45–50 м, даже через 30–35 лет после завершения очистных работ в смежных лавах, испытывают повышенные нагрузки, максимум которых располагается в центре целика [13]; проведение подготовительных выработок в этих целиках возможно на расстоянии не более 6 м от бортовых штреков ранее отработанных лав, где еще сохраняется зона пониженных нагрузок;

- под отработанным пространством лав, на расстоянии 20–35 м от их бортовых штреков, существует зона пониженных нагрузок (зона разгрузки), которая сохраняется даже после завершения очистных работ в лавах через 35 лет;

- подработанные породы (через 25–30 и более лет) находятся в весьма уплотненном состоянии, и в них можно проводить подготовительные выработки с креплением (при необходимости) анкерной крепью без применения дополнительных мер охраны.

Разработка технологии очистной выемки оставленных запасов

Все вышеизложенное послужило основанием для разработки специалистами ОАО «Беларуськалий» и сотрудниками Унитарного предприятия «Институт горного дела» технологии выемки оставленных запасов по IV сильвинитовому слою и междустолбовому целику в опытной лаве № 11-3 западной панели 22а гор. –620 м рудника Третьего РУ [14], упрощенная схема которой приведена на рис. 2. Подготовка выемочного столба и последующая очистная выемка заключались в выполнении работ в нижеследующей последовательности.

1. Проведение транспортного и конвейерного штреков лавы в зоне разгрузки под ранее отработанной лавой № 35 с шириной междуходового целика 3–4 м. На первых 600 м от выработок Главного южного направления для охраны выработок применялись компенсационные щели в кровле транспортного штрека и в боку со стороны транспортного штрека в конвейерном штреке лавы, а дальше (вплоть до монтажного штрека) меры охраны не

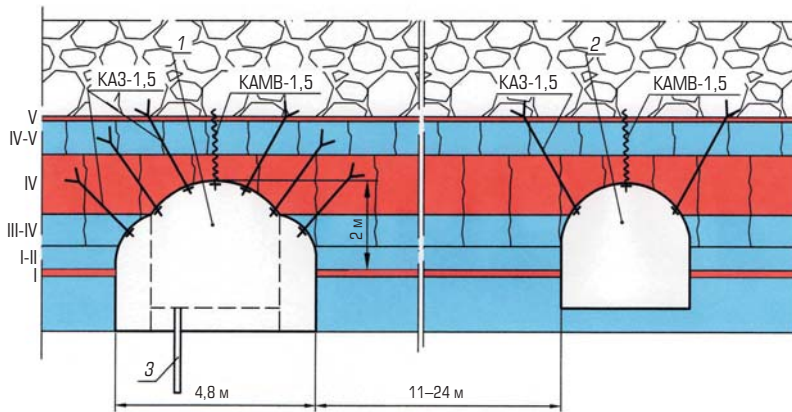


Рис. 3. Схема проходки и крепления монтажного штрека лавы № 11-3 гор. -620 м рудника Третьего РУ:

1 – монтажный штрек лавы; 2 – вспомогательный монтажный штрек; 3 – дегазационные скважины; I, IV, V – сильвинитовые слои; I-II, III-IV, IV-V – межслоевая каменная соль

применялись. Кровля конвейерного штрека, ширина которого составляла 3,6–3,8 м, а также сопряжения с транспортным штреком крепились 2–3 рядами винтовой крепи КАМБ-1,2 по сетке 0,8×0,8 м, а бок выработки со стороны транспортного штрека крепился 2–3 рядами крепи замкового типа КАЗ-1,2 с шагом 0,8–1 м. Состояние данных штреков на период подготовки столба к очистной выемке, а также в процессе очистной выемки (в зоне временного опорного давления) было удовлетворительным.

2. Проходка вспомогательного панельного вентиляционного штрека (рис. 2, позиция 14), который использовался в основном на стадии подготовки выемочного столба. Кровля штрека имеет традиционную привязку – под 0,25–0,3 м III сильвинитового слоя.

3. Проведение вентиляционного штрека лавы по раздавленному междуходовому целику между конвейерным штреком лавы № 7 и панельным конвейерным штреком. Привязка кровли штрека выполнена с прирезкой 0,1–0,15 м IV сильвинитового слоя. Штрек пройден без мер охраны. Кровля, в местах пересечения со «старыми» выработками, закреплена 2–3 рядами анкерной крепи КАМБ-1,2 по сетке 0,8×0,8 м. Борты штрека не крепились.

4. Проходка вспомогательного монтажного штрека с привязкой под 0,9–1 м IV сильвинитового слоя на участке, подработанным лавой № 7, и под 0,25–0,3 м III сильвинитового слоя в междустолбовом целике между лавами № 7 и 35. Кровля штрека на линейных участках закреплена одним рядом крепи КАМБ-1,5 с шагом 1–1,5 м, а козырьки – анкерами КАЗ-1,5 с шагом 0,8 м (рис. 3).

5. Проходка монтажного штрека лавы (это наиболее ответственный элемент системы разработки в данных горнотехнических условиях). Она велась в два этапа с привязкой кровли, аналогичной привязке во вспомогательном монтажном штреке. На первом этапе штрек проходил одним ходом комбайна ПКС-8; кровля крепилась анкерами КАМБ-1,5 с шагом 0,8 м. Затем штрек расширялся до 4,8–5 м, а образовавшийся свод выработки крепился 6-ю рядами анкеров КАЗ-1,5 с подхватами из сетки «Рабица» (рис. 4, а). Шаг установки анкеров составлял 0,8–1 м, а расстояние между рядами крепи – 0,8 м.

Выбор оборудования для выемки запасов

Выбор забойной крепи определяется устойчивостью подработанных пород в кровле призабойного пространства, и, как следствие, шириной незакрепленной полосы кровли от забоя лавы до передней части перекрытия (верхняка) забойной крепи. При отсутствии такой возможности (при вывале пород между забоем и верхняком забойной крепи) необходимо было бы применять забойную крепь, например с выдвигаемыми подверхняками. Не меньшее значение при выборе крепи имеет ее несущая способность и гидравлическая раздвижность в рабочем диапазоне. Ответы на поставленные вопросы приведены ниже.

На первой стадии выбора забойной крепи, исходя из предполагаемой вынимаемой мощности по длине лавы, были рассмотрены три варианта: *первый вариант* предусматривает выемку запасов только в подработанном IV сильвинитовом слое; вынимаемая мощность при этом составляет не более 1,5–1,6 м; *второй вариант* – выемка запасов по IV сильвинитовому слою и за-



Рис. 4. Внешний вид монтажного штрека после расширения и установки анкерной крепи (а) и забоя лавы (б) № 11-3 гор. -620 м рудника Третьего РУ

пасов в охранных междустолбовых целиках лавой с переменной вынимаемой мощностью по длине лавы (в подработанном пространстве 1,5–1,6 м, в междустолбовых целиках 1,8–2 м); *третий вариант* – выемка запасов по IV сильвинитовому слою и междустолбовых целиках одной мощностью 1,9–2,1 м. Кровля IV сильвинитового слоя во втором и третьем вариантах располагалась примерно на таком же уровне, как и кровля III сильвинитового слоя в междустолбовом целике, т. е. кровля в призабойном пространстве по всей длине лавы была практически горизонтальной.

Исходя из вышеизложенных представлений и предположений о механизме взаимодействия забойной крепи с боковыми породами, а также из сложившейся горнотехнической ситуации был выбран второй вариант отработки оставленных запасов лавой с переменной вынимаемой мощностью (см. рис. 4, б). В качестве забойной крепи была принята крепь К-12 с раздвижностью 13/21, изготавливаемая в Республике Беларусь. В лаве длиной 243 м были установлены 160 секций забойной крепи с шагом в основном 1,5 м при ширине перекрытия 1,4 м. Коэффициент затяжки кровли на первых 200 м от монтажного штрека составлял 0,8 по всей длине лавы. В дальнейшем, учитывая удовлетворительное состояние кровли в призабойном пространстве, а также результаты замеров фактической удельной нагрузки на крепь, требования к коэффициенту затяжки кровли в призабойном пространстве были уменьшены. Так, коэффициент затяжки кровли в концевых участках по длине лавы (на расстоянии до 20 м) был уменьшен до 0,6, а на остальных участках по длине лавы – до 0,7. Остальное забойное оборудование было представлено очистным двухшнековым комбайном СЛ-300, забойным конвейером СПЗ-1-228, штрековым – СПШ-1-28.

В соответствии с техническими характеристиками на забойную крепь рабочий диапазон по вынимаемой мощности составлял 1,5–2,1 м. В этом случае несущая способность крепи должна была быть не менее 500 кН/м². Фактическая вынимаемая мощность находилась в диапазоне 1,95–2,05 м и по всей длине лавы была одинаковой. Фактическая несущая способность крепи в 95 % всех наблюдений как по длине лавы, так и по длине выемочного столба не превышала 500 кН/м². Конвергенция призабойного пространства на уровне гидростоек забойной крепи (или 3,8–4 м от забоя лавы) не превышала 130 мм и в среднем составляла 80–100 мм. Это означает, что паспортной гидравлической раздвижности крепи (400–450 мм) вполне достаточно для безопасной отработки (при вынимаемой мощности 1,8–2 м) IV сильвинитового слоя.

Заключение

Технология выемки оставленных запасов полезного ископаемого в подработанном IV сильвинитовом слое и междустолбовом целике опытной лавой № 11-3 гор. –620 м рудника Третьего РУ впервые была применена на Старобинском месторождении калийных солей и доказала возможность ее использования как на прочих участках шахтного поля этого рудника, так и на других рудниках ОАО «Беларуськалий». К моменту подготовки статьи к печати опытной лавой за один год ее работы добыто более 1,3 млн т руды и успешно отработан первый выемочный столб.

Результаты исследований и опыт, накопленный в период отработки выемочного столба опытной лавой № 11-3, будет использован на других участках шахтных полей ОАО «Беларуськалий», где имеются оставленные запасы в IV сильвинитовом слое и междустолбовых целиках.

Библиографический список

1. Патент ВУ7653, Е21С 41/00. Способ двухслойной разработки мощного пологого пласта полезного ископаемого сложного строения / Б. А. Волков ; заявл. 01.04.2002 ; опубл. 30.12.2005.
2. Семенова И. Э., Земцовский А. В., Павлов Д. А. Мониторинг состояния подземных горных выработок на месторождении «Олений Ручей» // Мониторинг природных и техногенных процессов при ведении горных работ : сб. тр. науч.-техн. конф. – СПб. : Реноме, 2013. С. 280–289.
3. Усанов С. В., Мельник В. В., Замятин А. Л. Мониторинг трансформации структуры горного массива под влиянием процесса сдвижения // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2013. № 6. С. 83–89.
4. Ручкин В. И., Желтышева О. Д. Влияние техногенной нагрузки на динамику напряженно-деформированного состояния массива горных пород // Проблемы недропользования. 2015. № 1. С. 26–31.
5. Балек А. Е., Сашурин А. Д. Проблема оценки природного напряженно-деформированного состояния горного массива при освоении недр // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 21. С. 9–23.
6. Сашурин А. Д., Балек А. Е., Панжин А. А., Усанов С. В. Инновационная технология диагностики геодинамической активности геологической среды и оценки безопасности объектов недропользования // Горный журнал. 2017. № 12. С. 16–20.
7. Kodama J., Miyamoto T., Kawasaki S., Fujii Y., Kaneko K. et al. Estimation of regional stress state and Young's modulus by back analysis of mining-induced deformation // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2013. Vol. 63. P. 1–11.
8. Khani A., Baghbanan A., Norouzi S., Hashemolhosseini H. Effects of fracture geometry and stress on the strength of a fractured rock mass // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2013. No. 60. P. 345–352.
9. Mohtarami E., Jafari A., Amini M. Stability analysis of slopes against combined circular-toppling failure // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2014. Vol. 67. pp. 43–56.
10. Sainoki A., Mitri H. S. Dynamic behavior of mining-induced fault slip // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2014. Vol. 66. P. 19–29.
11. Figueiredo B., Cornet F. H., Lamas L., Muralha J. Determination of the stress field in a mountainous granite rock mass // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2014. Vol. 72. P. 37–48.

12. Губанов В. А., Пузанов Д. А., Мозговенко М. С., Ерохин К. А., Подлесный И. А. и др. Исследование проявлений горного давления в подготовительных и очистных выработках при выемке подработанных и оставленных запасов в IV сивьвинитовом слое и междустолбовом целике опытной лавой № 11-3 горизонта –620 м рудника З РУ ОАО «Беларуськалий» // Горная механика и машиностроение. 2017. № 2. С. 5–18.
13. Губанов В. А., Пузанов Д. А., Мозговенко М. С., Михеев И. А. Выбор мест заложения подготовительных выработок при их проведении в охранных междустолбовых целиках

через 25–30 лет после завершения очистных работ в смежноотработанных лавах // Горная механика и машиностроение. 2014. № 1. С. 43–47.

14. Губанов В. А., Пузанов Д. А., Мозговенко М. С., Ерохин К. А., Подлесный И. А. и др. Обоснование способов проведения и поддержания подготовительных выработок опытной лавы по выемке подработанного IV сивьвинитового слоя и списанных запасов в междустолбовых целиках горизонта –620 м рудника З РУ ОАО «Беларуськалий» // Горная механика и машиностроение. 2016. № 4. С. 5–17. **ГЖ**

«GORNYI ZHURNAL», 2018, № 8, pp. 64–69
DOI: 10.17580/gzh.2018.08.09

Technology for extraction of abandoned undermined sylvinitic layer IV at Belaruskali Mine Management 3

Information about authors

I. I. Golovaty¹, Chief Executive Officer

A. B. Petrovsky¹, Deputy Chief Engineer of Mining Operations

V. A. Gubanov², Chief Researcher, Doctor of Engineering Sciences

A. L. Polyakov², Director, Candidate of Engineering Sciences, sigd@list.ru

¹ Belaruskali, Soligorsk, Belarus

² Institute of Mining, Soligorsk, Belarus

Abstract

The original project of mining at the Starobin potash salt deposit assumed top-downward extraction of reserves from potash seam III composed of four sylvinitic layers, starting from upper later IV. However, because of organizational and technological reasons, the project sequence of mining was put aside, mining started from the lower-lying layers, and undermined layer IV holding nearly 100 Mt of potash reserves was abandoned. At the present time, 25 years later, it is required to find and justify safe mining technology for abandoned undermined sylvinitic layer IV.

In order to reach the objective, specialists of the local Institute of Mining were engaged into creative cooperation with Belaruskali's practitioners. The studies began in 2011 and had two stages. At the first stage, by means of exploratory headings (total length of 600 m), rock mass disturbed by the lower-lying mine was examined, and feasibility of safe mining of sylvinitic layer IV was determined. At the second stage, again using exploratory headings (total length of 650 m), detailed geomechanical research was carried out, which identified optimal zones for developing entries and subsequent efficient extraction of the abandoned reserves from layer IV.

Based on the accomplished research, the mining technology for the sylvinitic layer was developed. During preparation of an extraction panel for mining, special-purpose headings were driven: haulage, conveyor, ventilation and erection. Concurrently, face area support was selected as K-12 support manufactured in Belarus.

In the course of the technology application (round a year), more than 1.3 Mt of ore have been produced and the first extraction panel has been worked out.

Keywords: roof bolting, developing entry, slice mining, heading and support, undermining, overmining, longwall equipment, erection drift.

References

1. Volkov A. B. Method for two-layer extraction of thick complex-structure mineral seam. Patent BY7653, E21C 41/00. Applied: 01.04.2002. Published: 20.12.2005.

2. Semenova I. E., Zemtsovskiy A. V., Pavlov D. A. Monitoring of state of underground mine excavations in "Oleniy Ruchey" deposit. *Monitoring of natural and technogenic processes during mining works: collection of proceedings of scientific-technical conference*. Saint Petersburg: Renome, 2013. pp. 280–289.
3. Usanov S. V., Mel'nik V. V., Zamyatin A. L. Monitoring rock mass transformation under induced movements. *Journal of Mining Science*. 2013. Vol. 49, No. 6. pp. 913–918.
4. Ruchkin V. I., Zhelysheva O. D. The effect of technogenic load on the dynamics of stress-strain state of rock mass. *Problemy nedropolzovaniya*. 2015. No. 1. pp. 26–31.
5. Balek A. E., Sashurin A. D. Problem of evaluation of natural stress-strain state of rock mass during development of mineral resources. *Gornyi informatsionno-analiticheskiy byulleten*. 2016. No. 21. pp. 9–23.
6. Sashurin A. D., Balek A. E., Panzhin A. A., Usanov S. V. Innovative technology for diagnosis of geodynamic activity in geological media and safety assessment of subsoil use objects. *Gornyi Zhurnal*. 2017. No. 12. pp. 16–20. DOI: 10.17580/gzh.2017.12.03
7. Kodama J., Miyamoto T., Kawasaki S., Fujii Y., Kaneko K. et al. Estimation of regional stress state and Young's modulus by back analysis of mining-induced deformation. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2013. Vol. 63. pp. 1–11.
8. Khani A., Baghbanan A., Norouzi S., Hashemolhosseini H. Effects of fracture geometry and stress on the strength of a fractured rock mass. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2013. No. 60. pp. 345–352.
9. Mohtarami E., Jafari A., Amini M. Stability analysis of slopes against combined circular–toppling failure. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2014. Vol. 67. pp. 43–56.
10. Sainoki A., Mitri H. S. Dynamic behavior of mining-induced fault slip. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2014. Vol. 66. pp. 19–29.
11. Figueiredo B., Cornet F. H., Lamas L., Muralha J. Determination of the stress field in a mountainous granite rock mass. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2014. Vol. 72. pp. 37–48.
12. Gubanov V. A., Puzanov D. A., Mozgovenko M. S., Erokhin K. A., Podlesnyi I. A. et al. Investigation of rock pressure manifestations in development and production workings by mining of underworked and abandoned reserves in the IV sylvinitic layer and inter-panel pillar of the experimental longwall face no. 11-3 on the horizon – 620 m of the Third mine group of JSC "Belaruskali". *Gornaya mekhanika i mashinostroenie*. 2017. No. 2. pp. 5–18.
13. Gubanov V. A., Puzanov D. A., Mozgovenko M. S., Mikheev I. A. Choice of points of emplacement of development workings at their driving in protective intercolumn pillars in 25–30 years after carrying out the winning operations in lavas worked-out contiguously. *Gornaya mekhanika i mashinostroenie*. 2014. No. 1. pp. 43–47.
14. Gubanov V. A., Puzanov D. A., Mozgovenko M. S., Yerokhin K. A., Podlesny I. A., Petrovsky A. B., Dolgikh A. S. Justification of ways of carrying out and maintenance of experimental longwall development workings for underworked IV sylvinitic layer extraction and written-off reserves in inter long-pillar horizon pillars –620 m of the 3 Mining department of JSC "Belaruskali". *Gornaya mekhanika i mashinostroenie*. 2016. No. 4. pp. 5–17.