

ISSN 1561-8323 (Print)  
ISSN 2524-2431 (Online)

**НАУКИ О ЗЕМЛЕ**  
**EARTH SCIENCES**

УДК 622.363.2.031:622.831(476)(045)  
<https://doi.org/10.29235/1561-8323-2020-64-4-477-487>

Поступило в редакцию 20.05.2020  
Received 20.05.2020

**А. Б. Петровский<sup>1</sup>, член-корреспондент В. Я. Прушак<sup>2</sup>, Д. А. Пузанов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>ОАО «Беларуськалий», Солигорск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Солигорский институт проблем ресурсосбережения с опытным производством,  
Солигорск, Республика Беларусь

<sup>3</sup>Институт горного дела, Солигорск, Республика Беларусь

**ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ ЛАВ, ИЗВЛЕКАЮЩИХ ПОДРАБОТАННЫЙ  
СИЛЬВИНИТОВЫЙ СЛОЙ НА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТАХ  
СТАРОБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ**

**Аннотация.** Выполнено исследование особенностей проявления горного давления и характера деформирования подготовительных и монтажных выработок в зависимости от привязки кровли и ее расположения относительно отработанных столбовой системой по слоям 2, 2–3, 3 лав, а также отработанной камерной системой панели в условиях извлечения подработанного четвертого сильвинитового слоя Третьего калийного горизонта на глубине свыше 600 м. Установлено, что срок службы вновь проектируемых выработок зависит от места их расположения на панели, привязки кровли и параметров крепления. Наибольший срок службы выработок будет отмечаться при их расположении в выработанном пространстве над отработанными лавами по нижним слоям, наименьший – при их проведении в центральной части охранных междустолбовых целиков. На основании выполненных исследований разработаны рекомендации по выбору мест заложения, привязок кровли, охране и поддержанию подготовительных выработок для участков шахтных полей рудников ОАО «Беларуськалий», извлекающих подработанный четвертый сильвинитовый слой на глубинах свыше 600 м. Разработанные рекомендации направлены на повышение безопасности и эффективности работ при выемке оставленных запасов минерального сырья. С использованием результатов исследования разработан проект проведения подготовительных выработок нового выемочного столба лавы 11-5, обеспечивающий необходимую устойчивость выработок на весь период очистных работ и, в конечном итоге, безопасную выемку калийной руды в объеме не менее 2 млн т.

**Ключевые слова:** штрек, горное давление, выемочные столбы, целик

**Для цитирования.** Петровский, А. Б. Особенности подготовки лав, извлекающих подработанный сильвинитовый слой на глубоких горизонтах Старобинского месторождения калийных солей / А. Б. Петровский, В. Я. Прушак, Д. А. Пузанов // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2020. – Т. 64, № 4. – С. 477–487. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2020-64-4-477-487>

**Andrey B. Petrovsky<sup>1</sup>, Corresponding Member Victor Ya. Prushak<sup>2</sup>, Dmitry A. Puzanov<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Belaruskali JSC, Soligorsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup>Soligorsk Institute of Resource Saving Problems with Pilot Production, Soligorsk, Republic of Belarus

<sup>3</sup>Institute of Mining, Soligorsk, Republic of Belarus

**FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF LONGWALLS THAT EXTRACT  
THE UNDERWORKED SYLVINITE LAYER IN THE DEEP HORIZONS  
OF THE STAROBIN POTASH SALT DEPOSIT**

**Abstract.** A study was made of the features of rock pressure manifestation and the deformation nature of development and assembly workings depending on the binding of the roof and its location relative to the longwalls mined by the chamber system for layers 2, 2–3, 3, as well as of the panels mined by the chamber system in the extraction conditions of the worked out

fourth sylvinite layer of the Third potash horizon at a depth of more than 600 m. It was established that the service life of newly designed workings depends on their location on the panel, the roof binding and fastening parameters. The longest service life of workings will be noted when they are located in the mined space above the mined longwalls along the lower layers, and the shortest service life will be marked when they are carried out in the central part of the safety intercolumn pillars. Based on the studies performed, the recommendations were made on the selection of locations, roof bindings and on the protection and maintenance of development workings for the sites of the mine fields of the JSC “Belaruskali” mines extracting the worked out fourth sylvinite layer at depths over 600 m. The developed recommendations are aimed at improving the work safety and efficiency when extracting abandoned mineral reserves. Using the study results, the project was developed to conduct development workings of a new panel of the longwall 11-5 that provides the necessary stability of workings for the entire period of winning operations and, ultimately, safe extraction of potash ore in the amount of at least 2 million tons.

**Keywords:** drift, extraction panel, rock pressure, pillar

**For citation:** Petrovsky A. B., Prushak V. Ya., Puzanov D. A. Features of the development of longwalls that extract the underworked sylvinite layer in the deep horizons of the Starobin potash salt deposit. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2020, vol. 64, no. 4, pp. 477–487 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2020-64-4-477-487>

**Введение.** В последние годы на рудниках ОАО «Беларуськалий» начала применяться технология добычи калийной руды путем извлечения подработанных запасов Третьего калийного горизонта на глубине свыше 600 м. Так, с августа 2016 г. на горизонте –620 м рудника Третьего рудоуправления ведется выемка ранее подработанного четвертого сильвинитового слоя. На момент написания сообщения успешно отработан выемочный столб лавы № 11-3 и порядка 650 м смежного столба лавы № 11-4. Расчет ожидаемого экономического эффекта от добычи ранее оставленных запасов полезного ископаемого на других участках шахтного поля доказывает перспективность данной технологии выемки. Однако многообразие горнотехнических условий отработки ранее извлеченных сильвинитовых слоев 2, 2–3, 3 создает трудности при подготовке к отработке и при очистной выемке оставленных запасов на рассматриваемом участке шахтного поля. В частности, проектируемый к отработке по данной технологии столб лавы № 11-5 отличается от двух предыдущих прежде всего тем, что длина лавы может быть увеличена на 20–30 %. Данное обстоятельство вместе с увеличением продолжительности очистного цикла в лаве приведет к увеличению срока службы подготовительных выработок. Увеличение длины лавы также приведет к изменению характера и скоростей сдвижения пород над выработанным пространством, что в свою очередь повлияет на характер взаимодействия забойной механизированной крепи с боковыми породами. Кроме того, с западного фланга к очистному столбу лавы № 11-5 будет примыкать 18-я западная панель, запасы которой были отработаны камерной системой разработки около 40 лет назад.

В процессе ранее выполненных научных исследований в области проведения и поддержания горных выработок в рудниках ОАО «Беларуськалий» [1–3] были изучены особенности проявления горного давления и характер деформирования выработок в условиях, характерных для выемки ранее подработанного четвертого сильвинитового слоя на глубинах свыше 600 м. Однако целый ряд важных аспектов проведения подготовительных выработок остался изучен не до конца – это вопросы выбора привязки кровли комплекса подготовительных и монтажных выработок, выбора мест заложения новых подготовительных выработок относительно ранее пройденных выработок лав, устойчивости указанных выработок в горнотехнических условиях удлиненных лав. Отсутствуют и необходимые рекомендации по данной проблеме в существующих нормативных документах по ведению горных работ на Старобинском месторождении. Следует также отметить, что результаты многочисленных научных исследований устойчивости горных выработок, проведенных на других известных месторождениях калийных солей [4–7], не могут быть использованы, так как выполнены применительно к иным горнотехническим условиям разработки.

Целью представленной работы было исследование устойчивости выработки в зависимости от привязки ее кровли и расположения относительно отработанных по слоям 2, 2–3, 3 лав, а также панелей, отработанных камерной системой, с последующей разработкой рекомендаций по проведению и поддержанию подготовительных выработок для участков шахтных полей рудников ОАО «Беларуськалий», извлекающих подработанный 4-й сильвинитовый слой на глубинах свыше 600 м, в том числе на участках, где завершенными горными работами накоплен боковой

пролет и отсутствуют межстолбовые целики со смежными лавами. Работа направлена на повышение безопасности и эффективности выемки оставленных запасов минерального сырья.

Объектом исследований являлись выемочные столбы лав № 4 и № 5 20-й западной панели, а также подготовительные выработки и очистные ходы 18-й западной панели горизонта –620 м рудника Третьего рудоуправления.

В качестве метода исследований были приняты шахтные исследования характера деформирования исследовательской выработки, пройденной по ранее погашенным панельным выработкам и очистным ходам, а также по междуходовым и междукамерным целикам.

**Результаты и их обсуждение.** Одним из ключевых вопросов, который в свое время не был изучен и решен при подготовке к очистной выемке ранее отработанного выемочного столба лавой № 11-3, является вопрос выбора привязки кровли комплекса монтажных выработок и выработок, используемых для демонтажа забойного оборудования. Другим, не менее важным вопросом, который необходимо было решить в рамках исследования, является выбор мест заложения новых подготовительных выработок относительно ранее пройденных подготовительных выработок лав № 4, № 5, а также панельных выработок, отработанных 40 лет назад камерной системой 18-й западной панели. В действующей на месторождении инструкции по охране и креплению горных выработок вопросы заложения и поддержания подготовительных выработок в указанных горнотехнических условиях не оговариваются<sup>1</sup>.

Основные исследования были выполнены в исследовательской выработке № 5, пересекающей выемочные столбы лавы № 4, № 5 и охранные целики между ними, а также панельные и очистные ходы 18-й западной панели, в которых силвинитовые слои 2, 2–3, 3 были извлечены камерной системой с коэффициентом извлечения 0,4. На рис. 1 изображена схема участка шахт-

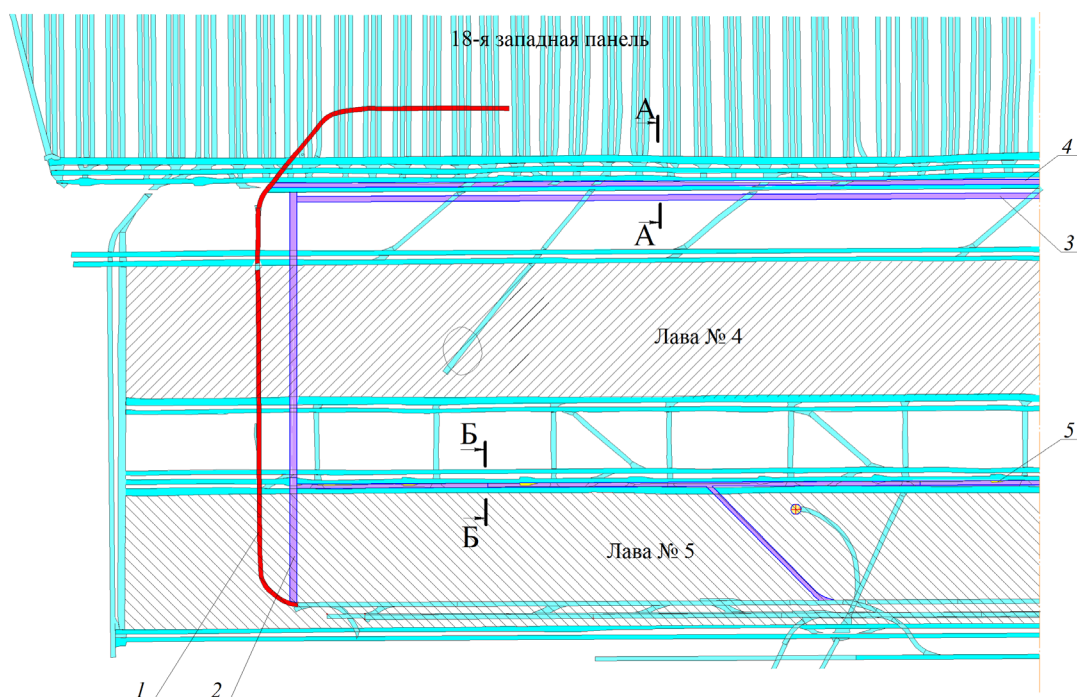


Рис. 1. Фрагмент схемы участка шахтного поля горизонта –620 м рудника Третьего рудоуправления, предназначенного для отработки лавой 11-5: 1 – исследовательская выработка № 5; 2 – проектируемый монтажный штрек лавы № 11-5; 3 – проектируемый конвейерный штрек лавы № 11-5; 4 – проектируемый транспортный штрек лавы № 11-5; 5 – проектируемый вентиляционный штрек лавы № 11-5

Fig. 1. A fragment of the scheme of the mine field section of the horizon –620 m of the mine of the Third Mining Administration, designed for mining by longwall 11-5: 1 – exploration working no. 5; 2 – designed mounting drift of longwall no. 11-5; 3 – designed belt road of longwall no. 11-5; 4 – designed haulage road of longwall no. 11-5; 5 – designed air roadway of longwall no. 11-5

<sup>1</sup> Инструкция по охране и креплению горных выработок на Старобинском месторождении. – Солигорск, 2018. – 204 с.

ного поля горизонта –620 м рудника Третьего рудоуправления, предназначенного для отработки лавой 11-5, на котором была выполнена большая часть исследований. Исследовательская выработка № 5 пройдена одним ходом комбайна ПК-8 с креплением кровли анкерами КАМВ-1,5 под доску. Отличительной особенностью проведения исследовательской выработки является то, что она пройдена как в выработанном пространстве над ранее отработанными лавами, так и в междустолбовых (междупанельных) целиках. При этом особый интерес вызывал характер деформирования исследовательской выработки в охранных целиках между лавами, а косвенно – характер нагружения целиков. Нами предполагалось, что наибольшая нагруженность целиков по их ширине будет отмечаться в центральной части. В последнем случае исследовательская выработка пересекает два аналогичных целика.

Шахтное исследование характера деформирования контура выработки проводилось в два этапа. На первом этапе изучался характер деформирования исследовательской выработки № 5, пройденной на участке между лавами № 4 и № 5 с различной привязкой кровли относительно пласта, и осуществлялся выбор мест заложения подготовительных выработок для эффективной и безопасной отработки оставленных запасов в подработанном 4-м сильвинитовом слое и междустолбовых целиков лавой № 11-5. На втором этапе проводилось исследование характера деформирования исследовательской выработки № 5, пройденной на участке между лавой № 4 и 18-й западной панелью, а также в очистных ходах камерной системы разработки для оценки возможности вовлечения в отработку оставленных запасов в камерной системе разработки.

На первом этапе исследования характер деформирования контура выработки оценивался по станциям на базе контурных реперов, установленных в кровле и почве выработки (измерение конвергенции «кровля–почва») и боках выработки (измерение схождения боков). Станции устанавливались вслед за подвиганием забоя. Расстояние между замерными профилями составляло 10 м. Схема установки замерных станций в исследовательской выработке № 5 на участке между лавой № 5 и 18-й западной панелью приведена на рис. 2, а.

Привязка кровли относительно пласта по участкам была следующей:

на участке, подработанном лавой № 5, – с оставлением в кровле подработанного 4-го сильвинитового слоя мощностью 0,6–0,8 м или на расстоянии 2,0–2,4 м от кровли 1-го сильвинитового слоя (станции № 87–93);

в охранных целиках между лавами № 5 и № 4, а также между лавой № 4 и панельными выработками 18-й западной панели – с оставлением в кровле защитной пачки 3-го сильвинитового слоя мощностью 0,25–0,3 м (станции № 94–97 и № 109–111);

на участке, подработанном лавой № 4, было испытано несколько вариантов привязки кровли, в частности, с оставлением пачки каменной соли 3–4 мощностью 0,4–0,5 м, каменной соли 4–5 мощностью 0,4–0,6 м, под 5-й сильвинитовый слой, с оставлением в кровле каменной соли 5–6 мощностью от 0,4 до 0,8 м (станции № 99–107).

Некоторые результаты измерений деформирования контура выработки по ее длине приведены на рис. 2, б. К моменту последних измерений, время наблюдений по станциям составило от 100 до 135 суток, а, значит, контур выработки находился в затухающей стадии деформирования [8]. Данное обстоятельство позволило выполнить прогнозные расчеты срока службы выработок исходя из средней скорости ее деформирования.

Результаты измерений показали следующее:

породы непосредственной кровли над лавами № 4, № 5, № 6 на высоту 2,5–3,0 м от кровли 4-го сильвинитового слоя являются монолитными с пределом прочности на одноосное сжатие в пределах 10–20 МПа. Несмотря на небольшую прочность отдельных слоев (пачек) в целом, из-за большой суммарной мощности «плиты» она имеет несущую способность, которая позволяет находиться в устойчивом состоянии контуру подготовительных выработок как по длине лавы, так и по длине выемочного столба позади забойной крепи при ведении очистных работ;

максимальные деформации контура выработки (а, значит, и большую нагрузку от обрушенных пород спустя 40 лет после завершения очистных работ в смежных лавах и в 18-й западной панели) отмечаются в охранных целиках. В целике между лавами № 4 и № 5 максимальная нагрузка наблюдается в его центральной части. В целике между лавой № 4 и панельными выработ-



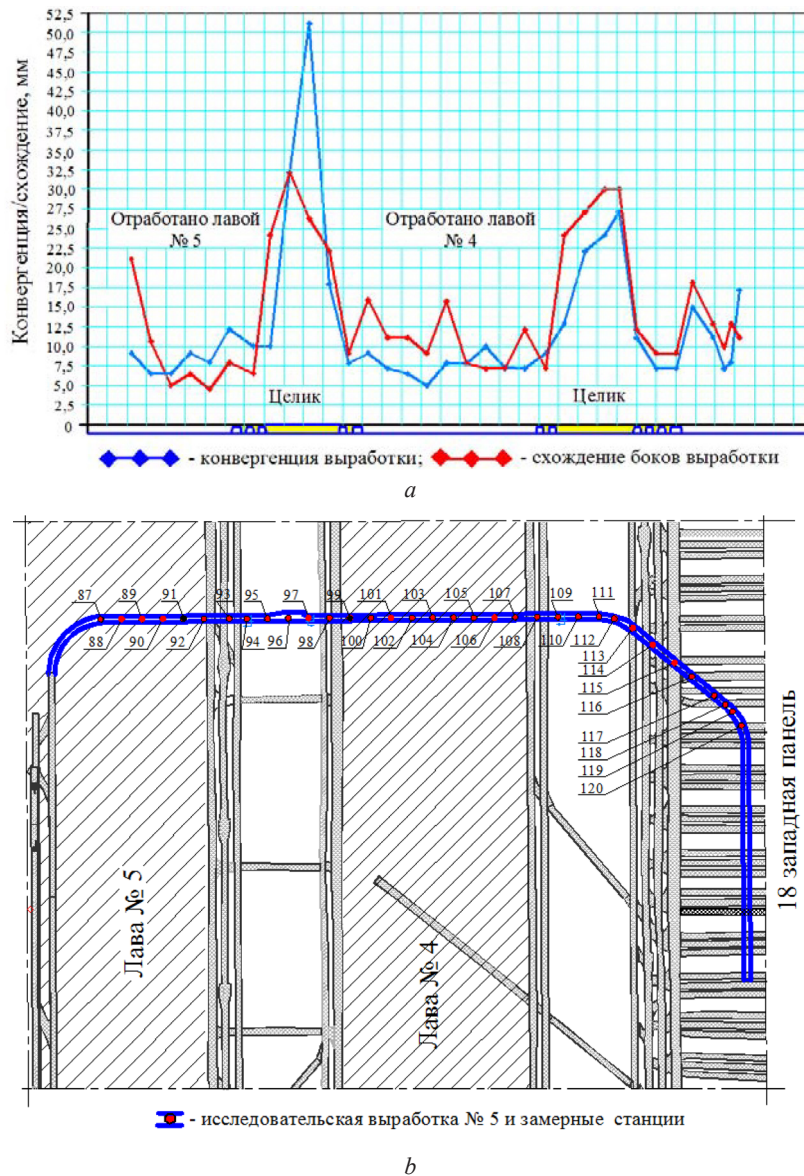


Рис. 2. Характер деформирования исследовательской выработки № 5 и схема установки замерных станций на участке между лавой № 5 и 18-й западной панелью: а – схема установки станций; б – график деформирования контура выработки по ее длине

Fig. 2. The nature of the deformation of exploration working no. 5 and the installation scheme of metering stations in the area between longwall no. 5 and the 18th western panel: a – station installation scheme; b – graph of the deformation of the mining contour along its length

ками 18-й западной панели максимальное значение нагрузки отмечается в краевой части целика со стороны, отработанной камерной системой (на расстоянии более 5,0 м от панельных выработок). Срок службы выработки (безремонтное поддержание) составит, согласно расчету, порядка 6–8 месяцев. Этого срока вполне достаточно, например, для монтажа забойного оборудования;

наименьшее деформирование контура исследовательской выработки отмечается в междуходовых целиках панельных выработок и на участке ее проведения по обрушенным породам над лавами № 4 и № 5, тем самым указывая на то, что даже через 40 лет после завершения очистных работ в лавах над ними и в охранных целиках пока не произошло полного сдвижения налегающей толщи пород, и, как следствие, перераспределения нагрузки между целиками и почвой лавы по ее длине. Эти исследования говорят о том, что над лавами еще сохраняются зоны пониженных напряжений, о чем свидетельствуют полости, трещины, расслоения при проведении выработок на этих участках;

устойчивость выработки, пройденной в выработанном пространстве над лавой № 4, не зависит от привязки кровли выработки относительно пласта. Суммарная конвергенция выработки на этом участке (станции № 99–107) за весь период наблюдений не превышает 5 мм, а скорость конвергенции 0,15 мм/сут. Исходя из этого привязка кровли во вспомогательном монтажном штреке и самом монтажном штреке лавы № 11-5 может быть выполнена под 5-й сильвинитовый слой, что существенным образом уменьшит работу лавы по пустым породам при ее зарубке;

подготовительные (конвейерный, транспортный, вентиляционный штреки) выработки лавы № 11-5 целесообразно проводить в зонах разгрузки над нижними лавами на расстоянии до 10 м от их бортовых штреков;

допускается проведение подготовительных выработок в междустолбовых целиках (по одной с каждой стороны) с целиком 3–5 м от ранее пройденных (более 25 лет назад) или по междуходовым целикам ранее пройденных панельных выработок.

Исследования проявлений горного давления в исследовательской выработке 5 на втором этапе выполнялись на участке между бортовыми штреками (вентиляционный штрек, разгружающая выработка) лавы № 4 и панельными выработками 18-й западной панели, а также в очистных ходах, отработанных камерной системой (рис. 3, а). Основная задача исследований заключалась в следующем:

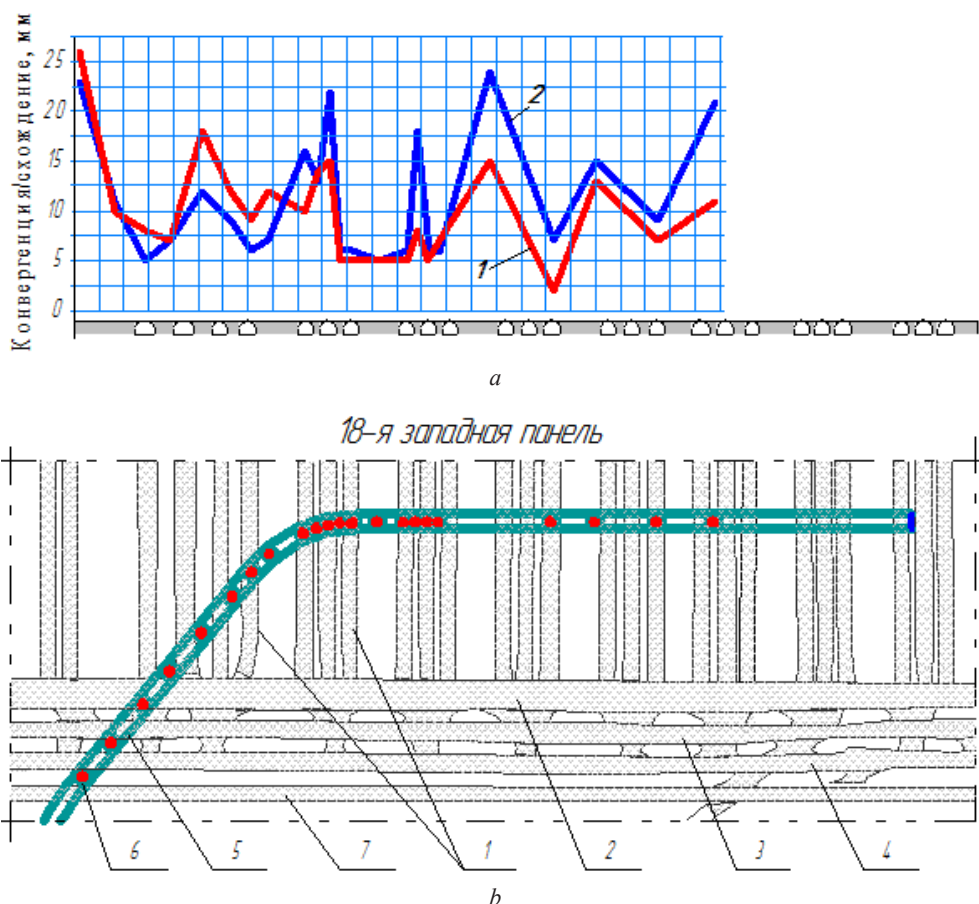


Рис. 3. Характер деформирования исследовательской выработки № 5 и схема установки замерных станций на участке 18-й западной панели: а – график деформирования контура выработки по ее длине, где 1 – схождение боков; 2 – конвергенция выработки; б – схема установки станций, где 1 – очистные хода, 2 – транспортный штрек № 3, 3 – разгружающий штрек № 4, конвейерный штрек, 5 – исследовательская выработка № 5, 6 – замерные станции, 7 – транспортный штрек № 2

Fig. 3. The nature of the deformation of exploration working no. 5 and the installation scheme of metering stations in the area of the 18th western panel: а – graph of the deformation of the contour of the working along its length, where 1 – convergence of the walls; 2 – convergence of the working; б – installation scheme of stations, where 1 – treatment passes, 2 – haulage road no. 3, 3 – unloading drift no. 4, belt road, 5 – exploration working no. 5, 6 – metering stations, 7 – haulage road no. 2

в выборе мест заложения подготовительных выработок лавы № 11-5 на данном участке 18-й западной панели;

в изучении характера опускания 4-го сильвинитового слоя над очистными ходами и геологического строения пород на высоту 2,0–2,5 м от кровли исследовательской выработки;

в оценке содержания КС1 по обрушенным породам в междуходовых целиках и очистных ходах при камерной системе разработки;

в оценке возможности извлечения оставленных запасов по слоям 2, 2–3, 3 и 4-м сильвинитовом слое на 18-й западной панели;

в оценке последовательности отработки охранного целика между лавой № 4 и 18-й западной панелью, в частности, выемка целика лавой № 11-5, или лавой, которая будет отрабатывать запасы с использованием камерной системы.

Методика измерений характера деформирования выработки осталась прежней и базировалась на измерении конвергенции «кровля–почва» и сближения боков выработки. На рис. 3, *b* приведены некоторые результаты измерений деформирования контура исследовательской выработки № 5 по ее длине.

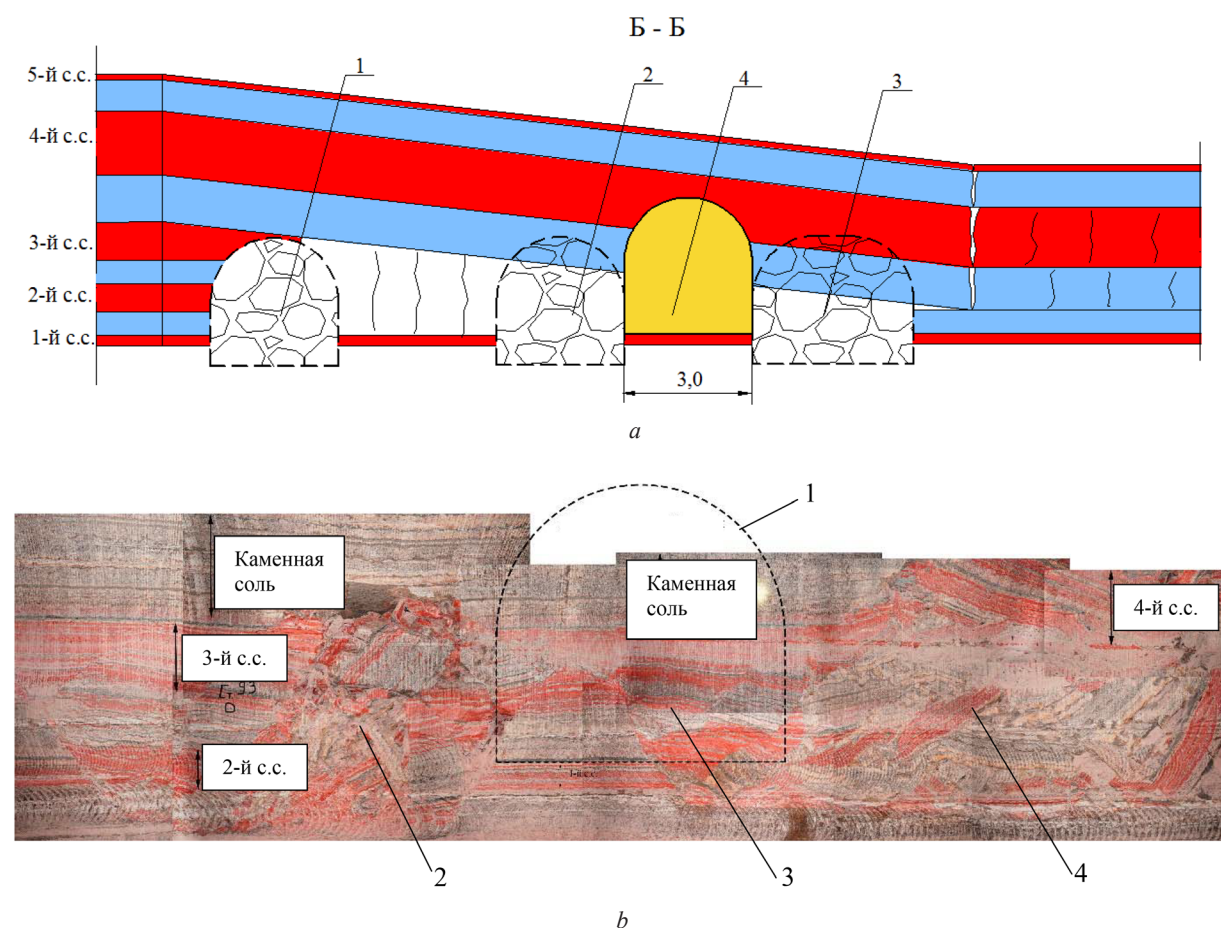


Рис. 4. Проведение проектируемого вентиляционного штрека лавы № 11-5: *a* – сечение Б–Б на рис. 1, где 1 – разгружающая выработка; 2 – панельный конвейерный штрек 20-й панели; 3 – конвейерный штрек лавы № 5; 4 – проектируемый вентиляционный штрек лавы № 11-5; *b* – фрагмент вида (фото) на погашенные выработки 20-й западной панели лавы № 5, где 1 – контур проектируемого вентиляционного штрека лавы № 11-5; 2 – панельный конвейерный штрек 20-й панели; 3 – целик; 4 – конвейерный штрек лавы № 5

Fig. 4. Driving the designed air roadway of longwall no. 11-5: *a* – section B–B in Fig. 1, where 1 – unloading working; 2 – panel belt road of the 20th panel; 3 – belt road of longwall no. 5; 4 – designed air roadway of longwall no. 11-5; *b* – fragment of a view (photo) of the extracted workings of the 20th western panel of longwall no. 5, where 1 – contour of the designed air roadway of longwall no. 11-5; 2 – panel belt road of the 20th panel; 3 – pillar; 4 – belt road of longwall no. 5



В результате исследования установлено следующее:

панельные выработки и очистные ходы 18-й западной панели, пройденные 40 лет назад, находятся в разрушенном, и, в основном, в задавленном состоянии;

целики в очистных ходах (в центральной части очистной камеры) разрушены и сдавлены на величину 0,7–1,2 м. На эту же величину в этом районе опущены и слои 3–4, 4, 4–5, 5;

балансовые слои в междуканальных целиках, ширина которых составляет 6,0–9,0 м, в целом сдавлены на 7,0–10,0 см, в сравнении с их мощностью в нетронутым массиве;

прогнозный срок службы выработки, в зависимости от положения ее отдельных участков на панели (в районе междуканальных целиков или в районе панельных выработок) составляет от 8–9 месяцев до 4 лет.

Вышеизложенные результаты измерений характера деформирования контура исследовательской выработки № 5 послужили основанием для выбора мест заложения подготовительных выработок лавы № 11-5 (рис. 4 и 5) и разработки соответствующих рекомендаций, которые приведены ниже.

Вентиляционный штрек лавы № 11-5 целесообразно проходить по междуходовому целику между конвейерным штреком лавы № 5 и ее панельным конвейерным штреком. Оптимальное положение вентиляционного штрека лавы № 11-5 относительно ранее пройденных выработок лавы и привязка его кровли приведены на рис. 4. Привязка кровли технологических сбоек должна

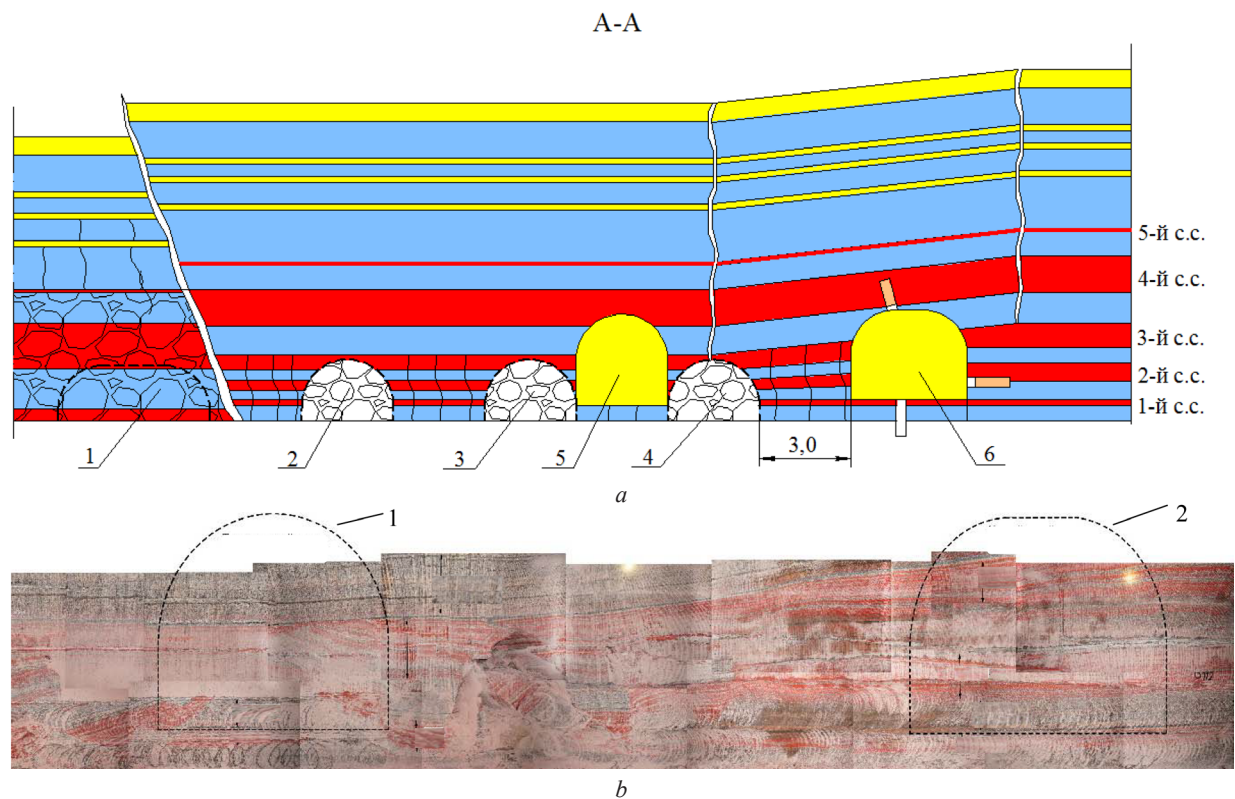


Рис. 5. Проведение проектируемых конвейерного и транспортного штреков лавы № 11-5: *a* – сечение А–А на рис. 1, где 1 – панельный транспортный штрек № 3; 2 – разгружающий штрек № 4; 3 – 18-й западный панельный конвейерный штрек; 4 – панельный транспортный штрек № 2; 5 – проектируемый транспортный штрек лавы № 11-5; 6 – проектируемый конвейерный штрек лавы № 11-5; 1–5 с.с. – сylvинитовые слои; *b* – фрагмент вида (фото) на погашенные выработки 20-й западной панели лавы № 5, где 1 – контур проектируемого транспортного штрека лавы № 11-5; 2 – контур проектируемого конвейерного штрека лавы № 11-5

Fig. 5. Driving the designed belt and haulage roads of longwall no. 11-5: *a* – section A–A in Fig. 1, where 1 – panel haulage road no. 3; 2 – unloading drift no. 4; 3 – the 18th western panel belt road; 4 – panel haulage road no. 2; 5 – designed haulage road of longwall no. 11-5; 6 – designed belt road of longwall no. 11-5; 1–5 s. l. – sylvinitic layers; *b* – fragment of a view (photo) of the extracted workings of the 20th western panel of longwall no. 5, where 1 – contour of the planned haulage road of longwall no. 11-5; 2 – contour of the designed belt road of longwall no. 11-5



выполняться традиционно – с оставлением в кровле 0,6–0,8 м 4-го сильвинитового слоя или на расстоянии 2,0 м от кровли 1-го сильвинитового слоя.

Транспортный штрек лавы должен проходиться в зоне разгрузки, а конвейерный штрек в междустолбовом (междупанельном) целике с формированием целика 3,0–3,5 м со стороны панельного транспортного штрека № 2. Схема проведения выработок и их привязка относительно пласта приведены на рис. 5.

Штреки, при необходимости, через 300–400 м сбиваются технологическими сбоями. Для уменьшения взаимного влияния, особенно на конвейерный штрек, в первую очередь проходится транспортный штрек. Как видно из рис. 1, конвейерный и транспортный штреки лавы № 11-5, на участке их проведения от выработок главного южного направления до границы остановки очистных работ на 18-й западной панели, проходятся по старым и ранее пройденным выработкам. При невозможности проведения и поддержания выработок лавы № 11-5 на этом участке они проходятся в «массиве» с оставлением целика между ранее пройденными выработками шириной не менее 5,0 м. Такой же целик оставляется и между вновь проходимыми выработками.

Монтажный штрек лавы № 11-5 проходится на расстоянии 15–20 м от исследовательской выработки № 5 (рис. 1), которую после выполнения ремонтных работ на участке ее проведения в междустолбовых целиках можно будет использовать в качестве вспомогательного монтажного штрека, в противном случае вспомогательный монтажный штрек проходится заново с целиком не менее 5,0 м от монтажного штрека. Вспомогательный монтажный штрек проходится раньше, чем основной монтажный штрек для уменьшения влияния его проходки на монтажный штрек. Монтажный штрек лавы проходится в последнюю очередь и непосредственно перед монтажом забойного оборудования. Привязку кровли монтажного штрека, а также нового вспомогательного штрека при проведении по обрушенным породам над лавами № 4, № 5 предлагается выполнять под 5-й сильвинитовый слой, а при проведении в охранных междустолбовых (междупанельных) целиках – с оставлением в кровле 0,25–0,30 м 3-го сильвинитового слоя.

Согласно предлагаемой технологии подготовки лавы № 11-5 к очистной выемке охранные мероприятия выполняются только в конвейерном штреке лавы путем проведения по контуру компенсационных щелей (рис. 5). Компенсационные щели проводятся с отставанием от забоя проходческого комбайна не более 300 м. Поддержание остальных выработок и технологических сбоек выполняется путем использования анкерной крепи типа КАМВ-1,5 для крепления плоской части кровли (конвейерный и монтажный штреки) и анкерной крепи типа КАЗ-1,5 для крепления козырьков. Крепление выработок должно выполняться с учетом действующей на месторождении «Инструкции по охране и креплению горных выработок на Старобинском месторождении».

**Заключение.** Выполнено исследование особенностей проявления горного давления и характера деформирования подготовительных и монтажных выработок в зависимости от привязки кровли и ее расположения относительно отработанных столбовой системой по слоям 2, 2–3, 3 лав, а также отработанной камерной системой панели в условиях извлечения подработанного 4-го сильвинитового слоя Третьего калийного горизонта на глубине свыше 600 м. При этом было установлено, что срок службы вновь проектируемых выработок зависит от места их расположения на панели, привязки кровли и параметров крепления; наибольший срок службы выработок будет отмечаться при их расположении в междуходовых целиках панельных выработок и выработанном пространстве над отработанными лавами по нижним слоям, наименьший – при их проведении в центральной части охранных междустолбовых целиков; срок службы выработок, пройденных по обрушенным породам, может составить от 3,3 до 7,6 лет, а в охранных целиках – от 0,5 до 2,0 лет; характер деформирования выработки, пройденной по обрушенным породам, не зависит от привязки ее кровли относительно пласта и варьируется в широком диапазоне от 0,6–0,8 м 4-го сильвинитового слоя до 0,6–0,8 м выше 5-го сильвинитового слоя; транспортный штрек смежной лавы № 11-4 может быть использован для отработки выемочного столба лавы № 11-5 в качестве вспомогательного вентиляционного штрека для сброса исходящей струи воздуха из-за пучения и разрушения боков в зоне остаточного опорного давления.

На основании проведенных исследований были разработаны рекомендации по выбору мест заложения и привязки кровли, охране и поддержанию подготовительных выработок для участков

шахтных полей рудников ОАО «Беларуськалий», извлекающих подработанный 4-й сильвинитовый слой на глубинах свыше 600 м, в том числе на участках, где завершены горными работами накоплен боковой пролет и отсутствуют межстолбовые целики со смежными лавами. Предлагаемая схема подготовки панели к очистной выемке является оптимальной с точки зрения устойчивости выработок. В целом разработанные рекомендации обеспечивают повышение безопасности и эффективности работ при выемке оставленных запасов минерального сырья. В частности, с использованием указанных материалов исследования был разработан проект проведения подготовительных выработок выемочного столба лавы 11-5, что обеспечивает безопасную выемку калийной руды в объеме не менее 2 млн т.

### Список использованных источников

1. Пузанов, Д. А. Результаты исследования устойчивости вскрывающих выработок при их проведении в подработанном нижней лавой 4-м сильвинитовом слое на руднике 3 РУ ОАО «Беларуськалий» / Д. А. Пузанов, М. С. Мозговенко, В. А. Губанов // Горная механика и машиностроение. – 2014. – № 1. – С. 25–34.
2. Исследование проявлений горного давления в подготовительных и очистных выработках при выемке подработанных и оставленных запасов в 4 сильвинитовом слое и междустолбовом целике опытной лавой № 11-3 горизонта –620 м рудника 3 РУ ОАО «Беларуськалий» / В. А. Губанов [и др.] // Горная механика и машиностроение. – 2017. – № 2. – С. 5–18.
3. Обоснование способов проведения и поддержания подготовительных выработок опытной лавы по выемке подработанного 4 сильвинитового слоя и списанных запасов в междустолбовых целиках горизонта –620 м рудника 3 РУ ОАО «Беларуськалий» / В. А. Губанов [и др.] // Горная механика и машиностроение. – 2016. – № 4. – С. 5–17.
4. Смирнов, Э. В. Технология последовательной выемки запасов сильвинитовых пластов в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей / Э. В. Смирнов, Д. С. Чернопазов, А. И. Секунцов // Изв. высших учебных заведений. Горный журн. – 2017. – № 2. – С. 11–16.
5. Плотников, Ю. С. Совершенствование вскрытия и подготовки первой и третьей юго-восточных панелей Усольского калийного комбината / Ю. С. Плотников // Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых. – 2016. – № 1. – С. 259–262.
6. Русских, Л. Г. Повышение устойчивости кровли выработок при отработке пласта КРП в пределах 5-й юго-восточной панели «ЕВРОХИМ-УКК» / Л. Г. Русских, Е. В. Челпанова // Актуальные проблемы повышения эффективности и безопасности эксплуатации горношахтного и нефтепромыслового оборудования. – 2019. – Т. 1. – С. 189–194.
7. Проблемы отработки предохранительных целиков при эксплуатации рудных месторождений / Н. Г. Валиев [и др.] // Изв. высших учебных заведений. Горный журн. – 2018. – № 2. – С. 4–9. <https://doi.org/10.21440/0536-1028-2018-2-4-9>
8. Новые закономерности деформирования контура одиночной выработки в «массиве» и в зонах «разгрузки» / А. Л. Поляков [и др.] // Горная механика и машиностроение. – 2015. – № 4. – С. 13–20.

### References

1. Puzanov D. A., Mozgovenko M. S., Gubanov V. A. The results of stability research of openings at their driving in the sylvinitic layer 4 worked by the lower lava in the mine 3 PU's of JSC "Belaruskali". *Gornaya mekhanika i mashinostroenie = Mine Mechanical Engineering and Machine-Building*, 2014, no. 1, pp. 25–34 (in Russian).
2. Gubanov V. A., Puzanov D. A., Mozgovenko M. S., Erokhin K. A., Podlesnyi I. A., Petrovsky A. B., Dolgikh A. S. Investigation of rock pressure manifestations in development and production workings by mining of underworked and abandoned reserves in the 4 sylvinitic layer and inter-panel pillar of the experimental longwall face № 11-3 on the horizon –620 m of the Third mine group of JSC "Belaruskali". *Gornaya mekhanika i mashinostroenie = Mine Mechanical Engineering and Machine-Building*, 2017, no. 2, pp. 5–18 (in Russian).
3. 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 = Mine Mechanical Engineering and Machine-Building*, 2016, no. 4, pp. 5–17 (in Russian).
4. Smirnov E. V., Chernopazov D. S., Sekuntsov A. I. The technology of successive winning of silvinitic seams reserves in the conditions of Verkhnekamskoye deposit of potassium salts. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal [News of the Higher Institutions. Mining Journal]*, 2017, no. 2, pp. 11–16 (in Russian).
5. Plotnikov Yu. S. Improving the opening and preparation of the first and third southeastern panels of the Usolsky Potash Plant. *Problemy razrabotki mestorozhdenii uglevodородnykh i rudnykh poleznykh iskopaemykh [Problems of development of hydrocarbon and ore mineral deposits]*, 2016, no. 1, pp. 259–262 (in Russian).
6. Russkikh L. G., Chelpanova E. V. Increasing the stability of the roof of working while exploiting KPII within 5 south east panel of "EUROCHEM-UKK" mine. *Aktual'nye problemy povysheniya effektivnosti i bezopasnosti ekspluatatsii gornoshakhtnogo i neftepromyslovogo oborudovaniya [Actual problems of increasing the efficiency and safety of mining and oilfield equipment]*, 2019, vol. 1, pp. 189–194 (in Russian).

7. Valiev N. G., Berkovich V. Kh., Propp V. D., Kokarev K. V. Development of mineral deposits and technogenous formations. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal* [News of the Higher Institutions. Mining Journal], 2018, no. 2, pp. 4–9 (in Russian). <https://doi.org/10.21440/0536-1028-2018-2-4-9>

8. Polyakov A. L., Gubanov V. A., Puzanov D. A., Mozgovenko M. S. New regularities of profile deformation of a single working in “massif” and in “discharge” zones. *Gornaya mekhanika i mashinostroenie = Mine Mechanical Engineering and Machine-Building*, 2015, no. 4, pp. 24–35 (in Russian).

### Информация об авторах

*Петровский Андрей Борисович* – заместитель главного инженера. ОАО «Беларуськалий» (ул. Коржа, 5, 223710, Солигорск, Минская область, Республика Беларусь). E-mail: belaruskali.office@kali.by.

*Прушак Виктор Яковлевич* – член-корреспондент, д-р техн. наук, профессор, директор. Солигорский институт проблем ресурсосбережения с опытным производством (ул. Козлова, 69, 223710, Солигорск, Минская область, Республика Беларусь). E-mail: ipr@sipr.by.

*Пузанов Дмитрий Александрович* – магистр, научный сотрудник. Институт горного дела (ул. Козлова, 69, 223710, Солигорск, Минская область, Республика Беларусь). E-mail: sigd@list.ru.

### Information about the authors

*Petrovskiy Andrey B.* – Deputy Chief Engineer. JSC “Belaruskali” (5, Korzh Str., 223710, Soligorsk, Minsk region, Republic of Belarus). E-mail: belaruskali.office@kali.by.

*Prushak Victor Ya.* – Corresponding Member, D. Sc. (Engineering), Professor, Director. Soligorsk Institute of Resources Saving Problems with Pilot Production (69, Kozlov Str., 223710, Soligorsk, Minsk Region, Republic of Belarus). E-mail: ipr@sipr.by.

*Puzanov Dmitry A.* – Master (Engineering), Researcher. Institute of Mining (69, Kozlov Str., 223710, Soligorsk, Minsk Region, Republic of Belarus). E-mail: sigd@list.ru.