ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2020;(12):33-43
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 622.272.62 DOI: 10.25018/0236-1493-2020-12-0-33-43

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОХРАНЫ ПОВТОРНО ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ ОТРАБОТКЕ КАЛИЙНЫХ ПЛАСТОВ

Д.Г. Сокол[1], Ле Куанг Фук[1], Тхан Ван Зуи[1]

[1] Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: sokaldzianis@gmail.com

Аннотация: Рассмотрены основные способы охраны повторно используемых подготовительных выработок, которые применяются на Старобинском месторождении калийных солей. Отмечено, что наиболее перспективные бесцеликовые технологические схемы для отработки пластов сложного строения длинными очистными забоями предполагают охрану повторно используемых подготовительных выработок, поддерживаемых за линией очистного забоя на границе с выработанным пространством. Также отмечено, что одной из наиболее сложных технологических задач при реализации таких схем является охрана этих выработок на участках от линии забоя лавы до ближайшей технологической сбойки в сторону выработанного пространства. На основании шахтных и аналитических исследований доказано, что повторное использование парных подготовительных выработок для длинных очистных столбов Старобинского месторождения при использовании типовых технологических схем не представляется возможным без применения дополнительных мер охраны этих выработок; а характер изменения размера сечения транспортного штрека в свету на исследуемом участке показал, что вывалы в пространство выработки происходят именно со стороны податливого целика, что объясняется разностью компрессионных характеристик этого целика и нетронутого массива. Выявлены направления совершенствования бесцеликовых технологий при применении системы разработки длинными очистными столбами и повторном использовании подготовительных выработок.

Ключевые слова: калийные пласты; поддержание выработок; длинные очистные столбы; повторное использование выработок; шахтные наблюдения; Старобинское месторождение, способы охраны, бесцеликовые технологии.

Для цитирования: *Сокол Д.Г., Ле Куанг Фук, Тхан Ван Зуи* Актуальные проблемы и перспективы совершенствования охраны повторно используемых подготовительных выработок при отработке калийных пластов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 12. – С. 33–43. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-12-0-33-43.

Safety improvement in recycle development headings in potash mines: Current problems and prospects

D.G. Sokol[1], Le Quang Phuc[1], Than Van Duy[1]

[1] Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russia, e-mail: sokaldzianis@gmail.com

© Д.Г. Сокол, Ле Куанг Фук, Тхан Ван Зуи. 2020.

Abstract: The article discusses basic procedures of safety in recycle development headings in the Starobinsky potassium salt deposit. The prime no-pillar flow charts for longwall mining of complex-structure seams assume protection of recycle development headings with support installation behind the face line at the boundary with mined-out area. One of the most complicated tasks in implementation of such flow charts is safety of such headings in the sections between the longwall face line and the nearest cut-through toward the mined-out area. The underground and analytical investigations prove that recycling of paired development headings in long longwalls in the Starobinsk deposit is impossible in case of standard flow charts without additional protection measures. The nature of change in the finished cross-section of haulage drift n the test area shows that rock falls in the drift take place from the side of a yielding pillar, which is explained by the different compression characteristics of the pillar and intact rock mass. The ways of improving the no-pillar technologies of longwall mining and recycling of development heading are identified.

Key words: potash seams, support of headings, longwall, recycling of headings, underground observations, Starobinsk deposit, protection methods, no-pillar technologies.

For citation: Sokol D. G., Le Quang Phuc, Than Van Duy Safety improvement in recycle development headings in potash mines: Current problems and prospects. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(12):33-43. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-12-0-33-43.

Введение

С увеличением глубины ведения очистной выемки при разработке соляных месторождений особенную актуальность приобретает проблема поддержания в устойчивом и безопасном состоянии выработок не только главных направлений, но также и оконтуривающих выемочные участки. На современном этапе развития технологий горного производства срок службы подготовительных выработок не всегда ограничивается сроком отработки только одного длинного очистного столба [1—4]. Анализ опубликованных изобретений, связанных с отработкой калийных пластов сложного строения, а также с применением технологических схем разработки длинными очистными столбами, показал, что среди перспективных технологий особый интерес представляют схемы, которые предполагают повторное использование подготовительных выработок [5—7].

Можно выделить два основных способа охраны повторно используемых подготовительных выработок, которые применяются на Старобинском месторождении калийных солей и позволяют снизить концентрации напряжений во вмещающих породах: 1 — применение технологических схем с оставлением межстолбовых охранных целиков; 2 — бесцеликовые технологии. При отработке калийных пластов, и в том числе калийных пластов сложного строения, длинными очистными столбами наибольшее распространение получил первый способ.

До недавнего времени охрана не менее 90% от общей протяженности подготовительных выработок осуществлялась посредством оставления в выработанном пространстве межстолбовых целиков. К существенным недостаткам данного способа охраны подготовительных выработок можно отнести:

- неизбежное увеличение потерь полезного ископаемого при увеличении размеров межстолбовых целиков;
- оказание целиками отрицательного влияния на геомеханические условия ведения горных работ в надработанном нижнем технологическом слое.

Поэтому с 2010 г. началось внедрение условно бесцеликовых технологий

для охраны подготовительных выработок, которые подразумевают оставление межстолбовых целиков полезного ископаемого и их последующую выемку тупиковой частью забоя лавы отстающего смежного очистного столба. При этом в зависимости от конкретных горно-геологических условий извлечение охранного целика в данном случае может осуществляться как полностью, так и частично с оставлением в выработанном пространстве полезного ископаемого [8, с. 40]. Следует отметить, что согласно действующим Правилам по обеспечению промышленной безопасности при разработке подземным способом соляных месторождений Республики Беларусь величина извлекаемого при таком способе выемки охранного целика или его части не может превышать 25 м. Это связано с требованиями к параметрам проветривания тупиковой части длинного очистного столба, что накладывает определенные ограничения на применение подобных технологических схем, в особенности в исполнении, когда охранный целик извлекается на всю его величину [9]. Основной недостаток условно бесцеликовых технологий охраны подготовительных выработок заключается в том, что с увеличением глубины ведения очистных работ до значений свыше 600 м охранные целики становятся концентраторами напряжений, в результате этого они преждевременно деформируются и не обеспечивают требуемое безопасное состояние охраняемой подготовительной выработки в течение заданного срока ее службы.

Бесцеликовые технологии, которые применяются для охраны подготовительных выработок, позволяют исключить описанные выше недостатки [5, 10]. По признаку расположения относительно нетронутого массива и выработанного пространства охраняемые по бесцеликовым технологиям выработки можно разделить на три основные группы:

- выработки, поддерживаемые на границе с выработанным пространством длинного очистного столба;
- выработки, проводимые вприсечку с выработанным пространством длинного очистного столба;
- выработки, проводимые непосредственно в выработанном пространстве.

Анализ опыта отработки пластовых месторождений [11 — 13] показал, что, сравнивая три представленные группы, можно отметить следующее: в наиболее неудовлетворительном и небезопасном состоянии, как правило, находятся выработки именно третьей группы. Данная особенность объясняется тем, что охрана повторно используемых выработок осуществляется в наиболее сложных горнотехнических условиях, эти выработки подвержены влиянию опорного давления впереди очистного забоя лавы и за ним, а также опорного давления в зоне влияния очистных работ в смежном очистном столбе. В условиях калийных рудников Старобинского месторождения при отработке пластов сложного строения длинными очистными забоями наиболее перспективные бесцеликовые технологические схемы предполагают охрану повторно используемых подготовительных выработок, проводимых непосредственно в выработанном пространстве. Данные выработки оформляют за линией очистного забоя с возведением односторонних породных полос.

Наиболее сложной технологической задачей при реализации перспективных бесцеликовых схем представляется поддержание штреков на границе с выработанным пространством по всей длине очистного столба. Однако не менее важным является вопрос охраны этих выработок на границе с выработанным пространством на участках от линии забоя лавы до ближайшей технологической

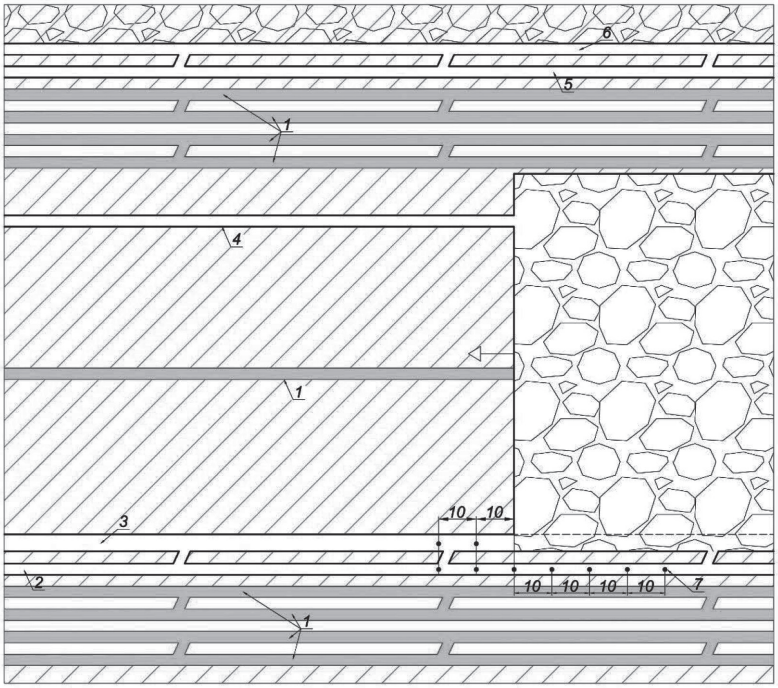

Рис. 1. Типовая схема расположения контрольных точек, в которых осуществлялись замеры поперечного сечения подготовительных выработок в свету: 1 — подготовительные выработки по верхнему технологическому слою; 2, 3 — исследуемые транспортный и конвейерный штреки; 4 — вентиляционный штрек; 5, 6 — транспортный и конвейерный штреки смежного очистного столба; 7 — контрольные точки

Fig. 1. Standard layout of check points for finished cross-section measurements in development headings: 1 — development headings on upper process layer; 2, 3 — test haulage and conveyor drifts; 4 — ventilation drift; 5, 6 — haulage and conveyor drifts of adjacent longwall; 7 — check points

сбойки в сторону выработанного пространства. С целью оценки существующих возможностей и потенциала охраны парных подготовительных выработок за линией очистного забоя были проведены шахтные исследования в условиях рудников Старобинского месторождения калийных солей.

Методы шахтных исследований

Методика проведения исследований основывалась на осуществлении шахтных наблюдений за характером деформирования контура исследуемых выработок и изменением их поперечного сечения в свету: на участке транспортного штрека лавы от точки, расположенной в 20 м перед линией очистного забоя лавы, до точки, расположенной в 40 м за линией очистного забоя лавы. На данном участке были осуществлены физические замеры геометрических параметров выработки через каждые 10 м на различных этапах ведения очистных работ с разницей во времени от нескольких часов до четырех суток. Также были проведены дистанционные наблюдения на участке транспортного штрека лавы от точки, расположенной в 40 м за линией очистного забоя лавы, на расстояние 60 м в сторону выработанного пространства. Невозможность проведения физических замеров на данном участке лавы объясняется неудовлетво-

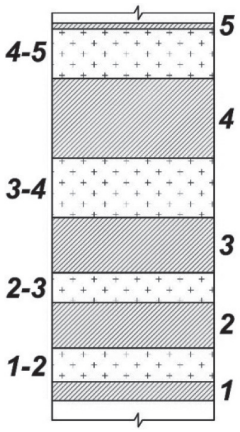

Рис. 2. Строение нижнего калийного пласта Третьего горизонта Старобинского месторождения: 1,2,3,4,5 — сильвинитовые слои; 1—2, 2—3, 3—4, 4—5 — прослои каменной соли

Fig. 2. Structure of bottom potash seam of the Third Horizon in the Starobinsk deposit: 1, 2, 3, 4, 5 — sylvinite layers; 1-2, 2-3, 3-4, 4-5 — rock salt interbeds

рительным состоянием кровли и стенок выработки, нахождение там людей представлялось рискованным и небезопасным. На рис. 1 приведена типовая схема расположения контрольных точек, в которых были осуществлены соответствующие замеры.

Наблюдения проводились в подготовительных выработках, пройденных по нижнему сильвинитовому пласту третьего калийного горизонта (рис. 2). Этот пласт является основным промышленным пластом Старобинского месторождения калийных солей, простирается по всей его площади и состоит из чередующихся прослоев сильвинита и каменной соли. Интерес для промышленной отработки на сегодняшний день представляют слои 2, 3 и 4, которые, как правило, извлекают в нисходящем порядке — сначала лавой отрабатывается верхний технологический слой 4, после чего осуществляется очистная выемка руды одновременно по слоям 2 и 3, которые извлекаются вместе с галитом по слою 2—3, а слой галита 3—4 оставляют нетронутым.

Исследуемые транспортный и конвейерный штреки были проведены при подготовке длинного очистного столба в надработанном массиве для последующей выемки лавой слоев 2, 2—3, 3. Привязка кровли подготовительных выработок относительно пласта определяется Паспортом крепления и управления кровлей для данного очистного столба и составляет 0,1 м над слоем 3. Исследуемые выработки имеют сводчатую форму поперечного сечения. Высота, ширина и площадь сечения для транс-

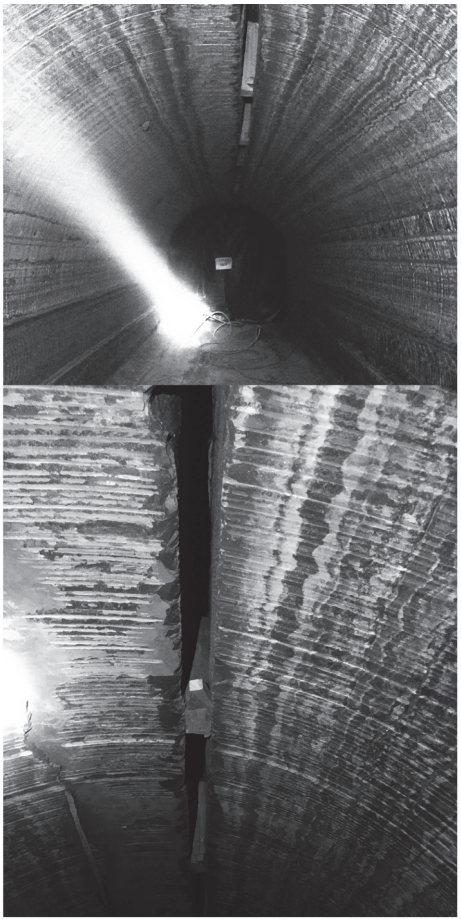

Рис. 3. Транспортный штрек лавы и кровля транспортного штрека лавы на расстоянии 20 м до линии очистного забоя

Fig. 3. Haulage drift and its roof at a distance of 20 m to the longwall face line

портного и конвейерного штреков составляют 3 м, 3 м и 8 м квадратных, а также 3 м, 4,3 м и 11,9 м квадратных соответственно. Размер междуштрекового целика равен 3 м. Длина очистного столба 2300 м, на момент проведения наблюдений линия очистного забоя лавы находилась на расстоянии в 480 — 510 м до границы остановки очистного комплекса на демонтаж. Действующие на момент проведения исследований меры охраны выработок:

- компенсационная щель в кровле транспортного штрека;
- винтовое анкерное крепление кровли конвейерного штрека в два ряда с шагом 1,5 м; длина анкеров — 1,2 м.

Результаты шахтных исследований

На рис. 3 представлены фотографии, демонстрирующие состояние транспортного штрека лавы на расстоянии 20 м до линии очистного забоя лавы. Как видно на фотографиях, данный участок выработки находится в удовлетворительном и безопасном состоянии. Наблюдается небольшое сужение компенсационной щели — до 10 мм, конвергенция стенок горной выработки не превышает 15 мм, при этом полностью отсутствуют признаки пучения почвы штрека.

Как видно из рис. 4, на следующем участке от точки +20 м до точки –10 м состояние подготовительной выработки остается практически неизменным. Уже за линией очистного забоя лавы начинают развиваться существенные деформации, которые приводят к тому, что в точке –40 м состояние подготовительной выработки уже можно охарактеризовать как неудовлетворительное и небезопасное (рис. 5).

Величина сужения компенсационной щели здесь достигает 50 мм, а конвергенция стенок горной выработки составляет 150 — 200 мм, что в некоторых местах уже приводит к их обрушению. Присутствует несущественное пучение почвы в этой точке –40 мм. При этом на расстоянии 50 — 60 м за точкой –40 м еще сохраняется более 70% диаметра выработки, однако перемещение по этому участку людей небезопасно по причине возможных вывалов кусков породы из, преимущественно, стенок, а также кровли выработки.

Конвейерный штрек лавы благодаря установленному винтовому анкерному креплению на участке до линии очистного забоя сохраняется в безопасном состоянии. Но при этом участок конвейерного штрека, находящийся на границе с выработанным пространством за ли-

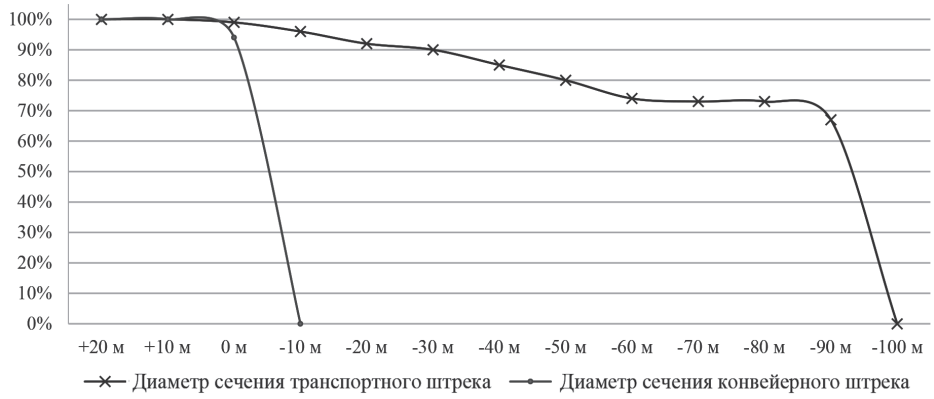

Рис. 4. График изменения размера сечения транспортного штрека в свету на исследуемом участке
Fig. 4. Plot of change in finished cross-section of haulage drift in the test area

нией очистного забоя лавы, погашается мгновенно по мере передвижки секций крепи сопряжения, поддерживаемый только с одной стороны податливым трехметровым целиком.

Интерпретация полученных результатов исследований

Результаты проведенных шахтных исследований демонстрируют, что повторное использование парных подготовительных выработок для длинных очистных столбов Старобинского месторождения при использовании типовых технологических схем не представляется возможным без применения дополнительных мер охраны этих выработок. При этом повторное использование отдельно транспортного штрека лавы также невозможно ввиду практически полного отсутствия технологической необходимости для его последующей эксплуатации, что определяется набором параметров существующих технологических схем, применяемых на Старобинском месторождении калийных солей. Опыт отработки данного месторождения показывает, что единственная возможность повторного использования такой выработки открывается в случае применения ее в качестве вентиляционного штрека смежного очистного столба. Однако, несмотря на положительный опыт применения подобных схем, вышеописанная технология вызывает серьезные сомнения в надежности обоснования ее параметров, поскольку ее явным и существенным недостатком является отсутствие возможности обеспечить ремонт данной воздухоподающей выработки в случае ее обрушения в период отработки следующего очистного столба, что, в свою очередь, приведет к нарушению проветривания в забое лавы без возможности его оперативного восстановления. Это делает необоснованно рискованным применения таких технологических схем.

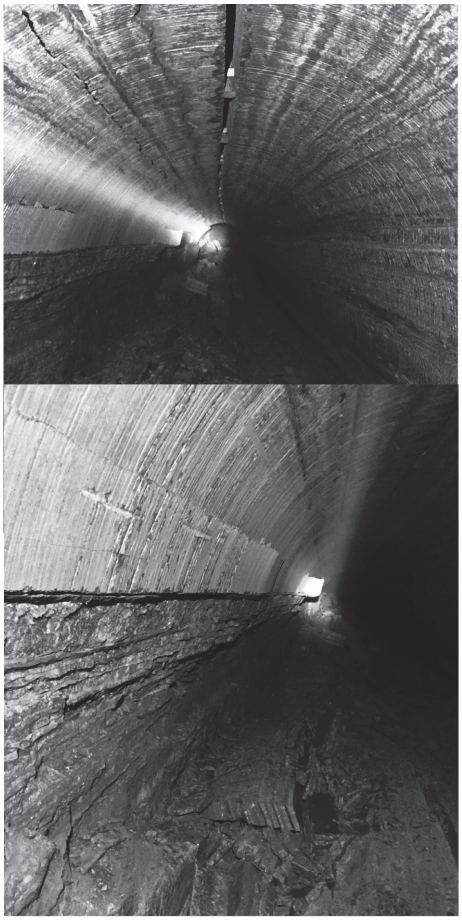

Рис. 5. Транспортный штрек лавы и стенки транспортного штрека лавы на расстоянии 40 м за линией очистного забоя

Fig. 5. Haulage drift and its sidewalls in longwall at a distance of 40 m behind the face line

На угольных шахтах Донбасса существует положительный опыт возведения двойных односторонних породных полос, предназначенных для поддержания подготовительных выработок за лавой и их дальнейшего повторного использования. Данная технология заключается в том, что по одной из сторон штрека выкладываются две породные полосы. Первая — опорная, ее ширина составляет 5—7 м, она располагается в 6—8 м от охраняемой подготовительной выработки. Вторая — ограждающая, возво-

дится в непосредственной близости от штрека, и ее ширина составляет 2 — 3 м. Оставленное расстояние между этими двумя породными полосами выполняет роль накопителя для выдавливаемых кусков породы. Подобное расположение в пространстве бутовых полос позволяет обеспечить более плавное и контролируемое опускание пород кровли за счет управления габаритными размерами этих полос и изменения расстояния между ними. Также предотвращение неравномерного распределения напряжений, причиной которого может стать несоответствие компрессионных характеристик породной полосы или полос с одной стороны выработки и нетронутого породного массива с другой, возможно за счет искусственного ослабления массива, например, буровзрывным способом или компенсационными щелями. Так, например, на рис. 5 можно наблюдать, что вывалы в пространство выработки происходят именно со стороны податливого трехметрового целика, что объясняется разностью компрессионных характеристик этого целика и нетронутого массива. При этом следует принимать во внимание, что использование породных полос с шириной, обеспечивающей практически полное отсутствие их податливости, может отрицательно отразиться при последующей выемке надработанного нижнего технологического слоя — породная полоса с такими характеристиками фактически будет выполнять роль жесткого межстолбового целика, концентрируя вокруг себя опорное давление [13, 14].

Согласно действующей Инструкции по охране и креплению горных выработок на Старобинском месторождении повторное использование выработок допускается только на глубинах до 900 м, при этом в кровле такой выработки требуется оставлять монолитный слой сильвинита или каменной соли мощностью не менее 0,2 м. Существует также требование к ширине повторно используемых выработок — она не должна превышать 3,5 м, что важно учитывать при проектировании технологических схем с повторным использованием парных подготовительных выработок. Это связано с тем, что ширина конвейерного штрека для длинных очистных столбов на Старобинском месторождении как правило составляет более 4,2 м [15 — 17]. Таким образом, при возведении породных полос в выработанном пространстве вдоль конвейерного штрека лавы необходимо осуществлять закладку выработанного пространства, чтобы ширина оформляемой выработки не превышала допустимых значений. Кроме того, необходимо учитывать геометрическую форму возводимой породной полосы, представляющей собой равнобедренную трапецию, основания которой увеличиваются по мере опускания пород кровли и усадки закладочного материала.

Основные выводы

Результаты проведенных шахтных исследований показали, что на сегодняшний день поддержание подготовительных выработок за линией очистного забоя для их повторного использования без применения дополнительных мер охраны в виде закладки выработанного пространства пустой породой не представляется возможным даже на непротяженных участках. С целью обеспечения устойчивости выработок на этапе проектирования подготовительных работ также необходимо учитывать формы и размеры поперечного сечения выработок, параметров крепления и привязки кровли этих выработок, размеры междуштрековых целиков. При этом наиболее важное значение имеют параметры закладочного массива, возводимого на границе с выработанным

пространством. Охрана повторно используемых подготовительных выработок породными полосами осложняется неравномерностью распределения напряжений во вмещающих охраняемую выработку породах и закладочном массиве, что может обуславливать необходимость искусственной разгрузки нетронутого массива. При этом параметры закладки должны одновременно обеспечивать устойчивость кровли охраняемой выработки и необходимую и достаточную плавность опускания кровли выработанного пространства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Cocker M. D.*, *Orris G. J.* World potash developments / Proceedings of the 48th Annual Forum on the Geology of Industrial Minerals. Ch. 1. Scottsdale, 2015. Pp. 1—16.

2. *Jie C., Liu J.-X., Jiang D.-Y., Fan J.-Y., Ren S.* An experimental study of strain and damage recovery of salt rock under confining pressures // Rock and Soil Mechanics. 2016. Vol. 37. No 1. Pp. 105—112.

3. *Feng G. R.*, *Wang P. F.*, *Chugh Y. P.* A new gob-side entry layout for longwall top coal caving // Energies. 2018. Vol. 11. No 5. P. 1292.

4. *Wang P. F.*, *Feng G. R.*, *Zhao J., Wang Z.* Improving stress environment in development entries through an alternate longwall mining layout // Arabian Journal of Geosciences. 2018. Vol. 11. No 2. P. 44.

5. *Зубов В. П.*, *Смычник А. Д.*, *Кириенко В. М.*, *Плескунов В. Н.* Патент РБ № 9409, 30.06.2007. ОАО «Белгорхимпром». 2007. Бюл. № 1.

6. *Калиниченко П. И.*, *Петровский Б. И.*, *Тараканов В. А.*, *Петровский А. Б.*, *Петровский Ю. Б.* Патент РБ № 17776, 30.12.2013. ОАО «Беларуськалий». 2013. Бюл. № 6.

7. *Прушак В. Я.*, *Щерба В. Я.*, *Карабань Д. Т.*, *Калиниченко П. И.*, *Петровский Б. И.*, *Петровский А. Б.*, *Петровский Ю. Б.*, *Мисников В. А.*, *Калиниченко И. Н.* Патент РБ № 18033, 28.02.2014. ЗАО «Солигорский институт проблем ресурсосбережения с опытным производством». 2014. Бюл. № 1.

8. *Петровский Б. И.*, *Мисников В. А.*, *Шаманин А. В.*, *Петровский А. Б.*, *Саникович А. Н.* Инструкция по применению систем разработки на Старобинском месторождении. — Солигорск, 2018. — 146 с.

9. *Правила* по обеспечению промышленной безопасности при разработке подземным способом соляных месторождений Республики Беларусь. — Солигорск-Минск, 2017.

10. *Зубов В. П.* Применяемые технологии и актуальные проблемы ресурсосбережения при подземной разработке пластовых месторождений полезных ископаемых // Горный журнал. — 2018. — № 6. — С. 77—83. DOI: 10.17580/gzh.2018.06.16.

11. *Демин В. Ф.*, *Портнов В. С.*, *Демина Т. В.*, *Жумабекова А. Е.* Исследование деформированного состояния приконтурного углепородного массива вокруг горной выработки с анкерным креплением // Уголь. — 2019. — № 7. — С. 72—77. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-7-72-77.

12. *Демин В. Ф.*, *Демина Т. В.*, *Кайназаров А. С.*, *Кайназарова А. С.* Оценка эффективности применения технологических схем проведения горных выработок для повышения устойчивости их контуров // Устойчивое развитие горных территорий. — 2018. — Т. 10. — № 4. — С. 606—617. DOI: 10.21177/1998-4502-2018-4-606-616.

13. *Терещук Р. Н.*, *Наумович А. В.* Обеспечение устойчивости подготовительных выработок глубоких угольных шахт: Монография. — Днепропетровск: НГУ, 2015. — 134 с.

14. *Сокол Д. Г.* Направления совершенствования бесцеликовых технологических схем отработки калийных пластов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. — 2018. — № 4. — С. 93–94. DOI: 10.26730/1999-4125-2018-4-93-98.

15. *Инструкция* по охране и креплению горных выработок на Старобинском месторождении. — Солигорск-Минск, 2010. — 125 с.

16. *Прушак В. Я.*, *Щерба В. Я.* Технологические схемы бесцеликовой отработки калийных пластов в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях // Годишник на Минно-геоложкия университет «Св. Иван Рилски». — 2012. — Т. 55. — Св. II. Добив и переработка на минерални суровини. — С. 10—15.

17. *Petlovanyi M. V.*, *Lozynskyi V. H.*, *Saik P. B.*, *Sai K. S.* Modern experience of low-coal seams underground mining in Ukraine // International Journal of Mining Science and Technology. 2018. Vol. 28. No 6. DOI: 10.1016/j.ijmst.2018.05.014. ГИАБ

REFERENCES

1. Cocker M. D., Orris G. J. World potash developments. *Proceedings of the 48th Annual Forum on the Geology of Industrial Minerals*. Ch. 1. Scottsdale, 2015. Pp. 1—16.

2. Jie C., Liu J.-X., Jiang D.-Y., Fan J.-Y., Ren S. An experimental study of strain and damage recovery of salt rock under confining pressures. *Rock and Soil Mechanics*. 2016. Vol. 37. No 1. Pp. 105—112.

3. Feng G. R., Wang P. F., Chugh Y. P. A new gob-side entry layout for longwall top coal caving. *Energies*. 2018. Vol. 11. No 5. P. 1292.

4. Wang P. F., Feng G. R., Zhao J., Wang Z. Improving stress environment in development entries through an alternate longwall mining layout. *Arabian Journal of Geosciences*. 2018. Vol. 11. No 2. P. 44.

5. Zubov V. P., Smychnik A. D., Kirienko V. M., Pleskunov V. N. *Patent BY 9409*, 30.06.2007.

6. Kalinichenko P. I., Petrovskiy B. I., Tarakanov V. A., Petrovskiy A. B., Petrovskiy Yu. B. *Patent BY* 17776, 30.12.2013.

7. Prushak V. Ya., Shcherba V. Ya., Karaban' D. T., Kalinichenko P. I., Petrovskiy B. I., Petrovskiy A. B., Petrovskiy Yu. B., Misnikov V. A., Kalinichenko I. N. *Patent BY* 18033, 28.02.2014.

8. Petrovskiy B. I., Misnikov V. A., Shamanin A. V., Petrovskiy A. B., Sanikovich A. N. *Instruktsiya po primeneniyu sistem razrabotki na Starobinskom mestorozhdenii* [Instructions for the use of development systems at the Starobinskoye field], Soligorsk, 2018, 146 p. [In Russ].

9. *Pravila po obespecheniyu promyshlennoy bezopasnosti pri razrabotke podzemnym sposobom solyanykh mestorozhdeniy Respubliki Belarus'* [Rules for ensuring industrial safety in underground mining of salt deposits of the Republic of Belarus], Soligorsk-Minsk, 2017. [In Russ].

10. Zubov V. P. Applied technologies and current problems of resource-saving in underground mining of stratified deposits. *Gornyi Zhurnal*. 2018, no 6, pp. 77—83. [In Russ]. DOI: 10.17580/gzh.2018.06.16.

11. Demin V. F., Portnov V. S., Demina T. V., Zhumabekova A. Ye. Studying stress-strain state of border carbon massif around mine working with roof bolting. *Ugol'*. 2019, no 7, pp. 72—77. [In Russ]. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-7-72-77.

12. Demin V. F., Demina T. V., Kaynazarov A. S., Kaynazarova A. S. Evaluation of the workings technological schemes effectiveness to increase the stability of their contours. *Sustainable development of mountain territories*. 2018. Vol. 10, no 4, pp. 606—617. [In Russ]. DOI: 10.21177/1998-4502-2018-4-606-616.

13. Tereshchuk R. N., Naumovich A. V. *Obespechenie ustoychivosti podgotovitel'nykh vyrabotok glubokikh ugol'nykh shakht*: Monografiya [Ensuring the stability of preparatory workings of deep coal mines: Monograph], Dnepropetrovsk, NGU, 2015, 134 p.

14. Sokol D. G. Principal directions of the development of mining methods for potash seams. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2018, no 4, pp. 93–94. [In Russ]. DOI: 10.26730/1999-4125-2018-4-93-98.

15. *Instruktsiya po okhrane i krepleniyu gornykh vyrabotok na Starobinskom mestorozhdenii* [Instructions for protecting and securing mine workings at the Starobinskoye field], Soligorsk-Minsk, 2010, 125 p. [In Russ].

16. Prushak V. Ya., Scherba V. Ya. Technological schemes of potash seams pillarless mining under difficult geo-logical and mining condition. *Annual of the University of mining and geology «St. Ivan Rilski»*, 2012, Vol. 55, Part II. Mining and Mineral processing, pp. 10—15.

17. Petlovanyi M.V., Lozynskyi V.H., Saik P.B., Sai K.S. Modern experience of low-coal seams underground mining in Ukraine. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2018. Vol. 28. No 6. DOI: 10.1016/j.ijmst.2018.05.014.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сокол Денис Геннадьевич[1] — аспирант, e-mail: sokaldzianis@gmail.com,
Ле Куанг Фук[1] — аспирант, e-mail: lequangphuc@humg.edu.vn,
Тхан Ван Зуи[1] — аспирант, e-mail: thanduyvp@gmail.com,
[1] Санкт-Петербургский горный университет.
Для контактов: Сокол Д.Г., e-mail: sokaldzianis@gmail.com.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

D.G. Sokol[1], Graduate Student, e-mail: sokaldzianis@gmail.com,
Le Quang Phuc[1], Graduate Student, e-mail: lequangphuc@humg.edu.vn,
Than Van Duy[1], Graduate Student, e-mail: thanduyvp@gmail.com,
[1] Saint-Petersburg Mining University, 199106, Saint-Petersburg, Russia
Corresponding author: D.G. Sokol, e-mail: sokaldzianis@gmail.com.

Получена редакцией 19.03.2020; получена после рецензии 18.06.2020; принята к печати 10.11.2020.
Received by the editors 19.03.2020; received after the review 18.06.2020; accepted for printing 10.11.2020.

РУКОПИСИ, ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА И ЕЕ ИНТЕРФЕЙСА

(№ 1227/12–20 от 23.09.2020; 10 с.)

Шогенова Залина Асланбековна[1] — старший преподаватель, e-mail: shogenova.88@mail.ru,
Жилов Ислам Анзорович[1] — магистр, *Созаев Ильяс Исхакович*[1] — магистр,
Макоев Ислам Аскербиевич[1] — магистр, e-mail: Makoev-islam@bk.ru,
[1] Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия.

Проведен анализ способа разработки системы удаленного мониторинга и ее интерфейса для теплицы. Правильно выбранная технология поддержания микроклимата — одна из важнейших составляющих, позволяющих повысить урожайность, а эффективное использование энергоресурсов — дополнительная возможность существенно уменьшить себестоимость производимой продукции. Ведется активная модернизация теплиц, связанная с повышением количества исполнительных систем: разделение контуров, модернизация форточной вентиляции, установка систем зашторивания, установка вентиляторов. Чем больше исполнительных систем имеет теплица, тем важнее для нее выбор критерия, определяющего стратегию поддержания микроклимата.

Ключевые слова: мониторинг, освещение, умная теплица, температура, удаленный мониторинг, автоматизация умной теплицы, Ардуино.

DEVELOPMENT OF A REMOTE MONITORING SYSTEM AND ITS INTERFACE

Z.A. Shogenova[1], Senior Lecturer, e-mail: shogenova.88@mail.ru,
I.A. Zhilov, Magister, *I.I. Sozaev*[1], Magister, *I.A. Makoev*[1], Magister, e-mail: Makoev-islam@bk.ru,
[1] Kh.M. Berbekov Kabardino-Balkarian State University, 360004, Nalchik, Russia.

The method of developing a remote monitoring system and its interface for a greenhouse is analyzed. Correctly chosen technology for maintaining the microclimate is one of the most important components to increase yields. And the efficient use of energy resources is an additional opportunity to significantly reduce the cost of production. Currently, an active modernization of greenhouses is underway, associated with an increase in the number of executive systems: separation of circuits, modernization of window ventilation, installation of curtain systems, installation of fans. And the more executive systems a greenhouse has, the more important it is for it to choose a criterion that determines a strategy for maintaining a microclimate.

Key words: monitoring, lighting, smart greenhouse, temperature, remote monitoring, smart greenhouse automation, Arduino.