

УДК 622.363.2:622.211

**ОТРАБОТКА КАЛИЙНЫХ ПЛАСТОВ СТАРОБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
НА УЧАСТКАХ ШАХТНЫХ ПОЛЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ РАЗМЕРАМИ**

Кологривко А.А. (Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь), Дакуко С.Н. (РУП «ПО «Беларуськалий», г. Солигорск, Беларусь)

*Установлено, что реализация предложенных технологических схем в условиях действующих калийных рудников РУП «ПО «Беларуськалий» позволит уменьшить эксплуатационные потери полезного ископаемого на 40-80 %, удельную протяженность подготовительных выработок в 1,4-2,0 раза, затраты на поддержание повторно используемых выработок на 60-70 %.*

**Введение**

Перспективным направлением повышения технико-экономических показателей очистной выемки в условиях калийных рудников РУП «ПО «Беларуськалий» является использование при отработке участков с ограниченными размерами систем разработки полезного ископаемого с разворотом лавы без демонтажа очистного оборудования. Основным недостатком известных технологических схем с разворотом лав на границе панелей являются значительные эксплуатационные потери полезного ископаемого в целиках, достигающие 33 % балансовых запасов панели и большая удельная протяженность подготовительных выработок [1].

**Результаты исследования**

Как следует из проведенных исследований [1], к числу основных тенденций, влияющих на выбор технологических схем отработки Третьего калийного пласта на рудниках РУП «ПО «Беларуськалий», относятся:

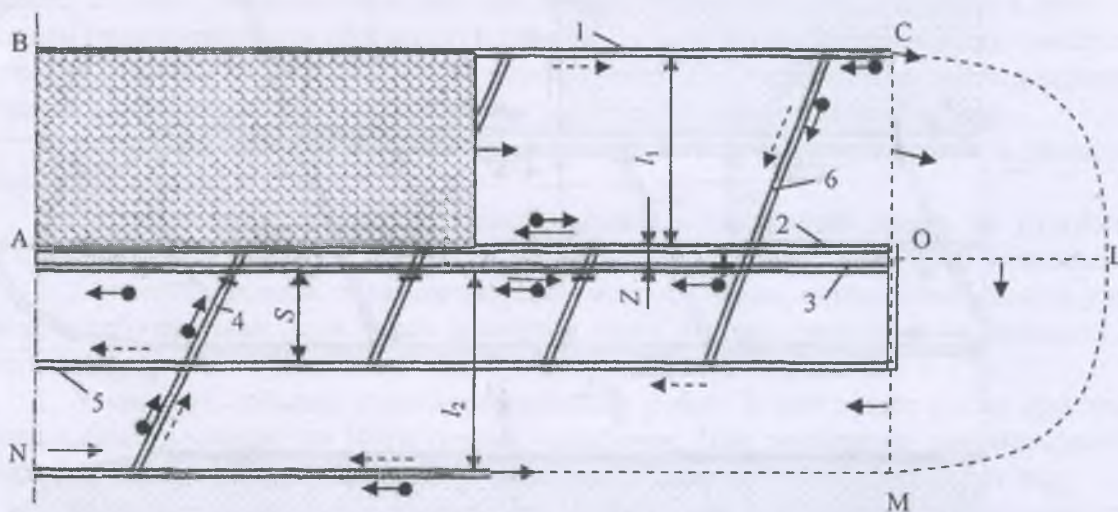
1. Увеличение производительности очистных механизированных комплексов и времени их эффективной эксплуатации до ремонта.
2. Увеличение с ростом глубины потерь полезного ископаемого, оставляемого в целиках и между столбами, (эксплуатационные потери в целиках достигают 65 %).
3. Увеличение числа участков шахтных полей с размерами, которые меньше оптимальной длины столба при использовании современных очистных механизированных комплексов. Длины столбов, подготавливаемых к отработке в ближайшие 10-20 лет, по IV-му слою на 40-50 % не соответствуют оптимальному значению. На строящихся рудниках (Краснослободский и Березовский) таких участков около 80 %.

Эффективная отработка участков с ограниченными размерами может быть достигнута с применением технологических схем, которые должны обеспечить минимальные потери полезного ископаемого в недрах; сократить объемы горно-подготовительных работ и затраты на подготовку панели; увеличить длину выемочных столбов до значений, близких к оптимальным.

Для отработки IV-го сильвинитового слоя Третьего калийного пласта предлагается три варианта технологической схемы.

**Вариант № 1.** Для подготовки панели по IV сильвинитовому слою проходят штреки 1, 2, 3, 5 и сбойки 4. В случае одновременной проходки этих выработок очистные работы можно начинать при неполном оконтуривании панели подготовительными

выработками (рисунок 1). Это позволит сократить срок ввода в эксплуатацию новой лавы и увеличить пространственную концентрацию работ в панели. Схема проветривания и транспорта обеспечивается посредством технологических сбоек, расположенных в поле лавы. По ним подается свежая струя воздуха, транспортируется руда, добытая от проходки выработки.



1 – обводной штрек; 2 – конвейерный штрек лавы, обрабатывающей столб до разворота; 3 – панельный конвейерный штрек; 4 – технологические сбойки; 5 – панельный вентиляционный штрек; 6 – вентиляционная сбойка;  $Z$  – ширина целика для охраны штрека 3;  $S$  – ширина охранного целика для выработки 5;  $l_2$  – длина лавы после разворота;  $l_1$  – длина лавы до разворота; + – конвейерное окно

**Рисунок 1 – Схема проветривания и транспорта руды в начале очистных работ до полного оконтуривания панели горными выработками**

Сущность технологической схемы (рисунок 2) заключается в отработке участка ограниченных размеров с разворотом лавы на его границе и оставлением целика шириной  $Z$  между столбами, обрабатываемыми до и после разворота [3]. При выемке столба полезного ископаемого на 1-м этапе лава движется от выработок главного направления к границе выемочного участка. Здесь осуществляют разворот лавы, после чего производят отработку столба в противоположном направлении до выработок главного направления (2-й этап).

Схема транспорта в период работы лавы до разворота (рисунок 2а): лава – (2 – 4 – 3) – выработки главного направления – околоствольный двор.

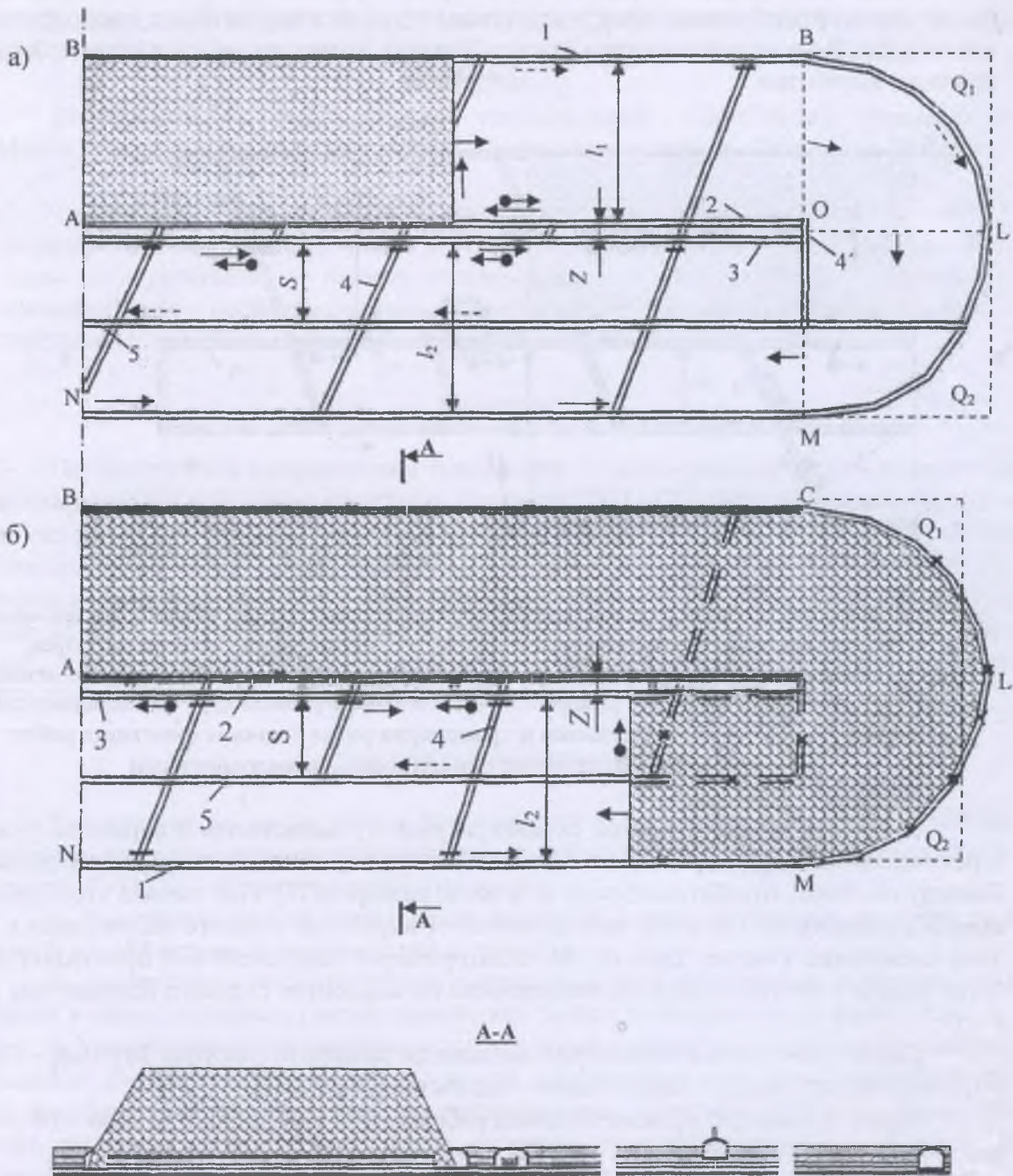
Схема транспорта из лавы в период работы лавы при развороте: лава – (4' – 3) – выработки главного направления – околоствольный двор.

Схема транспорта из лавы в период после ее разворота (рисунок 2б): лава – 3 – выработки главного направления – околоствольный двор.

Транспорт руды, добываемой при проведении обводной выработки 1, производится по выработкам (1 – 6 – 3) выработки главного направления. Для обеспечения отвода отработанной струи по сбойке 6 на панельный вентиляционный штрек 5 и несмешивания струй (рисунок 1) на конвейерном штреке 3 устанавливают конвейерное окно.

Проветривание лавы в период ее работы до разворота при неполном оконтуривании участка подготовительными выработками осуществляется следующим образом (рисунок 1): главный транспортный штрек – (3 – 4 – 2) – лава – (1 – 6 – 5) – главный вентиляционный штрек. Проветривание лавы в период ее работы до разворота при полном оконтуривании участка

подготовительными выработками (рисунок 2а): главный транспортный штрек – (3 – 4 – 2) – лава – 1 – главный вентиляционный штрек.



1 – обводной штрек; 2 – конвейерный штрек лавы, обрабатывающей столб до разворота; 3 – панельный конвейерный штрек; 4, 4' – технологические сбойки; 5 – панельный вентиляционный штрек;  $Z$  – ширина целика для охраны штрека 3;  $S$  – ширина охранного целика для выработки 5;  $l_1$  – длина лавы до ее разворота;  $l_2$  – длина лавы после ее разворота;  $Q_1, Q_2$  – угловые участки  
**Рисунок 2 – Технологическая схема с разворотом лавы (вариант № 1), рекомендуемая при отработке IV силвинитового слоя**

Проветривание лавы в период разворота: главный транспортный штрек – (3 – 4) – лава – (1 – 5) – главный вентиляционный штрек. Проветривание лавы в период после разворота (рисунок 2б): главный транспортный штрек – 3 (1) – лава – 5 – главный вентиляционный штрек.

Схема вентиляции после разворота несколько меняется с появлением вентиляционного штрека, разделяющего лаву на 2 части. Свежая струя поступает в лаву по бортовым (конвейерному и обводному) штрекам, а выходит по центральному (вентиляционному) штреку. Эта схема широко используется на Старобинском месторождении при выемке сильвинита двухкомбайновыми механизированными комплексами.

Доставка людей может проводиться по выработке 1 второго столба и далее по сбойке 4.

По сравнению со схемами, применяемыми в настоящее время на рудниках РУП «ПО «Беларуськалий» [2], широкая реализация приведенного варианта позволяет:

1. Сократить потери полезного ископаемого в целике, оставляемом между участками, отработанными до и после разворота лавы. Потери полезного ископаемого в известных вариантах составляют 30-60 %, в рекомендуемом варианте – 5-7 %.

2. Уменьшить объемы горно-проходческих работ. В настоящее время при подготовке панели проходят до 10-ти горных выработок. При реализации рекомендуемой технологической схемы для подготовки панели необходимо пройти 5 выработок.

К числу основных параметров рекомендуемой технологической схемы относится ширина целика  $Z$ . Главной функцией этого целика является обеспечение удовлетворительного состояния выработки 3 в период отработки участка после разворота лавы. После выполнения указанной функции целик должен разрушиться в выработанном пространстве под воздействием горного давления, чтобы не создавать проблем в лавах нижнего технологического слоя.

**Вариант № 2.** Эта схема (рисунок 3 [3]) отличается от приведенной (рисунок 2) тем, что охрана штрека 3 проводится целиком совместно с породной полосой, созданной при отработке участка в период до разворота лавы.

Для подготовки панели по IV сильвинитовому слою проходят штреки 1, 2, 3, 5 и сбойки 4. Причем, при реализации схемы все выработки должны быть пройдены до начала очистных работ.

Сущность предлагаемой технологической схемы (рисунок 3) отличается от схемы по варианту № 1 (рисунок 2) тем, что формирование породной полосы за лавой осуществляется для обеспечения повторного использования штрека 3 при отработке участка после разворота лавы. При выемке столба полезного ископаемого на 1-м и 2-м этапах (рисунок 3) все операции выполняются по варианту № 1 (рисунок 2).

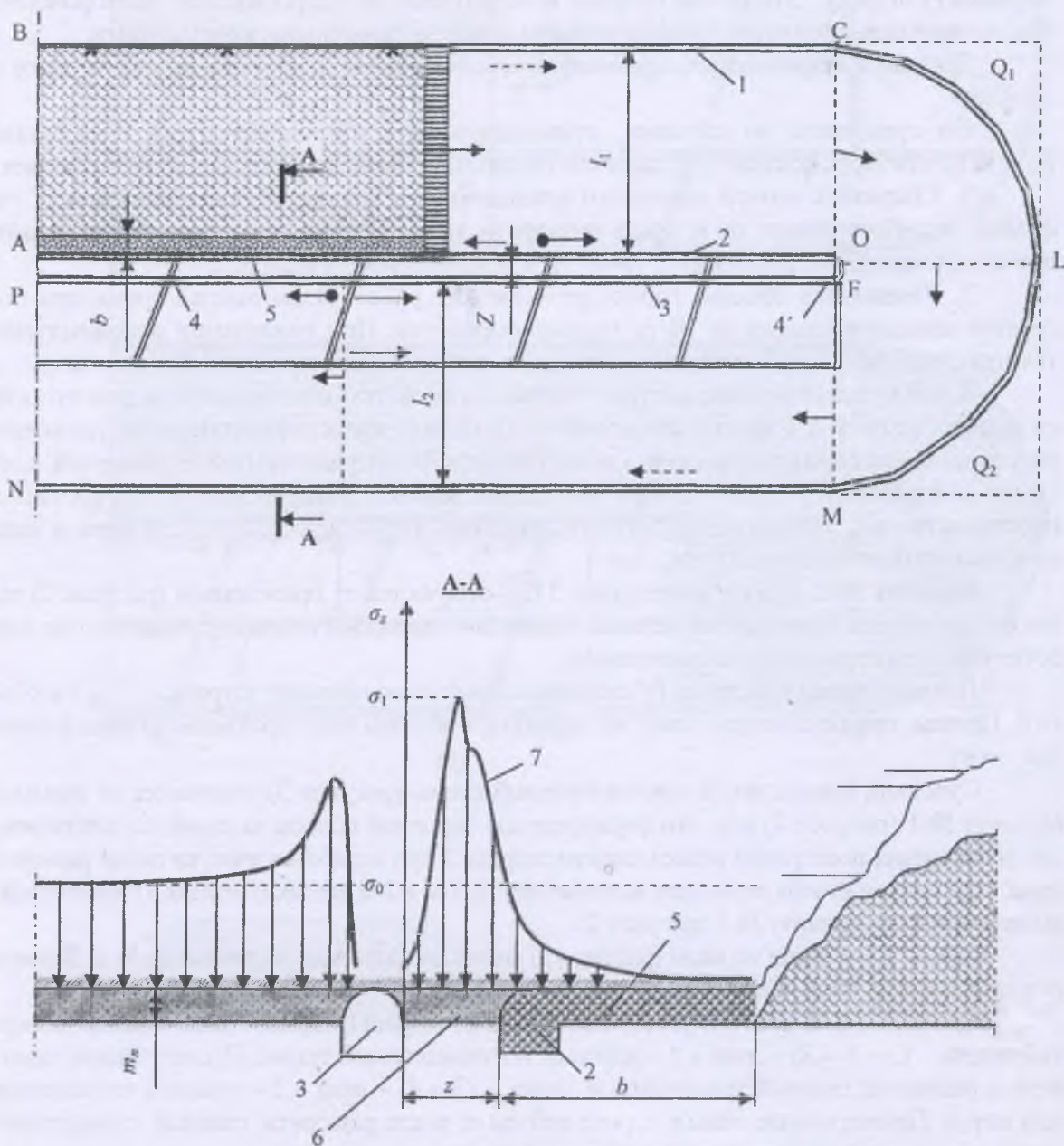
Схемы транспорта из лавы (рисунок 3) аналогичны схемам по варианту № 1. Возможна и другая схема транспорта.

Проветривание лавы в период работы ее до разворота (рисунок 3): главный транспортный штрек – (3 – 4 – 2) – лава – 1 – главный вентиляционный штрек. Проветривание лавы в период разворота: главный транспортный штрек – (3 – 4) – лава – 1 – главный вентиляционный штрек. Проветривание лавы в период работы ее после разворота: главный транспортный штрек – 3 – лава – 1 – главный вентиляционный штрек.

Вариант № 2 технологической схемы позволяет:

1. Сократить потери полезного ископаемого в целике, оставляемом между участками, которые отработаны до и после разворота лавы (на 5-7 %). Кроме того, по сравнению с рекомендуемым вариантом № 1, возведение породной полосы 5 позволяет уменьшить потери полезного ископаемого в целике  $Z$  (рисунок 3), который оставляют между участковыми подготовительными выработками 2 и 3 за счет уменьшения его ширины. При

возведении породной полосы шириной  $b$ , превышающей в 3-4 раза вынимаемую мощность разрабатываемого пласта, в средней ее части с течением времени формируется уплотненное ядро (область) с высокой несущей способностью. При выполнении данных условий породная полоса создает препятствия разрушению целика. Мощность слоя, для выемки которого рекомендована эта технологическая схема, составляет 1,0-1,4 м. Применяемые на рудниках закладочные комплексы позволяют создавать породные полосы шириной 25-30 м по кровле.



1 – обводной штрек; 2 – конвейерный штрек лавы, обрабатывающей столб до разворота; 3 – панельный конвейерный штрек; 4, 4' – технологические сбойки; 5 – породная полоса; Z – ширина целика для охраны штрека 3;  $b$  – ширина породной полосы;  $l_1$  и  $l_2$  – длина лавы до и после разворота;  $\sigma_0$  – геостатическое горное давление;  $\sigma_1$  – повышенное опорное давление;  $m_n$  – мощность пласта  
**Рисунок 3 – Технологическая схема с разворотом лавы (вариант № 2), рекомендуемая при отработке IV сальвинитового слоя**

2. Уменьшить объем горно-проходческих работ. Возможность повторного использования участковой подготовительной выработки 3 связана с созданием условий для отработки второго столба с минимальными потерями полезного ископаемого. Наличие породной полосы 5 к моменту завершения отработки первого столба позволяет (по условиям проветривания и транспорта полезного ископаемого) продолжать отработку выемочного поля без оставления целика  $Z$  значительной ширины между участковыми выработками 2 и 3.

Таким образом, для подготовки панели с применением варианта № 2 необходимо провести 4 выработки на всю длину. В отличие от варианта № 1, недостатком схемы является невозможность пуска лавы до полного оконтуривания участка горными выработками.

К числу основных параметров технологической схемы по варианту № 2 относятся ширина целика  $Z$  и ширина породной полосы  $b$  (рисунок 3). Основная функция поддержания выработки 3 в удовлетворительном состоянии выполняется в основном породной полосой.

**Вариант № 3.** Недостатком всех технологических схем, предусматривающих разворот лавы, является неизбежное оставление целиков полезного ископаемого в угловых участках  $Q_1$  и  $Q_2$  (рисунки 1-3). Устранить недостаток позволяет технологическая схема, приведенная в работах [3, 4].

Для подготовки панели по IV сильвинитовому слою проходят штреки 1, 2, 3, 5 и сбойки 4. При использовании этой схемы (рисунок 4) все выработки должны быть пройдены до начала очистных работ.

Сущность этой технологической схемы состоит в том, что одновременно с отработкой участка до начала разворота лавы производят отработку параллельными камерами угловых участков панели CDJ и MQJ с оставлением междукамерных целиков одинаковой ширины  $Z_1$ . Отработку угловых участков завершают до подхода лавы к месту начала ее разворота на расстояние, превышающее ширину зоны опорного давления, формирующегося впереди забоя лавы  $L_{од}$  (рисунок 4).

Податливость  $h$  междукамерных целиков полезного ископаемого при их равномерной частичной отработке определяют из выражения

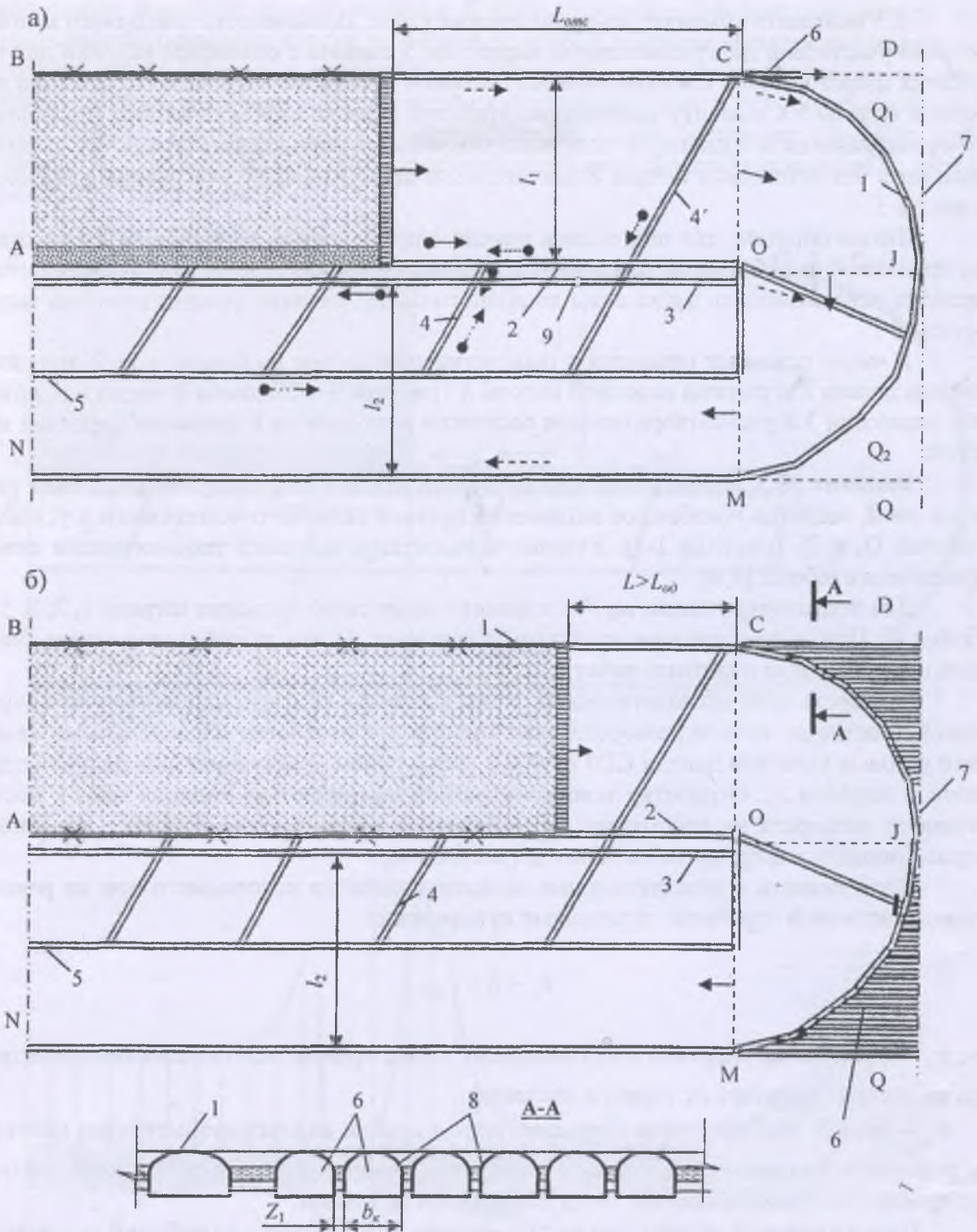
$$\varepsilon_y < h < \varepsilon_{кр},$$

где  $\varepsilon_y$  – деформации упругого восстановления пород кровли, залегающих над целиком, при их полной разгрузке от горного давления;

$\varepsilon_{кр}$  – предельные величины опускания пород кровли над междукамерными целиками полезного ископаемого, в случае превышения которых происходит разрушение пород кровли, расположенных над междукамерными целиками.

Положительный эффект при использовании этого способа разработки достигается тем, что при опережающей равномерной частичной выемке камерами целиков полезного ископаемого, оставляемых на границах выемочных участков, происходит разгрузка массива от повышенного горного давления над целиками без разрушения пород кровли, расположенных над междукамерными целиками. Это позволит повысить эффективность управления кровлей в лаве на ее участке, прилегающем к обводной выработке 1, а также улучшить условия поддержания обводной выработки на криволинейном участке.

Схема транспорта из лавы в период до разворота лавы (рисунок 4а): лава – (2 – 4 – 3) – выработки главного направления – околоствольный двор.



1 – обводной штрек; 2 – конвейерный штрек лавы, обрабатывающей столб до разворота; 3 – панельный конвейерный штрек; 4, 4' – технологические сбойки; 5 – панельный вентиляционный штрек; 6 – камеры; 7 – граница панели; 8 – междукамерные целики; 9 – вентилятор местного проветривания;  $l_2$  – длина лавы после разворота; ●→ – сильвинит; ●→ – галит; ●→ – доставка людей;  $Z_1$  – ширина междукамерного целика;  $b_k$  – ширина камеры;  $L$  – длина выработки;  $L_{onc}$  – длина отставания;  $L_{op}$  – зона опорного давления

Рисунок 4 – Технологическая схема с разворотом лавы (вариант № 3), рекомендуемая при обработке IV сильвинитового слоя

Схема транспорта из лавы в период разворота лавы: лава – (4' – 3) – выработки главного направления – околоствольный двор.

Схема транспорта из лавы в период после разворота лавы: лава – 3 – выработки главного направления – околоствольный двор.

Проветривание лавы в период работы до разворота (рисунок 4а): главный транспортный штрек – (3 – 4 – 2) – лава – 1 – главный вентиляционный штрек. Проветривание лавы в период разворота: главный транспортный штрек – (3 – 4) – лава – 1 – главный вентиляционный штрек. Проветривание лавы в период работы после разворота: главный транспортный штрек – 3 – лава – 1 – главный вентиляционный штрек.

Этот вариант технологической схемы по сравнению с применяемыми, позволяет:

1. Сократить потери полезного ископаемого в целике, оставляемом между участками, которые отработаны до и после разворота лавы, на 5-7 %. Кроме того, по сравнению с рекомендуемыми вариантами № 1 и № 2, сокращаются на 50 % и более потери в угловых участках.

2. Уменьшить объем горно-проходческих работ. Кроме того, улучшаются условия поддержания обводного штрека 1 на криволинейном участке за счет разгрузки массива полезного ископаемого от горного давления. Это позволяет по сравнению с применяемыми вариантами отказаться от проходки разгружающего штрека, за счет которого в настоящее время достигается разгрузка от горного давления массива, прилегающего к обводной выработке.

Повышение устойчивости кровли улучшает условия поддержания обводной выработки 1 и конечного участка лавы, прилегающего к этой выработке.

Рассматриваемый вариант может применяться в сочетании с вариантами № 1 и № 2, т. к. не требует их значительных изменений и обладает теми же положительными качествами.

К числу основных параметров технологической схемы по варианту № 3 относятся ширина зоны опорного давления  $L_{од}$ , формирующегося впереди лавы, предельные величины опускания пород кровли над целиком и деформации упругого восстановления пород кровли, залегающих над целиком при их полной разгрузке от горного давления.

### Выводы

1. Предлагаемая технологическая схема (варианты 1-3) рекомендуется к использованию на участках шахтных полей, размеры которых не превышают 80 % оптимальной длины столба. Реализация схемы в условиях действующих калийных рудников РУП «ПО «Беларуськалий» позволит уменьшить эксплуатационные потери полезного ископаемого на 40-80 %, удельную протяженность подготовительных выработок в 1,4-2,0 раза, затраты на поддержание повторно используемых выработок на 60-70 %.

2. При использовании варианта № 2 технологической схемы ширину целика можно существенно уменьшить в случае возведения в непосредственной близости от него породной полосы шириной, превышающей в 3-4 раза вынимаемые мощности пласта. Наименьшее допустимое значение ширины целика и прорезной полосы при отработке IV сильвинитового слоя составляет соответственно 2,6-5,0 м и 4,8-6,0 м для глубин разработки 500-1000 м.

### Список использованных источников

1. **Зубов, В.П.** Метод оценки параметров областей с повышенной нарушенностью пород кровли над краевыми частями угольного массива / В.П. Зубов, Г.И. Козо-



вой, А.Б. Соколов // Горное оборудование, переработка минерального сырья, новые технологии, экология: сб. докладов III междунар. конф. / СПГГИ(ТУ). – 1998. – С. 44-50.

2. Чельцова, Н.М. Опыт охраны выемочных штреков в условиях труднообрушаемых кровель / Н.М. Чельцова // Уголь. – 1987. – № 2. – С. 18-20.

3. Способ подземной разработки пластов на участках с ограниченными размерами: пат. 2282720 РФ, МПК E21C41/20 / В.П. Зубов, Д.В. Уразов; заявл. 18.04.05; опубл. 15.09.06 // Бюл., 2005. – № 9.

4. Способ разработки мощных пологих пластов: пат. 2254472 РФ / Ю.Г. Сиренко, Н.В. Плескунов, С.Л. Блохин, Д.В. Уразов; заявл. 20.04.04; опубл. 20.06.05 // Бюл. 2005. – № 17.

---

**Kologrivko A.A., Dakuko S.N.**

**Working out of potash seams of the Starobin deposit in the areas of mine fields with the restricted sizes**

*It is established, that realization of the offered technological schemes in the conditions of operating potash mines of RUE «РА «Belaruskali» will allow to diminish operational losses of a mineral by 40-80 %, specific extent of the development workings in 1,4-2,0 times, expenditures for maintenance of reusable developments by 60-70 %.*

Поступила в редакцию 31.07.2009 г.