

УДК 622.273:622.363.2

# ТЕХНОЛОГИЯ СЛОЕВОЙ ВЫЕМКИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПЛАСТА ТРЕТЬЕГО КАЛИЙНОГО ГОРИЗОНТА СТАРОБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ



**И. А. ПОДПЛЕСНЫЙ,**  
главный инженер

ОАО «Беларуськалий», Солигорск, Беларусь



**В. Н. ГЕТМАНОВ,**  
директор  
Второго РУ



**Б. И. ПЕТРОВСКИЙ,**  
главный научный  
сотрудник,  
д-р техн. наук,  
sigd@list.ru

Унитарное предприятие «Институт  
горного дела», Солигорск, Беларусь



**И. Е. НОСУЛЯ,**  
главный инженер  
Краснослободского  
рудника Второго РУ

ОАО «Беларуськалий»,  
Солигорск, Беларусь

## Введение

Пласт Третьего калийного горизонта Старобинского месторождения залегает на глубине 450–1200 м под углом 2–3° и состоит из шести сильвинитовых слоев, разделенных слоями каменной соли (галита); I, V и VI сильвинитовые слои из-за малой мощности отнесены к забалансовым, а для отработки II, III и IV сильвинитовых слоев используют в основном слоевую выемку. Характеристика промышленной части пласта Третьего калийного горизонта представлена в **таблице**.

В основу создания технологии слоевой выемки был положен опыт отработки пологих угольных и калийных пластов лавами с разделением на слои [1–6]. Применительно к Старобинскому месторождению были приняты следующие определяющие элементы технологии:

- разделение пласта на два слоя – верхний IV сильвинитовый слой и нижний, включающий II, II-III и III слои;
- осуществление раздельной подготовки слоев с проведением подготовительных выработок нижней лавы в пределах выемочного столба верхней;
- проведение панельных выработок в нижней части пласта (по II, II-III, III слоям), охраняемых от воздействия опорного давления очистных забоев целиком, ширина которого выбирается в зависимости от глубины разработки;
- отработка слоев механизированными комплексами в обратном порядке с опережением нижнего слоя верхним и оставлением в выработанном пространстве III-IV межслоевой пачки каменной соли, служащей кровлей нижней лавы.

Представлены технологические схемы слоевой выемки пласта Третьего калийного горизонта Старобинского месторождения, разработанные для опытно-промышленных испытаний и применяемые в настоящее время на рудниках ОАО «Беларуськалий».

**Ключевые слова:** Старобинское месторождение, калийный пласт, сильвинитовые и галитовые слои, слоевая выемка, валовая селективная и бесцеликовая выемка, подготовительные выработки, выемочный столб, панель, последовательная и одновременная отработка слоев.

**DOI:** 10.17580/gzh.2018.08.08

На начальной стадии были разработаны технологические схемы слоевой выемки с последовательной и одновременной отработкой верхнего и нижнего слоев в пределах панели [7–10].

При последовательной выемке подготовка и отработка нижнего слоя начинается после завершения очистных работ в верхнем слое с проведением панельных выработок в каждом слое.

При одновременной выемке слоев величина опережения очистных работ между верхней и нижней лавами составляет свыше 400 м, при этом выемочные штреки нижней лавы проводятся постадийно, вслед за подвиганием очистного забоя верхней лавы, а панельные выработки являются общими для обеих лав.

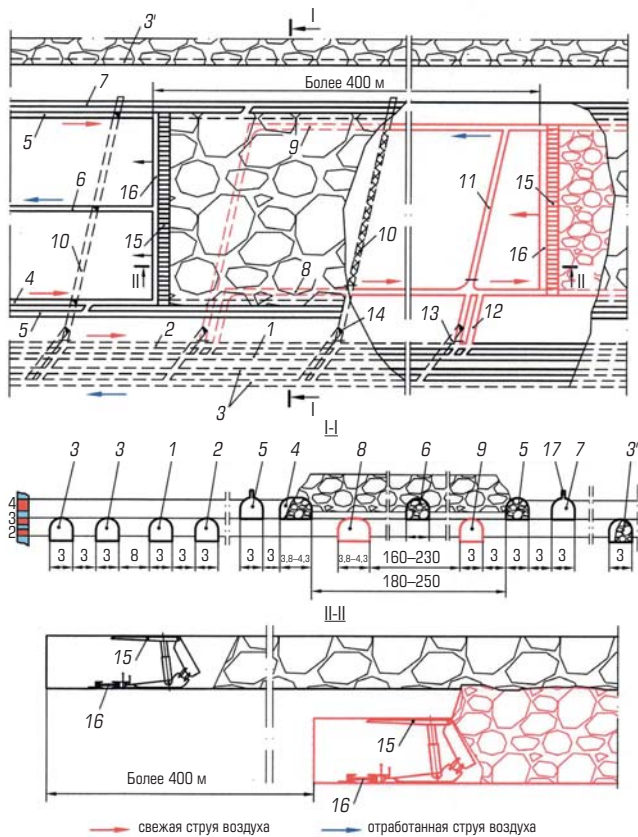
В последующем для ведения горных работ в сложных горно-геологических условиях была разработана технология слоевой выемки пласта лавами переменной вынимаемой мощности.

## Технологические схемы слоевой выемки пласта с валовой отработкой II, II-III и III слоев нижней лавой

Технологическая схема слоевой выемки пласта с большим опережением очистных работ в слоях (**рис. 1**) применяется при глубине залегания пласта не более 700 м с устойчивой непосредственной кровлей. Подготовительные выработки верхней лавы в подобных горно-геологических условиях не требуют оставления

### Горно-геологическая характеристика промышленной части пласта Третьего калийного горизонта

| Слой   | Средняя мощность, м | Среднее содержание, %  |                             |
|--------|---------------------|------------------------|-----------------------------|
|        |                     | хлористого калия (КСИ) | нерастворимого остатка (НО) |
| IV     | 1,18                | 30,10                  | 5,27                        |
| III-IV | 1,11                | 2,79                   | 6,26                        |
| III    | 0,84                | 36,98                  | 4,45                        |
| II-III | 0,51                | 6,75                   | 6,90                        |
| II     | 0,68                | 44,58                  | 2,75                        |



**Рис. 1. Технологическая схема слоевой выемки пласта с большим опережением очистных работ в слоях на участках с устойчивой непосредственной кровлей:**

1, 2, 3, 3' – панельные конвейерный, транспортный и вентиляционные штреки; 4, 5, 6, 7 – конвейерный, транспортный, вентиляционный и разгружающий штреки верхней лавы; 8, 9 – конвейерный и вентиляционный штреки нижней лавы; 10, 11 – вспомогательные выработки для верхней и нижней лав; 12 – конвейерные сбойки; 13, 14 – вентиляционные кроссинги и рудоспуски; 15, 16 – забойная крепь и конвейер; 17 – компенсационная щель

защитной пачки IV сальвинитового слоя и при охране вертикальными компенсационными щелями сохраняют эксплуатационное состояние в течение всего периода отработки выемочного столба. Вместе с подготовительными выработками верхней лавы проходят общие для обеих лав панельные выработки. Подготовку нижней лавы ведут вслед за отработкой верхнего слоя с оставлением от очистного забоя не менее 100 м.

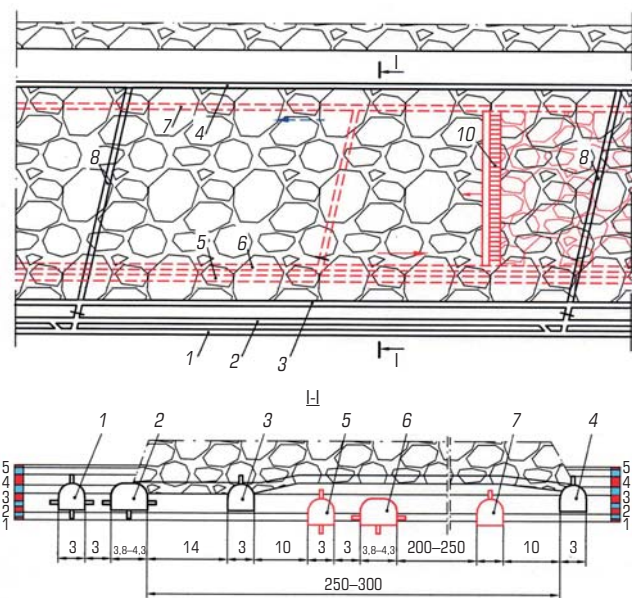
Технологические схемы с последовательной выемкой верхнего и нижнего слоев нашли применение на более глубоких (800–

900 м) участках шахтных полей, характеризующихся неустойчивой непосредственной кровлей пласта. Для безопасного поддержания подготовительных выработок в приведенной на **рис. 2** технологической схеме их проходят с оставлением в кровле защитной пачки IV сальвинитового слоя мощностью 0,85–0,9 м (верхняя лава) и защитной пачки III сальвинитового слоя мощностью 0,15–0,3 м (нижняя лава). В качестве дополнительных мер охраны используются компенсационные щели. Отличительной особенностью технологической схемы является необходимость подъема-опускания очистного забоя верхней лавы на участках длиной 10 м у вентиляционных штреков.

Технологическая схема слоевой выемки пласта с неустойчивой кровлей лавами переменной вынимаемой мощности (**рис. 3**) имеет в продольном сечении ступенчатую форму и разделена на три участка: верхний – для выемки IV сальвинитового слоя, наклонный – с опусканием лавы в нижнюю часть пласта, нижний – для выемки II, II-III и III слоев [11]. Все подготовительные выработки в данной технологической схеме для обеспечения их устойчивости располагают в нижней части пласта под защитной пачкой III сальвинитового слоя мощностью 0,3 м. По мере отработки выемочного столба в кровле вентиляционного штрека машинным способом оформляют сплошную полость, обеспечивающую проветривание очистного забоя и запасной выход. Этот штрек в процессе очистной выемки может быть заполнен рудой из лавы для более безопасного его перехода отстающей смежной лавой.

В состав механизированных комплексов, применяемых в данных технологических схемах (см. рис. 1–3), входит следующее основное оборудование:

- очистные комбайны СЛ-300Н в верхних лавах и лавах переменной вынимаемой мощности, СЛ-300/400 в нижних лавах;



**Рис. 2. Технологическая схема слоевой выемки пласта с последовательной отработкой слоев на участках с неустойчивой непосредственной кровлей:**

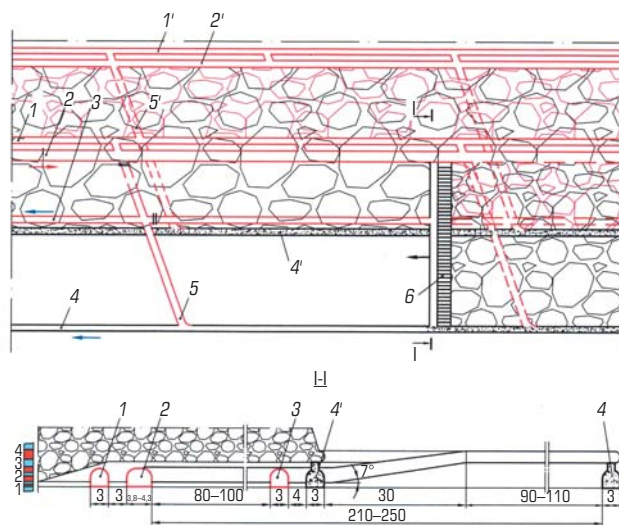
1, 2, 3, 4 – транспортный, конвейерный и вентиляционные штреки верхней лавы; 5, 6, 7 – транспортный, конвейерный и вентиляционный штреки нижней лавы; 8, 9 – вспомогательные выработки; 10 – забой нижней лавы

- механизированные крепи МХП-09/15 в верхних лавах; МХП-16/25 в нижних лавах и в лавах переменной вынимаемой мощности на наклонном участке и на участке с выемкой II, II-III и III галитовых слоев;
- забойные скребковые конвейеры СПЗ-1-228.

**Технологические схемы слоевой выемки пласта с селективной отработкой II, II-III, III слоев нижней лавой**

При валовой выемке нижней части пласта (II, II-III, III слои) на некоторых участках шахтных полей содержание КСІ в добываемой руде существенно ниже, поэтому наряду с совершенствованием технологических схем требовалось создание очистного комбайна и технологий для раздельной выемки полезного ископаемого и пустой породы. В ОАО «Беларуськалий» разработаны и внедрены уникальные технологические схемы и оборудование, не имеющие аналогов в мировой горной практике. При раздельном извлечении сильвинита и галита содержание КСІ в добываемой руде повышается до 30–35 % (при использовании валовой выемки содержание составляет 23–28 %), так как извлекаются только сильвинитовые слои, а галит остается в шахте. Каждый год в выработанном пространстве рудников складывается более 1,5 млн т пустой породы, при этом уменьшаются и деформации земной поверхности. При данном способе содержание КСІ добываемой руды увеличивается на 4–8 % по сравнению с валовым, что позволяет произвести больше калийных удобрений при одинаковом количестве выдаваемой руды.

После разработки и шахтных испытаний различных конструкций комбайнов [12, 13] в настоящее время селективная выемка трехслойных пластов ведется двухшнековыми комбайнами СЛ-500С [14], серийное производство которых налажено в РМЦ-4 ОАО «Беларуськалий». Основное отличие комбайна СЛ-500С от других машин заключается в том, что в его конструкции предусмотрена возможность выдвижения каждого из шнеков относительно стандартного положения на ширину вынимаемой полосы. Цикл очистных работ выполняется за два хода комбайна (рис. 4). Первым ходом выдвинутым в забой верхним опережающим шнеком извлекают III сильвинитовый слой, а нижним отстающим шнеком в стандартном положении – II сильвинитовый слой при вынутах в предыдущем цикле II-III галитовом слое. Обратным хо-

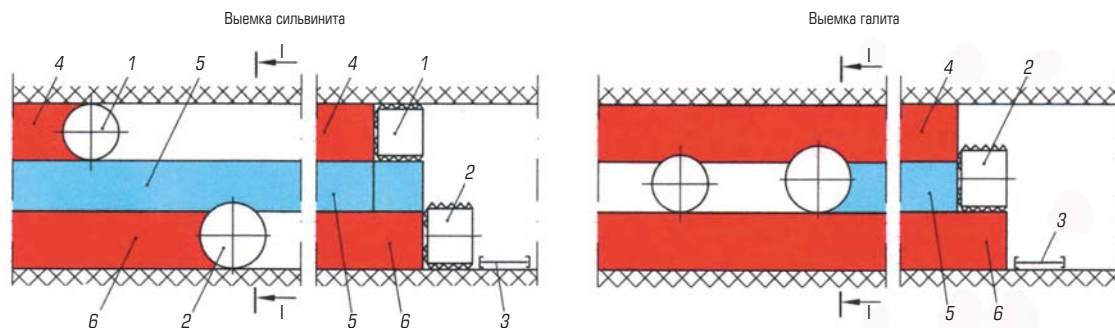


**Рис. 3. Технологическая схема слоевой выемки пласта лавами переменной вынимаемой мощности:**

- 1 и 1', 3 – панельные транспортные и вентиляционный штреки;
- 2 и 2', 4 и 4' – конвейерные и вентиляционные штреки лавы;
- 5 и 5' – вспомогательные выработки; 6 – забойная крепь

дом комбайн при стандартном расположении шнеков извлекает II-III галитовый слой, который складывают в выработанном пространстве в виде породных полос с помощью установок механической закладки (УМЗ), располагаемых на сопряжениях лавы с бортовыми и закладочными штреками. Кроме повышения качества добываемой руды, селективная выемка с частичной закладкой выработанного пространства может рассматриваться как один из способов борьбы с интенсивными динамическими обрушениями кровли в нижних лавах, которые иногда приводят к посадкам забойной крепи на жестко [15].

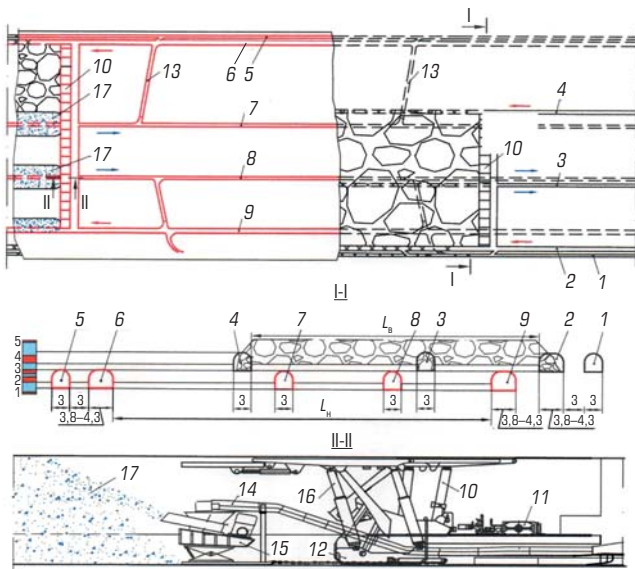
В технологической схеме (рис. 5), в отличие от стандартной технологии с соосным расположением выемочных столбов и большей длиной верхней лавы, ее длина  $L_B$  (за счет смещения столбов) меньше длины нижней лавы  $L_H$  [16]. Расположение части нижней лавы в массиве и отсутствие необходимости ее закладки позволяет повысить степень заполнения опасной по динамическим проявлениям надработанной части лавы. Длину нижней



**Рис. 4. Селективная выемка нижней части пласта комбайном СЛ-500:**

- 1, 2 – верхний и нижний шнеки; 3 – забойный конвейер; 4, 6 – II, III сильвинитовые слои; 5 – II-III галитовый слой





**Рис. 5. Технологическая схема слоевой селективной выемки пласта со смещением выемочных столбов в слоях:**

1–4 – выработки верхней лавы; 5–9 – выработки нижней лавы; 10 – забойная крепь; 11 – забойный конвейер; 12 – штрековый конвейер; 13 – вспомогательные выработки для подготовки верхней и нижней лав; 14 – скребковый перегружатель; 15 – роторный метатель; 16 – крепь сопряжения; 17 – породные полосы из разрушенного галита

лавы рассчитывают по формуле, исходя из достаточности складочного материала для равномерного расположения породных полос шириной 25 м с таким же расстоянием друг от друга.

**Перспективные технологические схемы**

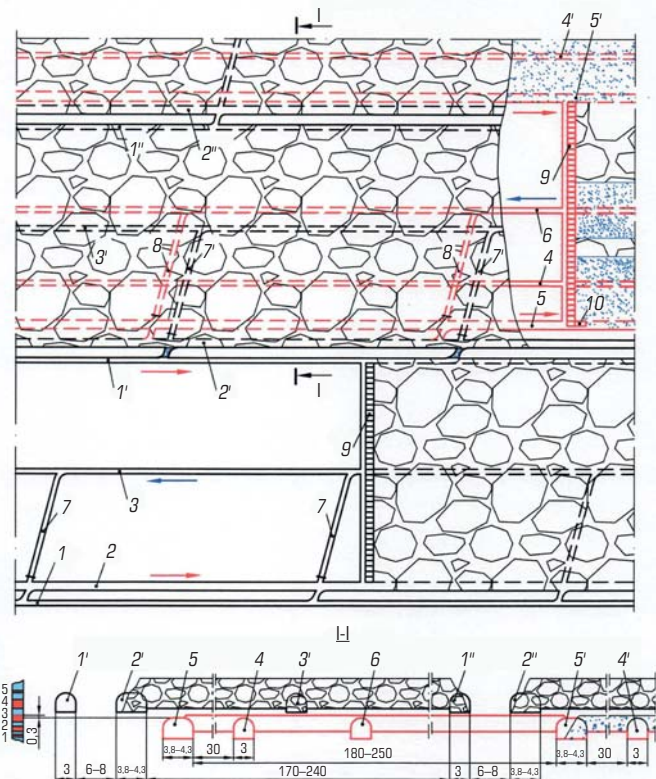
В настоящее время для отработки пласта Третьего калийного горизонта на всех рудниках все более широкое применение находит последовательный порядок отработки слоев с использованием технологических схем слоевой селективной выемки без оставления межстолбовых (межпанельных) целиков или с целиками минимальных (не более 10 м) размеров. Уменьшение или исклю-

чение целиков позволяет повысить извлечение сильвинита из недр с 50–70 до 85–90 % при обеспечении безопасной подработки водозащитной толщи и достигается за счет:

- проведения выработки отстающей смежной лавы позади опережающей вприсечку (с целиком 3–5 м) к выработанному пространству;
- оставления между выемочными столбами временного целика, частично вынимаемого комбайном отстающей смежной лавы одновременно с ведением очистной выемки в самой лаве;
- повторного использования выработки для отработки смежного выемочного столба.

В технологической схеме (рис. 6) подготовка выемочных столбов осуществляется трехштрековыми группами выработок (1–3 – по верхнему слою и 4–6 – по нижнему слою). Бесцеликовая выемка обеспечивается путем повторного использования транспортного 1 и конвейерного 5 штреков опережающих лав для проветривания очистных забоев отстающих смежных лав. Нахождение людей в штреках 1' и 5' запрещено, поэтому на их сопряжениях с лавами механизированную крепь не устанавливают.

Модернизированные забойные конвейеры имеют плоские приводные головки, позволяющие при их расположении в концевых частях лав свободно вырубаться комбайнам в штреки. Для безопасного поддержания призабойного пространства нижних лав при отработке пласта на участках с труднообрушаемой кровлей, кроме применения бесцеликовой селективной выемки, используют механизированные крепи с повышенной до 600–650 кН/м<sup>2</sup> несущей способностью.



**Рис. 6. Технологическая схема бесцеликовой селективной выемки пласта с последовательной отработкой слоев:**

1, 4 – панельные транспортные штреки; 2, 3 – конвейерный и вентиляционный штреки верхней лавы; 5, 6 – конвейерный и вентиляционный штреки нижней лавы; 7, 8 – слоевые вспомогательные выработки; 1' – повторно используемый транспортный штрек верхней лавы; 5' – повторно используемый конвейерный штрек нижней лавы (только для проветривания прилегающей к нему части очистного забоя); 9 – забойная крепь; 10 – отбойный щит

## Заключение

Для отработки пласта Третьего калийного горизонта слоевыми лавами были разработаны технологические схемы с последовательным и одновременным порядком отработки выемочных столбов верхними и нижними лавами в пределах панели, отличающиеся, в основном, разрывом во времени между выемкой верхнего сильвинитового слоя и нижней части пласта, включающей два сильвинитовых и промежуточный галитовый слои.

В технологических схемах с одновременной отработкой выемочных столбов достигается высокая нагрузка на панель, однако сохранение устойчивости общих для верхней и нижней лав панельных выработок становится возможным только при их охране широкими (до 80 м) целиками, приводящими к большим потерям запасов в недрах.

Более эффективны технологические схемы с последователь-

ным порядком отработки выемочных столбов. В них панельные выработки проводят отдельно для верхней и нижней лав, что позволяет использовать бесцеликовую отработку смежных выемочных столбов в каждом слое или с оставлением между ними целиков минимальных размеров.

Применение бесцеликовой выемки повышает извлечение из недр до 85–90 % по сравнению с ранее используемыми схемами, в которых извлечение составляло 50–70 %.

Использование технологических схем с селективным способом выемки позволяет повысить содержание КСI в добываемой руде на 4–8 % по сравнению с валовым способом.

Применение усовершенствованных более мощных очистных комбайнов типа SL производства фирмы Eikhoff-bel позволяет при тех же затратах на производство существенно увеличить объемы добычи калийной руды с 60–80 до 160 тыс. т/мес.

## Библиографический список

- Каганович М. Н., Гапанович Л. Н. Развитие технологии подземной разработки мощных угольных пластов. – М.: ЦНИЭИуголь, 1971. – 64 с.
- Токмагамбетов М. Т., Матонин Н. К. Совершенствование технологии и механизации очистных работ на шахтах Карагандинского бассейна // Уголь. 1971. № 5. С. 17–21.
- Григорьев Г. Ф., Гапанович Л. Н. Современный опыт разработки мощных угольных пластов за рубежом. – М.: ЦНИЭИуголь, 1969. – 47 с.
- Хан В. М., Адеянов В. А. К определению расстояния между очистными забоями при слоевой разработке пласта Верхняя Марианна // Науч. тр. КНИУИ. 1969. Вып. 30. С. 27–32.
- Зайцев М. М. Калийная промышленность Франции // Развитие калийной промышленности. – М.: НИИТЭХИМ, 1971. – 69 с.
- Зайцев М. М., Рамоданов Б. И., Соловьев В. А. Современное состояние технологии и механизации выемки калийных руд в СССР и за рубежом // Развитие калийной промышленности. – М.: НИИТЭХИМ, 1981. – 44 с.
- Сорокин В. А., Петровский Б. И., Бублис А. Ф., Калиниченко П. И. Результаты шахтных испытаний двухслоевой выемки Третьего пласта на Старобинском месторождении // Горный журнал. 1985. № 12. С. 10–13.
- Бублис А. Ф., Волков Б. А., Сорокин В. А., Петровский Б. И. Опыт двухслоевой выемки мощного пласта сложного строения // Технология и безопасность горных работ в калийных рудниках: межвуз. сб. науч. тр. – Пермь, 1985. С. 17–22.
- Сорокин В. А., Петровский Б. И., Николаев Ю. Н. и др. Слоевая выемка Третьего пласта на Старобинском месторождении калийных солей. – Л.: ВНИИГ, 1986. С. 4–14.
- Петровский Б. И., Бублис А. Ф., Сорокин В. А. Совершенствование подготовки длинных столбов для слоевой выемки Третьего пласта // Совершенствование разработки калийных месторождений: межвуз. сб. науч. тр. – Пермь, 1987. С. 6–11.
- Кириенко В. М., Тараканов В. А., Железняк В. М. Новая технология слоевой выемки пласта Третьего калийного горизонта // Горный журнал. 2010. № 8. С. 34–36.
- Бессарабов А. В. Испытания комплекса КСО-2 для раздельной выемки сильвинита системой разработки «камера-лава» с выкладкой искусственных целиков // Совершенствование технологии и механизации очистных работ на комбинате «Беларуськалий»: сб. науч. тр. – Л., 1972. С. 126–130.
- Пермяков Р. С., Сорокин В. А., Петровский Б. И. Результаты испытаний опытного образца комплекса КДС для раздельной выемки калийных пластов // Горный журнал. 1978. № 1. С. 13–15.
- Кириенко В. М., Плещунов В. Н., Чужов В. Н. Опыт селективной выемки калийных пластов на Старобинском месторождении // Горный журнал. 2003. № 7. С. 50–52.
- Губанов В. А., Волков Б. А., Поляков А. Л. и др. Анализ случаев динамических проявлений основной кровли на призабойное пространство нижних лав при слоевой выемке Третьего калийного пласта // Горная механика. 1999. № 2. С. 12–16.
- Петровский Б. И. Повышение эффективности и безопасности отработки Третьего калийного пласта длинными очистными забоями // Промышленная безопасность. 2006. № 10. С. 18–20. ГЖ

«GORNYI ZHURNAL», 2018, № 8, pp. 59–64  
DOI: 10.17580/gzh.2018.08.08

### Multi-slice mining technology for potash seam III at the Starobinsk deposit

#### Information about author

I. A. Podlesnyi<sup>1</sup>, Chief Engineer

V. N. Getmanov<sup>1</sup>, Director of Mine Management 2

B. I. Petrovskiy<sup>2</sup>, Chief Researcher, Doctor of Engineering Sciences, sigd@list.ru

I. E. Nosulya<sup>1</sup>, Chief Engineer of Krasnoslobodsk Mine, Mine Management 2

<sup>1</sup> Belaruskali, Soligorsk, Belarus

<sup>2</sup> Institute of Mining, Soligorsk, Belarus

#### Abstract

For the efficient mining of potash seam III at the Starobinsk deposit, multi-slice longwall flow charts are developed. The flow charts involve sequential and simultaneous operations in the top and bottom longwalls within an extraction panel. The difference between these flow charts is mostly the time span between operations in the upper sylvinitic layer and in the lower portion of the seam composed of two sylvinitic layers with a halite parting. It is shown that the use of the concurrent multi-slice longwall

flow chart allows high output of per extraction panel. According to the authors, sequential mining in longwalls offers higher efficiency.

**Keywords:** Starobinsk deposit, potash seam, sylvinitic and halite layers, slice mining, complete selective and pillar-free mining, developing entries, longwall, extraction panel, sequential and simultaneous multi-slice mining.

#### References

- Kaganovich M. N., Gapanovich L. N. Technological Development in Thick Coal Seam Mining. Moscow : TSNIELugol, 1971. 64 p.
- Tokmagambetov M. T., Matonin N. K. Improvement of coal extraction technology and mechanization in the Karaganda Basin. *Ugol*. 1971. No. 5. pp. 17–21.
- Grigoriev G. F., Gapanovich L. N. Recent Experience of Thick Coal Bed Mining Abroad. Moscow : TSNIELugol. 1969. 47 p.
- Khan V. M., Adeyanov V. A. Determination of spacing between faces in slice mining of Upper Marianna seam. *Nauchnye trudy KNIUI*. 1969. Iss. 30. pp. 27–32.
- Zaitsev M. M. Potassium industry of France. Development of the Potassium Industry. Moscow : NIITEKHM, 1971. 69 p.
- Zaitsev M. M., Ramodanov B. I., Soloviev V. A. Current state of potash mining technology and mechanization in the USSR and abroad. Development of the Potassium Industry. Moscow : NIITEKHM, 1981. 44 p.