

УДК 622.831

**В.А. Осинцев, В.М. Беркович, Д.В. Шараев**

## **ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАБОТКИ УДАРООПАСНЫХ УЧАСТКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

*Приведены результаты испытаний новых вариантов системы разработки с учётом сформулированных требований к ударобезопасной технологии, показано, что конструктивные элементы системы позволяют снизить удароопасность на месторождении и тем самым повысить безопасность ведения очистных работ.*

*Ключевые слова: месторождение, закладка, боксит, рудник, искусственная кровля, буровой штрек.*

---

**П**ри эксплуатации месторождений на значительных глубинах повышается опасность производства горных работ и ухудшаются технико-экономические показатели добычи руды. В большинстве случаев системы разработки, применяемые на небольшой глубине, в указанных условиях непригодны. Развитие подземной добычи руд как в нашей стране, так и за рубежом связано с опусканием на большие глубины. С понижением горных работ, вследствие возрастания горного давления, породы переходят в предельное состояние, характеризующееся значительным снижением их устойчивости и возможностью возникновения горных ударов – наиболее опасной формы динамического разрушения массива.

Наибольшую остроту проблема горных ударов приобрела на шахтах Североуральского бокситового рудника (СУБР), где ежегодно регистрируется свыше 1000 сейсмических явлений с энергией, достигающей  $10^8$  Дж. Месторождение представлено пологопадающей залежью боксита переменной мощности. До момента возникновения горных ударов его отработывали в основном системами

камерно-столбовой, слоевого обрушения, камерно-целиковой с твердеющей закладкой. По показателю удароопасности каждой из этих систем, выраженному через количество горных ударов на удельный вес системы в общей добыче шахты, все три системы разработки равнозначны по степени удароопасности. Это и обусловило необходимость изыскания технологии отработки, обеспечивающей максимальное снижение удароопасности. Работы велись в направлении создания оптимальных конструкций систем разработки. Кроме того, область применения на СУБРе высокопроизводительной камерно-целиковой системы с закладкой ограничена мощностью рудного тела 6–8 м, а для отработки участков месторождения, где мощность превышает 8 м, применяется только система слоевого обрушения, показатели которой сегодня не удовлетворяют предприятие. Прогноз распределения запасов руды по мощности показывает, что свыше 70 % запасов месторождения до глубины 1200 м сосредоточено на участках мощностью более 9 м.

Прогрессивным решением в области повышения безопасности работ на

больших глубинах в удароопасных условиях в отечественной и зарубежной практике является применение камерной системы разработки с использованием искусственной кровли, конструктивной особенностью которой является двухстадийность выемки рудной залежи, основанная на снижении уровня действующих напряжений в обрабатываемом массиве путём опережающих работ висячем боку рудного тела [1]

Для условий рудника рекомендуются несколько вариантов камерной системы разработки с закладкой. Несмотря на некоторые конструктивные различия вариантов у них есть один общий принцип, который отличает их от других вариантов этой системы разработки — выемка основ запасов руды в камерах ведётся под искусственной кровлей. Создание искусственной кровли из твердеющих смесей – дополнительные работы, связанные с затратой некоторого труда и расходом материалов. Однако, искусственная кровля, по сравнению с естественной, значительно прочнее, она надёжно сохраняет рабочее пространство в камерах и обеспечивает условия для применения скважинной отбойки руды и высокопроизводительного самоходного оборудования.

При конструировании вариантов рекомендуемых систем разработки учитывалась принятая схема подготовки блоков, применяемые на руднике погрузочно-доставочные машины с дистанционным управлением, буровое оборудование и конвейерная доставка отбитой руды. Кроме того, использовались опробованные на руднике паспорта крепления выработок, паспорта буровзрывных работ и т.д.

Многостадийная камерная выемка с закладкой под искусственной кров-

лей. Система разработки предназначена для отработки рудных тел мощностью от 15 м и более при неустойчивых налегающих породах. Местоорождение разделяется на блоки. Длина блока изменяется от 100 до 140 м, ширина 60-100 м. По высоте блок делится на подэтажи. Высота подэтажа 15-20 м. Подэтажи обрабатываются камерами первой и второй очереди.

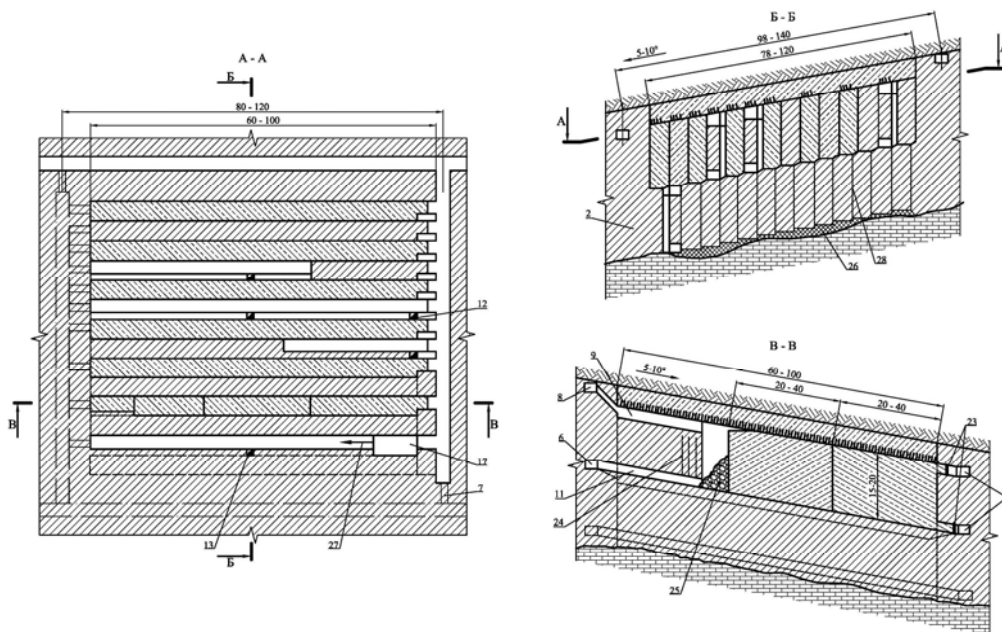
Подготовительно-нарезные работы заключаются в проведении транспортных и вентиляционных, закладочных и вентиляционно-закладочных выработок, буровых штреков, вентиляционных и отрезных восстающих (рис. 1).

После выемки руды в камерах первой очереди их закладывают твердеющей смесью. Когда смесь наберёт нормативную прочность приступают к отработке запасов руды в камерах второй очереди. По отработке их также закладывают твердеющими смесями.

Выемка нижележащих подэтажей осуществляется аналогично верхнему подэтажу, за исключением того, что камеры второй очереди нижнего подэтажа заполняют гидравлической закладкой (рис. 2).

Такой порядок ведения работ позволяет в границах блока, за счёт поэтапной закладки, организовать многозабойную выемку руды одновременно на двух-трёх подэтажах.

Отбойка руды производится путём взрывания вееров скважинных зарядов, погрузка и доставка отбитой горной массы осуществляется погрузочно-доставочными машинами с дистанционным управлением, за счёт чего и достигается безопасность работ. Закладка выработанного пространства обеспечивает наибольшую полноту выемки руды и сохранность поверхности. Данная система разработки позволяет получить высокие

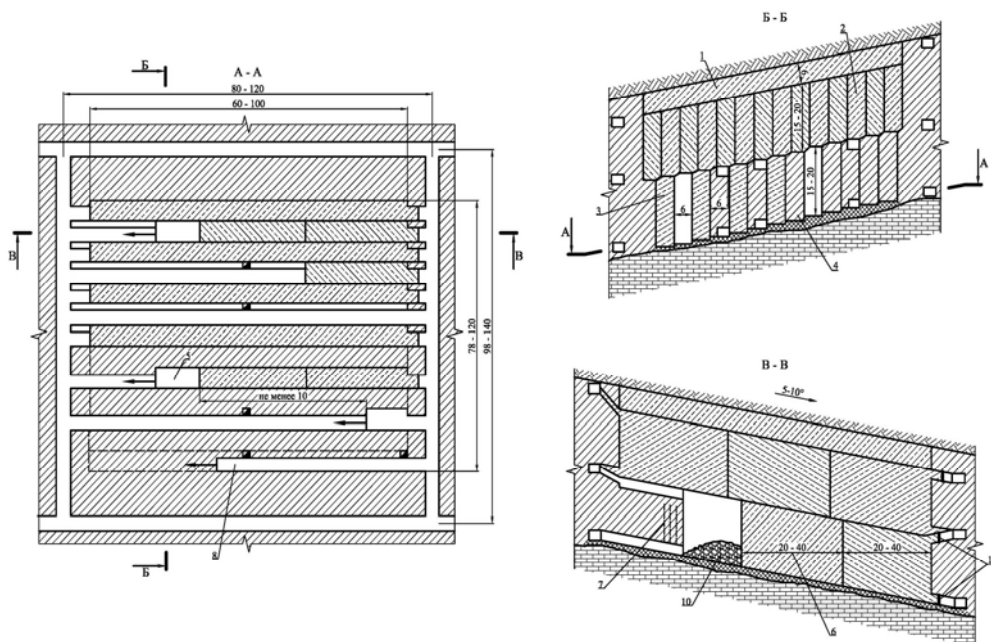


**Рис. 1. Многостадийная камерная выемка с закладкой под искусственной кровлей:**  
 1 — налегающие породы; 2 — руда; 3 — почва камер; 4 — транспортная выработка; 5 — вентиляционная выработка; 6 — подэтажные орты; 7, 10 — вентиляционный ходок; 8 — закладочный орт; 9 — вентиляционно-закладочная выработка; 11 — буровой штрек; 12 — отрезной восстающий; 13 — вентиляционный восстающий; 14 — искусственная кровля; 15 — штанговая крепь; 16 — закладочный массив камер I очереди; 17 — камера I очереди в стадии выемки; 18 — закладочный массив камер II очереди; 19 — камера в стадии закладки; 20 — камера в стадии нарезных работ; 21 — рудный массив камер II очереди; 22 — закладочный трубопровод; 23 — изолирующая перемычка; 24 — взрывные скважины; 25 — отбитая руда; 26 — потери боксита; 27 — направление выемки камер; 28 — границы камер второго подэтажа

технико-экономические показатели: производительность труда забойного рабочего без учёта затрат на закладочные работы порядка 48 т/чел. — смену; потери руды 2-3 %; разубоживание — 5 %.

Камерная выемка под искусственной кровлей с горизонтом выпуска. Параметры выемочных блоков: длина 100 м и ширина 40-60 м. Из откаточного штрека, расположенного на границе блока на длину камер проходятся транспортные орты. В каждой камере из штрека проходят пальцевый вос-

стающий, который сбивается с вентиляционной выработкой, расположенной на буровом горизонте. Из вентиляционной выработки проходят буровые орты для каждой камеры (рис. 3). Над погрузочно-доставочным ортом оставляется предохранительный целик толщиной 5 м. Руда в камере сбивается путём взрывания глубоких скважин. Высота камеры составляет около 23 м. Выпуск отбитой руды из камеры осуществляется порциями путём подрывки предохранительного целика мелкошпуровой отбойкой.



**Рис. 2. Многостадийная камерная выемка с искусственной кровлей (выемка второго подэтажа):** 1 — искусственная кровля; 2 — закладочный массив первого подэтажа; 3 — закладочный массив камер первой очереди второго подэтажа; 4 — рудный массив; 5 — камера в стадии выемки; 6 — шаг закладки камер; 7 — взрывные камеры; 8 — камера в стадии нарезки; 9 — закладочный трубопровод; 10 — отбитая руда; 11 — изолирующая перемычка

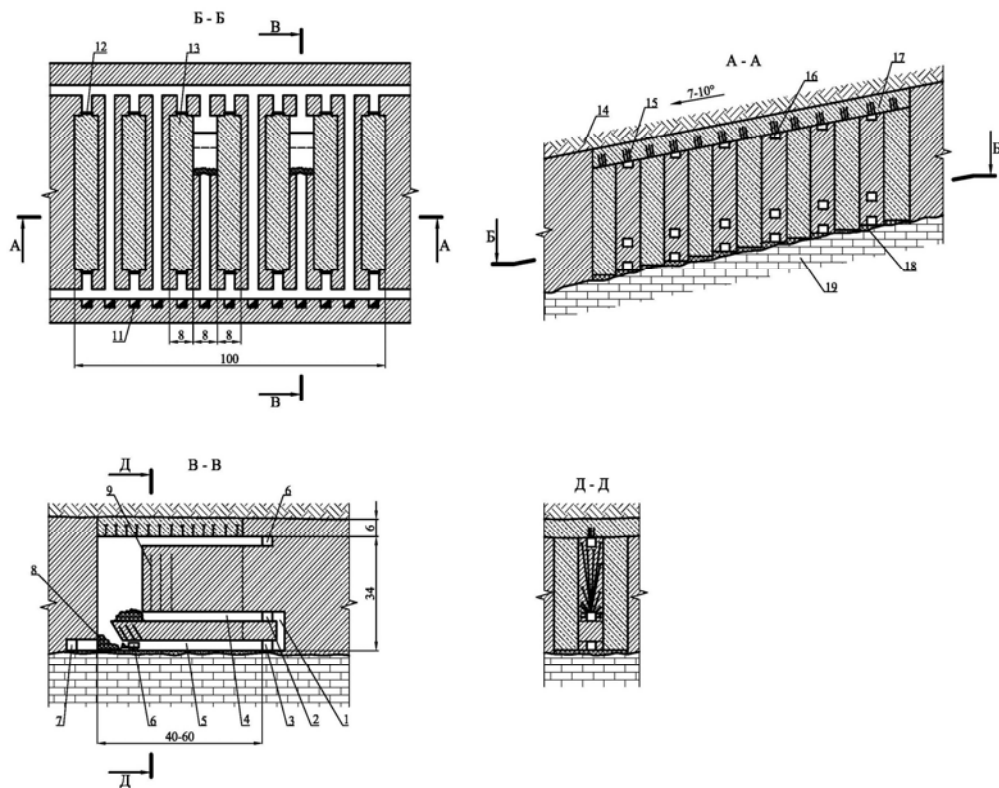
Производительность труда составил 54 т/чел. — смену. Потери руды 2-3 %, разубоживание 5-10 %.

За счёт совмещения по времени процессов бурения, отбойки и выпуска руды при данной системе разработки могут быть получены высокие показатели интенсивности выемки камерных запасов. Система разработки применима при условии, что отбитая руда не слеживается.

Камерная система разработки под искусственной кровлей из твердеющей закладки. Конструктивная особенность предлагаемого варианта системы разработки — двухстадийность выемки рудной залежи, основанная на снижении уровня

действующих напряжений в обрабатываемом массиве путём опережающей отработки висячего бока рудного тела.

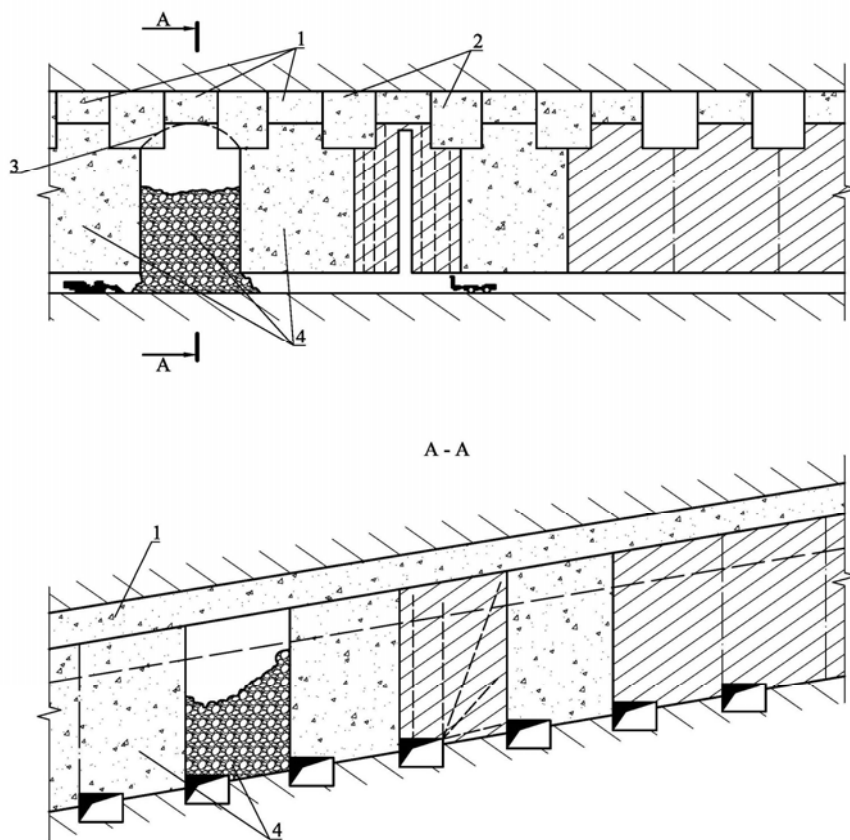
Выемочный блок подготавливается к очистным работам системой панельных штреков, пройденных на контакте руды и подстилающих пород (рис. 4) Очистные работы начинаются с выемки и последующей закладки первичных и вторичных заходов, располагаемых на контакте рудного тела и висячего бока. При этом образованный искусственный массив служит кровлей, предназначенной предотвратить самообрушение налегающих пород при камерной отбойке основных нижележащих запасов руды и снизить действующее горное давление.



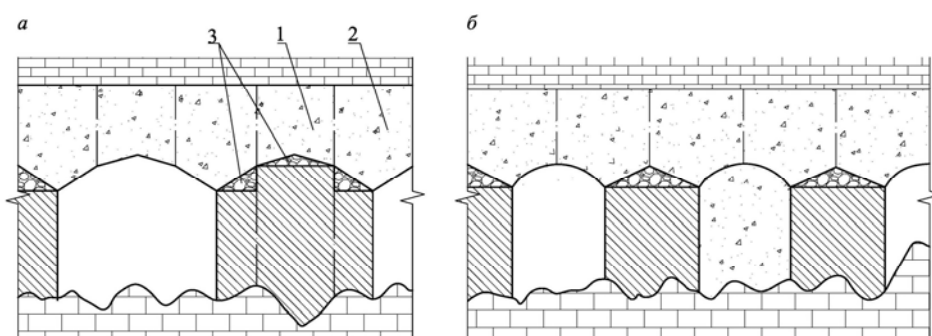
**Рис. 3. Камерная выемка под искусственной кровлей с горизонтом выпуска отбитой руды:** 1, 11 — пальцевый восстающий; 2 — вентиляционная выработка; 3, 7 — транспортная выработка; 4 — буровой орт; 5 — погрузочно-доставочный орт; 6 — погрузочно-доставочная машина; 8 — отбитая руда; 9 — глубокие скважины; 10 — вентиляционно-закладочная выработка; 12 — изоляционная перемычка; 13 — заложённая камера; 14 — налегающие породы; 15 — штанговая крепь; 16 — вентиляционно-закладочный орт; 17 — искусственная кровля; 18 — потери в лежащем боку; 19 — почва; 20 — отрезной восстающий

После набора нормативной прочности твердеющей смесью в заходках отработку основных запасов ведут камерами. Последние располагают через одну таким образом, чтобы их центральные оси совпадали с осями первичных заходок, а границы камер находились на осях вторичных заходок. При этом уступообразная форма искусственной кровли образует геометрическую поверхность, приближающуюся по своей форме к фигуре свода обрушения (рис. 5).

При отработке рудных тел в удароопасных условиях при неустойчивых породах предложенной системой разработки достигается следующий положительный эффект: повышается безопасность работ за счет опережающей отработки висячего бока рудного тела; увеличиваются основные камерные запасы и снижается объем горноподготовительных работ на единицу продукции, повышается эффективность добычи полезного ископаемого; отработка запасов камерами под искусственной кровлей



**Рис. 4. Камерная система разработки под искусственной кровлей из твердеющей закладки:**  
 1 — первичные заходки; 2 — вторичные заходки; 3 — свод естественного равновесия; 4 — выемочные камеры



**Рис. 5. Камерная выемка под арочной искусственной кровлей.**  
 а — при различной высоте первичных и вторичных камер; б — при одинаковой высоте первичных и вторичных камер; 1 — первичная камера, заполненная закладкой; 2 — вторичная камера, заполненная закладкой; 3 — отбитая руда, оставляемая на почве камер для создания свода

позволяет снизить разубоживание добываемой руды.

Промышленные испытания [2] новых вариантов системы разработки, проведенные на СУБРе с учётом сформулированных требований к уда-

робезопасной технологии, показали, что конструктивные элементы системы позволяют снизить удароопасность на месторождении и тем самым повысить безопасность ведения очистных работ.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беркович В.М. и др. Рациональная технология отработки удароопасных полиметаллических месторождений: Итоги науки техники, серия «Разработка месторождений твёрдых полез-

ных ископаемых», том 59, — М: ВИНТИ, 1992 г.

2. Беркович В.М. и др. Камерная выемка руды под искусственной кровлей. \ Горный журнал № 11-12, 1996. **ГЛАС**

---

#### Коротко об авторах

Осинцев В.А., Беркович В.М., Шараев Д.В. — (УГТУ, Екатеринбург)



---

#### ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ

**Саваторова В.Л.** — кандидат физико-математических наук, доцент, Московский государственный горный университет, Moscow State Mining University, Russia, tpr\_msmu@mail.ru  
Моделирование фильтрации жидкости сквозь пористую среду с периодической структурой: Отдельные статьи Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала). — 2010. — № 9. — 63 с. — М.: Издательство «Горная книга»

*Использован подход Бринкмана для описания фильтрации жидкости сквозь твердый недеформируемый пористый материал. В предположении, что пористый материал можно рассматривать как периодическую среду, в которой может быть выделено несколько характерных масштабов, применяется метод асимптотического усреднения. Для каждого из этих масштабных уровней выводятся определяющие уравнения. Определение усреднённых фильтрационных характеристик среды, а также скорости и давления жидкости сводится к решению соответствующих периодических задач на ячейке.*

**Savatorova V.L.** MATHEMATICAL MODELLING OF THE FILTRATION OF FLUID THROUGH POROUS MEDIUM WITH PERIODIC STRUCTURE

*Here we consider Brinkman's filtration in rigid porous media. Under the consideration that material has structure close to periodic, we extend the theory of asymptotic homogenization to a medium with several space scales. We deduce the governing equations for all scales from the smallest to the largest. As a result, in order to find physical quantities on all scales, we will to solve a family of periodic problems in cells.*

*Keywords: filtration; three scale homogenization; problem on the cell; effective permeability.*