

**В.П.ЗУБОВ**, д-р техн. наук, профессор, *spggi\_zubov@mail.ru*

**О.В.МИХАЙЛЕНКО**, инженер, *sshatilov@rtmet.ru*

**А.А.АНТОНОВ**, канд. техн. наук, доцент, *spggi\_zubov@mail.ru*

**М.Д.МОРОЗОВ**, аспирант, *Mikhail\_Morozov@mail.ru*

*Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)*

**V.P.ZUBOV**, Dr. in eng. sc., professor, *spggi\_zubov@mail.ru*

**O.V.MIKHAYLENKO**, engineer, *sshatilov@rtmet.ru*

**A.A.ANTONOV**, PhD in eng. sc., associate professor, *spggi\_zubov@mail.ru*

**M.D.MOROZOV**, post-graduate student, *Mikhail\_Morozov@mail.ru*

*Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University)*

## ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ ХОЛОДНИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ

Предложены системы разработки рудных тел разной мощности для условий Холоднинского месторождения. Определены рациональные параметры систем разработки.

**Ключевые слова:** система разработки, закладка, экология.

## FOUNDATION OF CHOLODNINSKOYE DEPOSIT MINING SYSTEMS IN CONDITIONS OF ECOLOGICAL RISKS

Mining systems for ore bodies of different thickness are developed for the conditions of Cholodninskoye deposit. Ration parameters of mining system are determined.

**Key words:** mining method, stowage, ecology.

К числу основных факторов, оказывающих влияние на выбор системы разработки Холоднинского месторождения полиметаллических руд, расположенного в пределах водосборной территории озера Байкал, относятся:

- сложные горно-геологические условия Холоднинского месторождения, характеризующиеся наличием нескольких систем разрывных нарушений и зон расщеливания пород; возможна связь тектонических разломов с рекой Холодной, которая является притоком реки Кичер, впадающей в Байкал;

- повышенная сейсмическая активность Северобайкальского региона;

- недопустимость опасных деформаций подрабатываемого горного массива, которые могут привести к неконтролируемой миграции подземных и поверхностных вод и опасности их попадания в озеро Байкал;

- высокая ценность добываемого полезного ископаемого (цинка и свинца), являющегося для Российской Федерации стратегическим и остродефицитным сырьем.

Месторождение представлено сближенными крутопадающими пластообразными и лентовидными рудными залежами, объединяющими 11-14 рудных тел. Протяженность месторождения по простиранию составляет около 5,5 км. На северо-восточном фланге рудные тела выходят на поверхность, а в юго-западном направлении они погружаются до глубины 900 м. Угол падения рудных тел составляет 60-80°

В соответствии с концепцией освоения Холоднинского месторождения\*, основанной

\* Zubov V.P. Concept of exploitation of Kholodninskoye polymetallik deposit / V.P.Zubov, O.V.Mikhajlenko // Scientific Reports on Resource. Issues 2010. Vol.1. International University of Resources, Freiberg. P. 209-212.

Д-Д

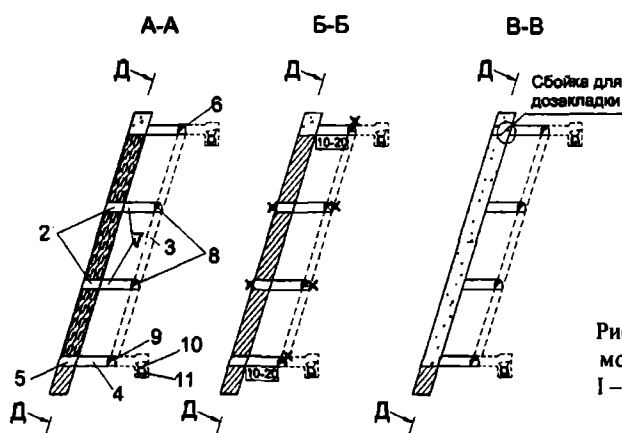
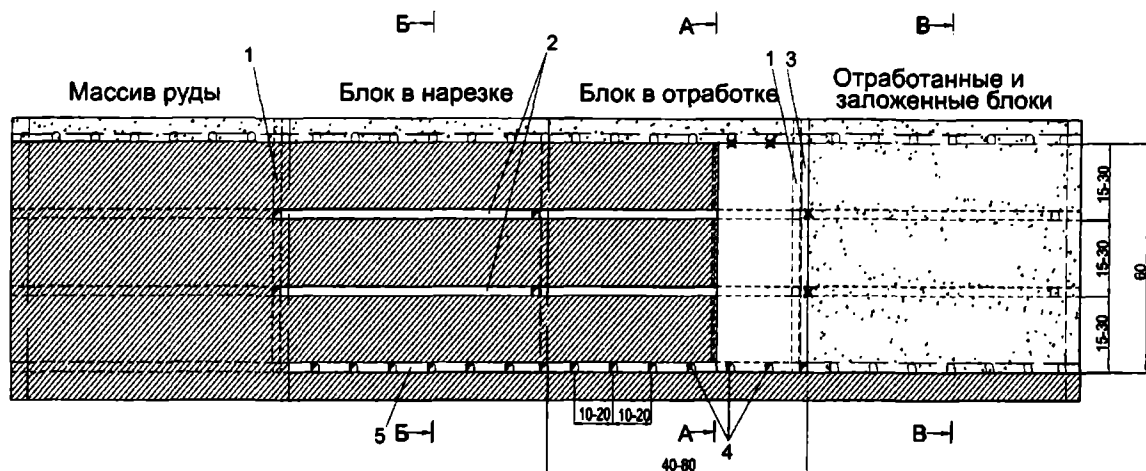


Рис.1. Рекомендуемая система разработки рудных тел мощностью менее 5 м. Размеры указаны в метрах  
I – рудный массив; II – закладочный массив; III – места заложения датчиков для мониторинга

на идеи расположения горно-обогатительного комплекса в подземных условиях и полной закладки выработанного пространства материалами, полученными из хвостов обогащения и при проходке выработок, разработаны три варианта системы разработки с открытым очистным пространством для рудных тел мощностью менее 5; 5-15 и более 15 м.

При отработке рудных тел мощностью менее 5 м рекомендуется применять камерную систему разработки с подэтажной отбойкой руды параллельными рядами скважин и последующей закладкой выработанного пространства твердеющей закладочной смесью (рис.1). Камеры располагаются по простиранию рудного тела. Подготовка блока заключается в проведении в породах лежащего бока этажного откаточного штрека 9, предназначенного для транспортирования всей руды, добываемой в блоке. Между от-

каточным 9 и вентиляционным 6 штреками через 100-150 м проходят вентиляционно-ходовые восстающие 1. Погрузочные заезды 4 длиной 10-20 м проводят с этажного откаточного штрека до рудного тела. Расстояние между соседними погрузочными заездами примерно 10-20 м. Затем с автоуклона в породах лежащего бока проходят подэтажные штреки 8; заезды 7 до рудного тела на границе двух камер; подэтажные буровые штреки 2 шириной, равной мощности рудного тела. С погрузочных заездов на уровне откаточного горизонта проводят выпускной штрек 5, выполняющий функцию плоского днища и предназначенный для выпуска всего объема руды. Создают отрезную щель 3 на границе рудного массива нарезаемой камеры и закладочного массива.

Отбойка руды ведется буровзрывным способом путем бурения параллельных ря-

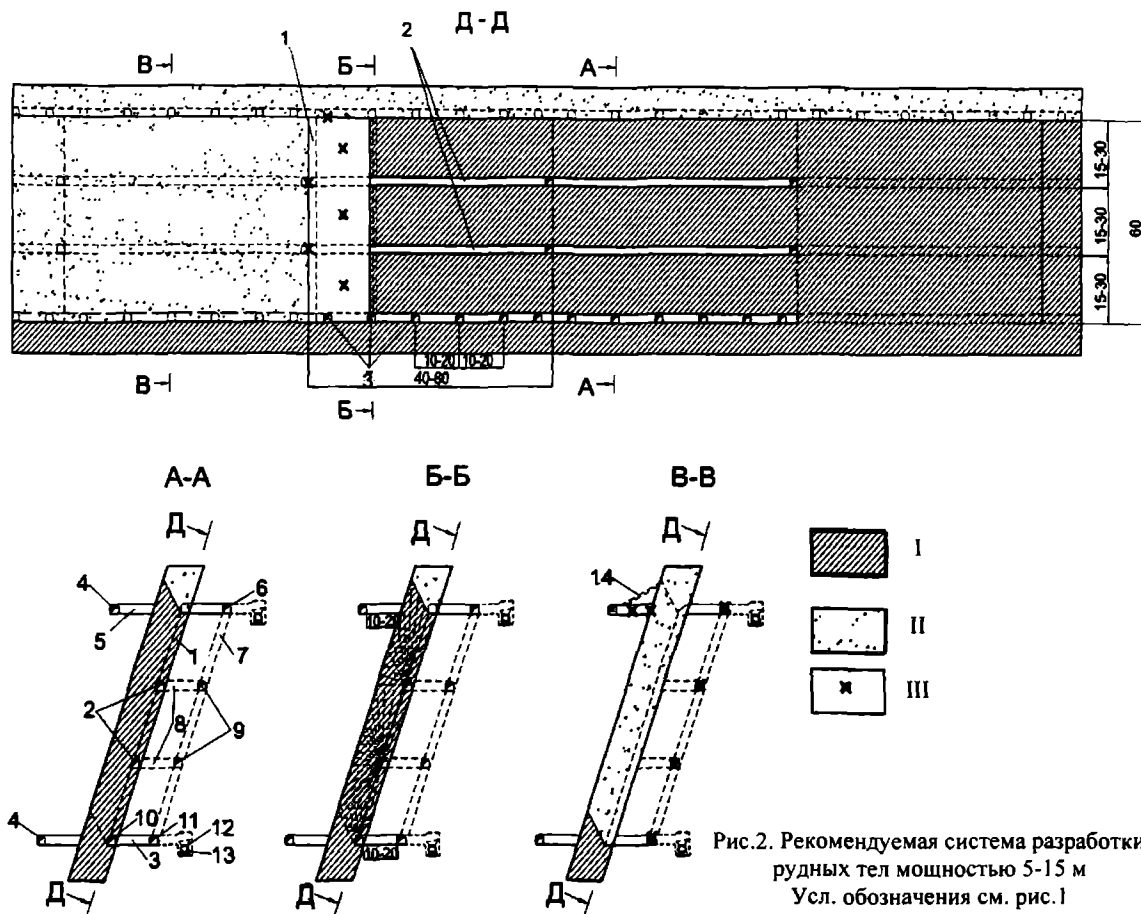


Рис.2. Рекомендуемая система разработки рудных тел мощностью 5-15 м  
Усл. обозначения см. рис.1

дов скважин из буровых штреков 2. Руда отбивается на открытое пространство камеры и выпускается через погрузочные заезды 4. Самоходными погрузочно-доставочными машинами (ПДМ) руду транспортируют до участковой дробилки 10, где она измельчается и поступает в конвейерный штрек 11.

После отбойки и выпуска всех запасов камеры выработки, связанные с открытым выработанным пространством камеры, герметизируют, а камеру заполняют твердеющей закладкой, в качестве которой используют смесь хвостов обогащения, дробленой породы от проходки полевых горных выработок, цемента и воды. Закладочный материал подают от закладочного комплекса рудника по бетоноводу, расположенному в выработках вентиляционно-закладочного горизонта.

Отработку очередной камеры начинают после набора закладочным материалом необходимой (определяется проектом) прочности.

Для отработки рудных тел мощностью 5-15 м рекомендуется камерная система разработки, представленная на рис.2.

Отбойку руды производят веерами скважин из поэтажных штреков сплошным забоем с последующим заполнением камер твердеющей литой закладкой. Подготовка выемочных блоков осуществляется полевыми штреками 11 и 6. Восстающие 1 проходят между откаточным и вентиляционным этажными горизонтами через 100-150 м (один на два блока). Для подачи в камеру закладочного материала, а также для проветривания рабочих мест и камер в породах висячего бока на уровне вентиляционного горизонта на расстоянии 10-20 м от рудного тела проходят вентиляционно-закладочный штрек 4.

При выполнении нарезных работ с полевого штрека 11 до рудного штрека 10 через 10-20 м проводят погрузочные заезды 3. Затем от автоуклона 7 в породах лежащего бо-

ка проводят подэтажные штреки 9, заезды 8 с подэтажных штреков до рудного тела на границе двух смежных камер. Подэтажные буровые штреки 2 проходят по рудному телу по контакту с породами лежачего бока. Траншейный штрек создают на границе с закладочным массивом у лежачего бока на уровне откаточного горизонта. Отрезную щель формируют на границе с закладочным массивом путем расширения восстающего на всю мощность рудного тела. Закладочные заезды 5 проводят через 10-20 м по простиранию залежи из закладочного штрека 4.

После отбойки и выпуска всего объема руды приступают к закладке камеры твердеющей закладкой. Предварительно герметизируют все выработки, связанные с выработанным пространством. Закладку камеры ведут с использованием выработок вентиляционно-закладочного горизонта. Закладочный материал подают по бетоноводу через вентиляционно-закладочный штрек 4 и закладочные заезды 5.

Для повышения полноты заполнения камеры закладочным материалом на вентиляционно-закладочном горизонте между закладочными заездами 5 бурят закладочные скважины 14, которые подключают к участковому бетоноводу, и по ним нагнетают закладочный материал. В качестве варианта отработки участков рудных тел мощностью 5-15 м, альтернативного варианту, представленному на рис.2, может применяться система разработки с подэтажной выемкой и последующей закладкой камер комбинированным материалом. При реализации данной системы разработки выемочный блок делят на камеры первой и второй очереди, имеющие разную длину по простиранию, и заполняют разнокачественным закладочным материалом. Камеры первой очереди закладывают твердеющим закладочным материалом, а камеры второй очереди – комбинированным: нижняя часть твердеющим закладочным материалом, верхняя – хвостами обогащения.

При реализации данного варианта блок делят на две очистные камеры. Размеры камер первой и второй очереди зависят от типа закладочного материала, его физико-механи-

ческих характеристик, давления закладочного материала камеры второй очереди, глубины ведения работ, степени подработки вышерасположенного массива, геодинамических напряжений, наличия трещин, разломов и др. Они должны определяться специальными проектами отработки блока. Рекомендуемое соотношение длины камер первой и второй очереди 1:5 – 1:10.

Последовательность выполнения подготовительных и нарезных работ аналогична рассмотренной в варианте, представленном на рис.2, с полной закладкой камер первой очереди твердеющим закладочным материалом.

В зависимости от длины по простиранию камеры первой очереди отбойку руды в ней производят либо послойно вертикальными веерами скважин (при длине камер более 10 м), либо за один раз путем одновременного взрыва всего объема руды камеры (при длине камер менее 10 м). Для выпуска руды по центру камеры проводят заезд в блок. Для облегчения процесса выпуска и увеличения объема руды, высыпаемой непосредственно на выпускной заезд, в камере создают днище в виде траншей.

При отработке камер второй очереди очистные работы начинают вести от центра камеры (отрезной щели) к ее флангам. Они заключаются в бурении из буровых штреков вееров скважин, их зарядании и взрывании, выпуске отбитой руды через траншейное днище на откаточный горизонт, транспорте руды от выпускного заезда до участковой дробилки самоходными ПДМ.

После отбойки и выпуска всех запасов руды камеры первой очереди приступают к ее заполнению твердеющим закладочным материалом. Для этого производят герметизацию всех выработок выпускного и буровых горизонтов, соединенных с камерой. С верхнего вентиляционно-закладочного горизонта по бетоноводу подают твердеющий закладочный материал, заполняя объем камеры первой очереди.

Закладку камер второй очереди комбинированным закладочным материалом производят после отбойки и выпуска всех запасов руды, в следующей последовательности:

производят герметизацию всех выработок, связанных с выработанным пространством, путем строительства гидроизолирующих перемычек; заполняют выработанное пространство камеры твердеющим закладочным материалом до уровня почвы первого (нижнего) бурового штрека. Это делается для обеспечения возможности безопасной отработки нижерасположенных блоков. Подача закладочного материала осуществляется с вентиляционно-закладочного горизонта по бетоноводу.

После схватывания закладочного материала в камеру подают смесь дробленой породы и песка, которая образует фильтрационную подушку высотой не менее 5 м. Оставшийся объем выработанного пространства камеры заполняют хвостами обогащения, подаваемыми по трубам с верхнего вентиляционно-закладочного горизонта, при этом вода из хвостов обогащения дренирует через фильтрационную подушку в выработки нижнего бурового горизонта и собирается в водосборных нишах 13 (рис.2), сооружаемых в заездах, из которых удаляется насосами 12. Для предупреждения прорыва закладочного материала через герметизирующие перемычки и попадания хвостов обогащения на действующие выработки, а также для предупреждения затопления этих горизонтов водосборные ниши устраивают на всех буровых горизонтах в заездах к рудному телу.

После полной закладки камеры хвостами обогащения последние отстаиваются. При этом твердый осадок опускается вниз, а вода поднимается вверх под кровлю камеры. Ее откачка производится из выработок вентиляционно-закладочного горизонта. После откачки излишек воды и обезвоживания хвостов в камере ее дозакладывают хвостами обогащения. Откачка воды должна производиться из всех водосборных ниш до полного прекращения поступления в них воды.

При отработке рудных тел мощностью более 15 м выемочный блок рекомендовано располагать вкрест простирания рудного тела с делением его на камеры первой и второй очереди (рис.3). Подготовка выемочных блоков – ортовая. Длина камер

первой и второй очереди соответствует мощности рудного тела, ширину камер рекомендуется принимать не более 20 м.

Отработка запасов камер первой и второй очереди ведется от висячего бока залежи к лежащему с первоначальной отрезкой рудного массива от вмещающих пород отрезной щелью.

Подготовительные работы заключаются в проведении этажного откаточного штрека 10 (рис.3) в породах лежащего бока. Рекомендуемая последовательность ведения нарезных работ: с откаточного штрека 10 по центру камеры проводят выпускные заезды 7 до висячего бока залежи; с автоуклона проводят подэтажные штреки 9; с подэтажных штреков проводят буровые орты 4 до висячего бока залежи; проводят подэтажный дренажно-закладочный штрек 5 и закладочно-дренажные заезды 6; проводят отрезной восстающий 8 по центру камеры, который затем расширяют до отрезной щели.

Очистная выемка заключается в бурении с буровых ортов веером скважин, их зарядании и взрывании, выпуске отбитой руды через выпускной орт, доставке отбитой руды самоходными ПДМ до участковой дробилки 11, где руда измельчается и попадает на конвейер общешахтного транспорта.

После отбойки и выпуска всех запасов руды из камеры приступают к ее заполнению закладочным материалом. Его подают из выработок вентиляционно-закладочного горизонта 1 и заездов 2.

Для увеличения полноты заполнения камеры закладочным материалом и возможности мониторинга состояния закладочного массива во времени проводят контрольно-закладочные заезды 3. Их проходят по закладочному массиву между двумя соседними камерами до висячего бока залежи. Для дозакладки камер с контрольно-закладочного заезда 3 бурят нисходящие скважины. Количество закладочных скважин, а также расстояние между скважинами определяется проектом.

В качестве альтернативного варианта для отработки участков рудных тел мощностью более 15 м может быть применена комбинированная система разработки с под-

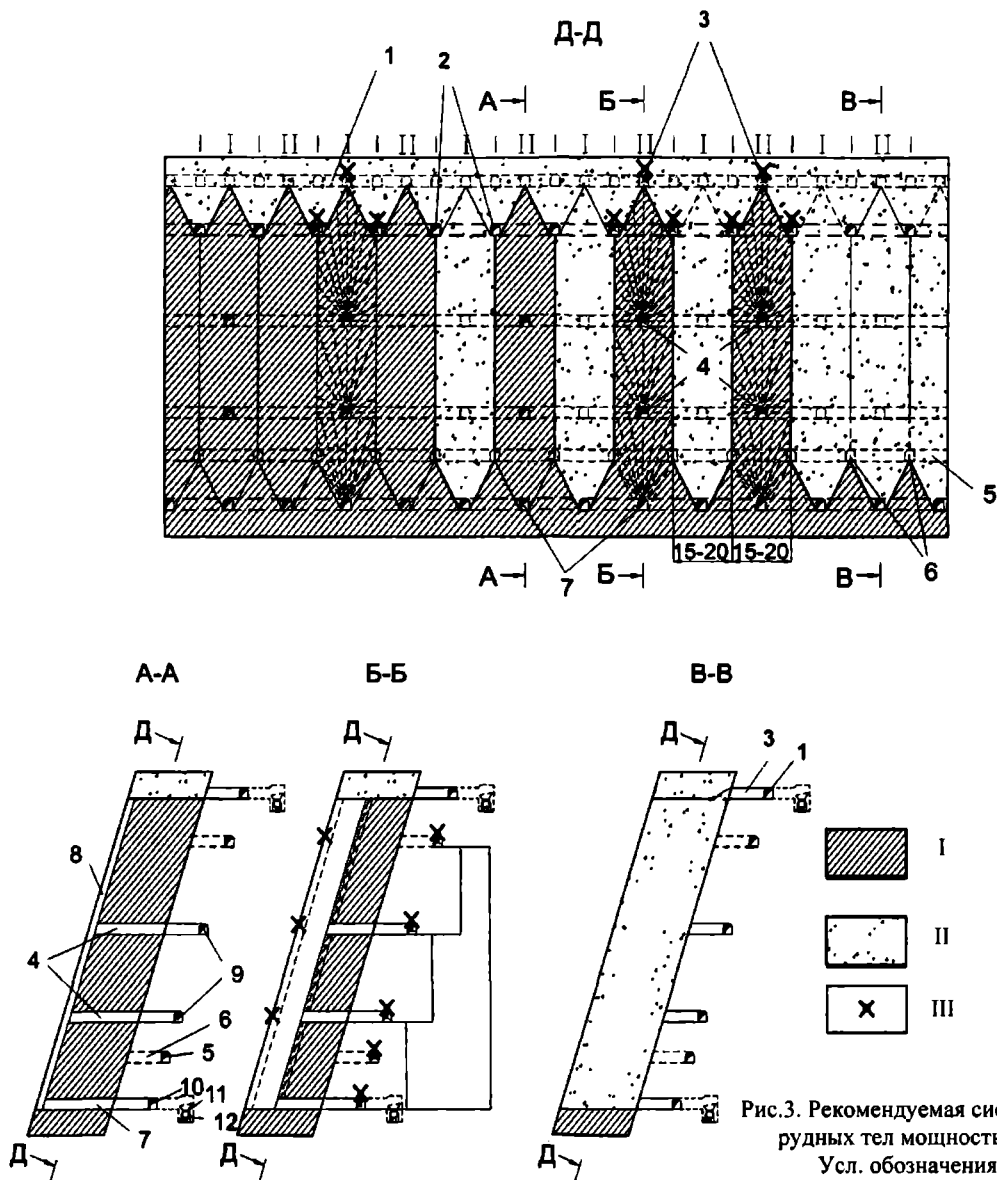


Рис.3. Рекомендуемая система разработки рудных тел мощностью более 15 м  
Усл. обозначения см. рис.1

этажной выемкой и последующим заполнением камер комбинированной закладкой. Вначале отработывают и закладывают камеры первой очереди, затем камеры второй очереди. При этом камеры первой очереди заполняют твердеющим закладочным материалом, создавая искусственные целики, позволяющие безопасно отработать запасы камер второй очереди.

Закладку камер второй очереди комбинированным закладочным материалом производят в следующей последовательности: заполняют выработанное пространство камеры твердеющим закладочным материалом до почвы первого (нижнего) бурового штре-

ка. Это делается для обеспечения возможности отработки нижерасположенных блоков. После схватывания закладочного материала в камеру подают смесь дробленой породы и песка, которая образует фильтрационную подушку высотой не менее 5 м. Оставшийся объем выработанного пространства заполняют хвостами обогащения, подаваемыми по трубам с вентиляционно-закладочного горизонта. При этом вода из хвостов обогащения дренирует через фильтрационную подушку в выработки нижнего бурового горизонта и собирается в водосборных нишах, сооружаемых в заездах к рудному телу, из которых откачивается насосом 12 в систему

общешахтного водоотлива обратной воды. Для предупреждения прорыва закладки через герметизирующие перемычки и попадания хвостов обогащения на действующие выработки, а также для предупреждения затопления этих горизонтов водосборные ниши устраивают на всех буровых горизонтах в заездах к рудному телу.

После полной закладки камеры хвостами обогащения последние отстаиваются, при этом твердый осадок опускается вниз, а вода поднимается вверх под кровлю камеры. Откачка воды производится с использованием выработок вентиляционно-закладочного горизонта. После откачки воды производят дозакладку камеры хвостами обогащения.