

Ю.В. Михайлов

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ И НАЦИОНАЛЬНУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ РОССИИ

Аннотация. Одним из компонентов недропользования является подземное освоение минеральных ресурсов — добыча твердых полезных ископаемых. Проблема обеспечения экологической безопасности в условиях криолитозоны, занимающей 64% территории России, заключается в первую очередь в чрезвычайно высокой чувствительности этой зоны к любой техногенной нагрузке. Горнодобывающая промышленность оказывает существенное влияние на всю биосферу: атмосферу, литосферу, гидросферу. В первую очередь на загрязнение воздушной среды. Для управления загрязнением воздуха при недропользовании необходимо совершенствовать технологию, технологические процессы, снижающих объем ядовитых газов, технологической пыли и локализацию их в отработанных выработках без выхода в атмосферу. Национальной безопасности России угрожает выборочная, варварская отработка только богатых участков руд, которая приводит к закрытию (ликвидации) горнорудных предприятий, ликвидации отрасли стратегического сырья. Исправить ситуацию может применение технологий, исключающих большие потери ценных руд в недрах. Рассмотрены новые технологии, обеспечивающие качественную и производительную добычу полезных ископаемых, экологическую и национальную безопасность в условиях криолитозоны России.

Ключевые слова: подземное освоение минеральных ресурсов, криолитозона, экологическая безопасность, аналитическое решение проблемы, опытно-промышленные испытания новых технологий, схемы управления загрязнением воздуха, технология разработки месторождений с ледяной и льдопородной закладкой, потери и разубоживание ценных руд, национальная безопасность.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-11-0-92-106

*«...экология без экономики — это всеобщая нищета,
но экономика без экологии — это всеобщее самоуничтожение».*

Концепция устойчивого развития.

Официальная позиция ООН.

Конференция в Рио-де-Жанейро, 1992 г.

Природопользование — использование природных ресурсов в процессе человеческой деятельности. Недра являются одним из видов природных ресурсов. Одним из компонентов недропользования является подземное освоение минеральных ресурсов — добыча твердых полезных ископаемых.

Горнодобывающая промышленность одна из ведущих отраслей глобальной экономики, занимающая 5-е место по

уровню капитализации крупнейших компаний и, следовательно, одна из основных систем, влияющих на окружающую среду.

Арктические и приравненные к ним зоны — криолитозона (зона «вечной мерзлоты») — это 64% территории России (Арктика, Сибирь и Дальний Восток, Алтай) с содержанием огромных запасов природных ресурсов: ценных, редких, урановых руд, стратегического сырья.

Указом Президента РФ от 2 мая 2014 г. № 296 определены механизмы реализации госполитики в Арктике с целью «...расширить ресурсную базу зоны, сохранить природную среду, обеспечить достаточный уровень фундаментальных и прикладных научных исследований...» [1].

Проблема обеспечения экологической безопасности в условиях криолитозоны заключается в первую очередь в чрезвычайно высокой чувствительности этой зоны к техногенной нагрузке, так как восстановление нарушенной экосистемы в отрицательных температурах происходит во много раз медленнее, чем в европейской части России.

Горнодобывающая промышленность оказывает огромное влияние на всю биосферу: атмосферу, литосферу, гидросферу.

В первую очередь на загрязнение воздушной среды:

- выброс ядовитых газов при ведении взрывных работ, выброс метана;
- выброс технологической пыли при бурении взрывных шпуров и скважин, при дроблении руды и пустых пород, при движении транспорта;
- загрязнение атмосферного воздуха автомобильным транспортом и дизельным горным оборудованием выхлопными газами;
- выброс газов при сжигании угля и дизельного топлива при работе ТЭЦ и других отопительных систем, особенно при наступлении неблагоприятных метеорологических условий (НМУ) — похолодании.

Огромное влияние на национальную безопасность России оказывает варварское извлечение ценных руд из недр — выборочная добыча богатых участков месторождения, которая приводит к преждевременному закрытию горно-обогачительных предприятий, потере в недрах значительного объема полезных ископаемых (до 40–60%), подготовленных к

выемке, ликвидации целых подотраслей горного производства.

В очень сильной степени это сказывается при добыче ценных руд в условиях криолитозоны — зоны, как правило, с неразвитой инфраструктурой, дефицитом квалифицированных кадров, разбросом месторождений на больших территориях, отсутствием энергоресурсов.

Поэтому к технологиям недропользования, влияющим на природную среду криолитозоны предъявляются особые требования.

Для управления загрязнением воздуха при недропользовании необходимо совершенствовать технологию, технологические процессы, снижающих объем ядовитых газов, технологической пыли и локализацию их в отработанных выработках без выхода в атмосферу (осаждение в выработках, водяные завесы, орошение взорванной горной массы и дроблении кусков пород перед их доставкой и транспортировкой на поверхность).

Объем выбросов пыли и газов в атмосферу при разработке месторождений полезных ископаемых составляет ежегодно сотни тысяч тонн.

Кроме того, косвенное влияние на проблему сохранения чистоты атмосферы оказывает вырубка ценных сортов древесины Сибири в огромных объемах для крепления подземных выработок с целью управления геодинамическими процессами горного массива.

Из всех существующих систем подземной разработки месторождений, необходимым требованиям отвечает система подземной разработки с закладкой выработанного пространства, которая позволяет обеспечить основополагающие критерии разработки месторождений полезных ископаемых — безопасность труда горняков, высокую производительность, экономическую целесообразность и экологическую безопасность.

Однако ни одно из месторождений в условиях криолитозоны в настоящее время не разрабатывается данными системами. Это связано с их трудоемкостью, необходимостью строительства дорогостоящих закладочных комплексов и трубопроводов, дефицита вяжущих материалов (цемент и проч.), резкого подорожания материалов, услуг, транспорта, высокой себестоимости закладочных работ, отсутствия технологий, адаптированных к местным условиям, отрицательного влияния низких температур на время и технологию формирования цементного закладочного массива [2].

Высокая себестоимость закладки твердеющими смесями на основе цементных вяжущих материалов и сложность ее формирования в отрицательных температурах исключает ее применение в условиях криолитозоны в настоящее время. Минимальной себестоимостью обладает ледяная или льдопородная закладка, образуемая за счет естественного холода криолитозоны без применения специальных охлаждающих установок [2, 9, 10].

Проблема состоит в том, что применение этого вида закладки сдерживается большой продолжительностью затвердевания закладочного массива, отставанием объемов его образования от объема

высокопроизводительных очистных работ. Задача оптимизации формирования ледяной и льдопородной закладок в подземных условиях состоит в определении параметров, обеспечивающих минимум времени замерзания искусственного целика для набора необходимых прочностных свойств, исследовании механизма замораживания ледяного и льдопородного целика и разработке принципов формирования закладочного массива без отставания от очистных работ.

В конце 1990-х годов проблему удалось решить, разработав математические модели формирования ледяной и льдопородной закладки для различных горно-геологических условий криолитозоны и выполнив опытно-промышленные испытания на отечественных предприятиях.

Проведенными исследованиями установлено, что охлаждение льда до $-2...-4$ °С обеспечивает его прочность до 4 МПа и устойчивость ледяного массива при обнажении его до 40 м. Прочность льдопородного массива при температуре -4 °С может достигать 6–10 МПа. Эти характеристики искусственных массивов являются достаточными для обеспечения безопасности и эффективности проведения очистных работ на весь период их выполнения.

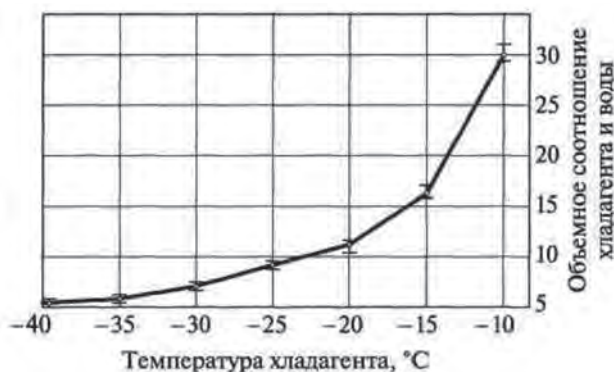


Рис. 1. Предельное соотношение льдопородного хладагента и воды в зависимости от температуры хладагента

Fig. 1. Limit frozen rock cooling agent/water ratio depending on temperature of cooling agent

Исследования показали, что для получения закладочного массива с заданными прочностными свойствами за технологически необходимый период времени необходимо строго соблюдать предельное соотношение объемов воды с начальной температурой +4 °С и дробленой породы с различной степенью охлаждения (рис. 1).

Это имеет решающее значение при формировании льдопородного целика. Например, для получения монолитного искусственного закладочного массива, допускающего обнажение до 20–40 м, на единицу объема дробленых пород (заполнителя) с температурой –20 °С должно быть в 11 раз меньше объемов воды (вяжущего) с температурой +4 °С. Если воды будет подано больше, она не замерзнет в полном объеме, целик не охладится до требуемой температуры и не будет обеспечена его монолитность, устойчивость и прочностные свойства, технологический процесс добычи руд прервется.

На рис. 2 представлены зависимости времени замораживания льдопородной

закладки (при предельных значениях соотношений масс породы и воды 10; 15; 20; 25; 30) от различных значений начальных температур породы, позволяющие выбрать оптимальное время замораживания льдопородного массива необходимой прочности.

Сравнение времени замораживания формируемых искусственных льдяного и льдопородного целиков мощностью 2,4 м показывает, что применение охлажденной породы ускоряет процесс замораживания несущего целика в три раза и более. Это позволяет увязать во времени процесс формирования закладочного массива в выработанном пространстве с технологиями разработки месторождений, исходя из безопасных условий труда.

Еще большую эффективность на скорость замораживания закладочного массива оказывает применение органических хладагентов, в том числе твердых бытовых отходов [2].

Аналитические решения были апробированы в натуральных условиях отечественных горнопромышленных предприя-

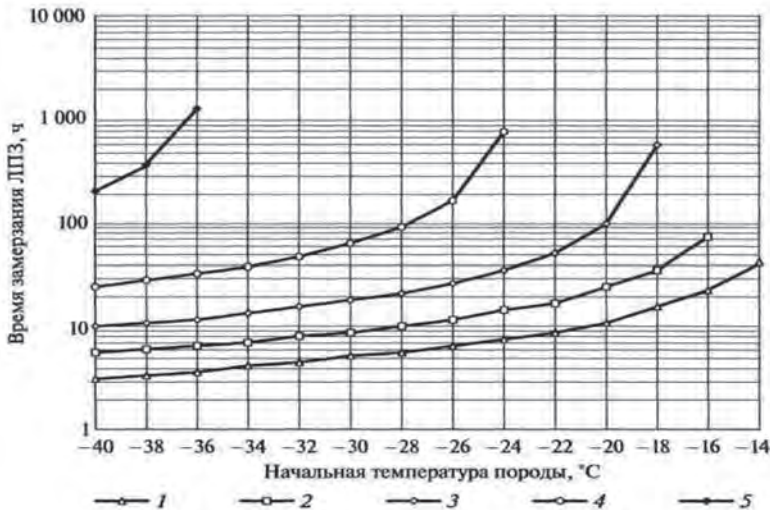


Рис. 2. Время замораживания ЛПЗ для различных соотношений V_n/V_B (V_n — объем породы (хладагента); V_B — объем воды): 1 — 1:10; 2 — 1:15; 3 — 1:20; 4 — 1:25; 5 — 1:30

Fig. 2. Frozen backfill freezing time at different V_n/V_w (V_n —volume of waste rock (cooling agent), V_w —volume of water): 1 — 1:10; 2 — 1:15; 3 — 1:20; 4 — 1:25; 5 — 1:30

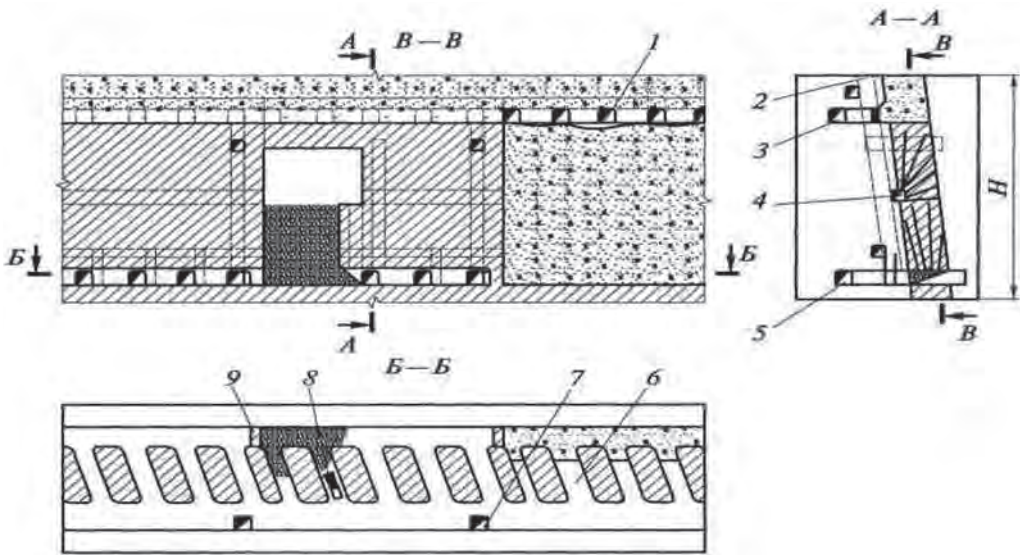


Рис. 3. Камерная система разработки с льдопородной закладкой в III рудной зоне Дукатского месторождения: 1 — закладочный орт; 2 — вентиляционный восстающий; 3 — вентиляционный штрек; 4 — буровая выработка; 5 — доставочный штрек; 6 — погрузочный заезд; 7 — рудоспуск; 8 — ПДМ с ДУ; 9 — изолирующая перегородка

Fig. 3. Stopping with frozen backfill in ore zone II at the Dukat deposit: 1—backfilling ort; 2—ventilation raise; 3—air drift; 4—drill heading; 5—haulage drift; 6—loading entry; 7—ore chute; 8—remote-operated load-haul-dumper; 9—isolating partition

тий (Дукатский ГОК, Узельгинский рудник, Калгутинский рудник, Джидинский вольфрамо-молибденовый комбинат и др.).

Экотехнология разработки Дукатского месторождения

Рудные тела Дукатского месторождения имеют невыдержанные контакты с вмещающими горными породами. Опытно-промышленный участок одного из месторождений состоит из ряда взаимно пересекающихся жил, часть месторождения недостаточно разведана, контакты рудных тел определяются по результатам разведочных выработок.

Простирание рудных тел составляет от 50 до 300 м; мощность маломощных рудных тел — от 1 до 4–5 м, встречаются раздувы до 7 м; угол падения — 65–90°; коэффициент крепости руды — 13–15, вмещающих пород — 18–20; плотность руды и породы — около 2,55 т/м³; температура горного массива –6...–7 °С.

Исходя из горно-геологических условий выбран вариант камерной системы разработки с льдопородной закладкой и применением самоходного оборудования (рис. 3) [3].

Узельгинский рудник

Выполненные опытно-промышленные проекты показали, что дистанционно управляемые погрузочно-доставочные машины позволяют изменить конструкцию днища камеры и сделать его плоским. Это исключает создание выпускных отверстий и снижает потери руды на 10–15%.

Исключение выпускных отверстий (рис. 4), и качественное обустройство горного массива современной буровой техникой (по паспортам БВР с оптимизированной линией наименьшего сопротивления W) веерами скважин 4 диаметром 65–145 мм из буровых штреков 3 вместе с доставкой отбитой руды мощной самоходной техникой 2 (с объемом

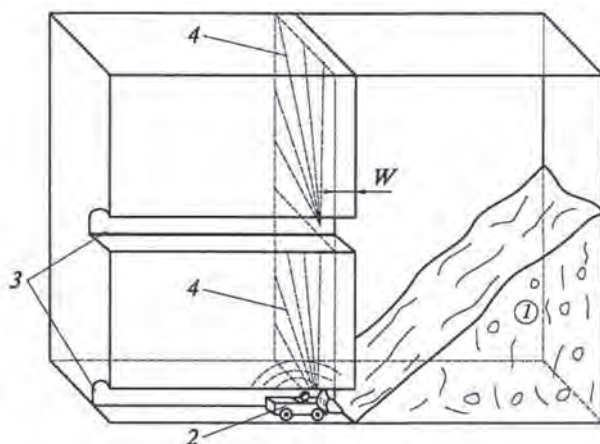


Рис. 4. Схема отработки рудного блока камерной системой с плоским дном и использованием дистанционно управляемой погрузочно-доставочной машины: 1 — отбитая руда; 2 — погрузочно-доставочная машина с дистанционным управлением; 3 — буровые штреки; 4 — веера скважин; W — линия наименьшего сопротивления

Fig. 4. Stopping with flat bottom and remote-operated load-haul-dumper: 1—broken ore; 2— remote-operated load-haul-dumper; 3—drill drifts; 4—fan drilling; W—burden

ковша 5—8 м³) значительно повышает эффективность подземной разработки.

Кроме того, применение ПДМ с ДУ позволяет извлечь рудную массу 1 из труднодоступных участков камеры, где при типовых вариантах разработки она была бы безвозвратно потеряна [2, 11]. Применение участков дробилок в комплексе с дистанционно управляемым оборудованием обеспечивает бесперебойную поточность движения горной массы по всей трассе и производительность до 7—2 тыс. т руды в год на одного рабочего (!).

Применение дистанционно управляемых ПДМ позволяет увеличить производительность труда на 30—40% за счет увеличения коэффициента использования машины, так как обеспечивается поточность движения рудной массы, исключается слеживаемость руды, сокращаются потери руды на 15—20%.

Как показали результаты, снижение потерь руды при использовании ПДМ с ДУ позволяет извлекать из каждой камеры Узельгинского рудника дополнительно 4200 т руды (!).

Решение проблемы экологически безопасной разработки многолетнемерзлых урановых месторождений Восточной Сибири [4]

Значительные резервные запасы урана России расположены в Эльконском урановорудном районе Восточной Сибири на Алданском щите. Одной из проблем освоения минеральных ресурсов Эльконской группы месторождений является наличие континентального климата с высоким перепадом температур, оказывающим значительное влияние на формирование криолитозоны и управление тепловым режимом шахт в зоне пониженных температур горного массива (от -5...-7 °С до -8...-10 °С), глубина распространения которых в этом регионе превышает 600 м от поверхности и достигает отметки 800—1000 м.

Другой проблемой освоения этих месторождений является борьба с пылеобразованием и обеспечение радиационной безопасности при добыче урановой руды в зоне вечной мерзлоты, соблюдение нормальных санитарно-гигиениче-

ских условий труда. Запыленность рудничного воздуха в шахтах и рудниках в области вечной мерзлоты нередко в десятки раз превышает санитарные нормы. При этом поиск эффективных средств борьбы с пылью осложняется недостаточной изученностью особенностей и условий пылеобразования, естественного пылесажения, а также связи этих процессов с тепловым режимом выработок, пройденных по многолетнемерзлым породам. Характерной особенностью пылевого режима рассматриваемых рудников является его зависимость от времени года: результаты исследований показали, что при одинаковых условиях транспортирования и проветривания концентрация пыли в рудничном воздухе зимой оказывается в 6—9 раз выше, чем летом.

Наряду с проблемами борьбы с пылеобразованием разработка урановых месторождений связана с проблемой обеспечения радиационной безопасности. Радиационная составляющая отработки урановых месторождений Эльконского урановорудного поля заключается в оценке радонового дебита будущих рудников, а затем на его основе в расчете

количества воздуха, необходимого для их оптимального проветривания.

Ориентировочная воздухопотребность рудников Эльконского горно-металлургического комбината по основным технологическим показателям, рассчитанная по эмпирическим формулам, показала их высокие значения. При выходе на максимальную производительность по руде необходимое количество, подаваемое по вентиляционным стволам свежего воздуха, должно составлять от 400 (участок Непроходимый) до 1000 м³/с (Эльконское плато и Дружный). Кроме того, учитывая условия вечной мерзлоты, эти значения должны быть еще более значимыми [4].

Для уменьшения столь большой воздухопотребности рудников необходим выбор оптимальной системы разработки, исключающей продолжительное нахождение отбитой горной массы в блоках, создание вентиляционных концентрационных горизонтов, где будет собираться отработанный воздух, расчет оптимальных вариантов буровзрывных работ, исключение рабочих мест на исходящей вентиляционной струе.



Рис. 5. Схема потоков горной массы и отходов при восходящем порядке горных работ с возвратом отходов в качестве закладки выработанного пространства

Fig. 5. Broken rock and waste flows in bottom-up mining with waste used as backfill

Коэффициент крепости вмещающих пород и руды по шкале Протодьяконова изменяется от 10 до 12; руды и породы в обнажениях устойчивые; угол падения рудных тел составляет в среднем 65° .

Минимизация техногенной нагрузки обеспечивается за счет использования отходов обогатительного передела в качестве закладочного материала; значительного снижения расхода крепежного леса; освобождения площади отвалов пустых пород; возможной утилизации отходов ТЭЦ в качестве вяжущего материала при формировании закладочного массива (рис. 5) [5].

Комбинированные системы разработок позволяют обеспечить безопасность

жизнедеятельности, экономическую целесообразность и экологическую безопасность особенно при разработке рудных тел с малой протяженностью по фронту; снижению общей себестоимости горных работ за счет снижения потерь и разубоживания руды до минимально возможных величин [4].

При недостаточно устойчивых породах возможна сплошная выемка узкими камерами, ширина которых равна ширине одной спаренной прирезки. Все эти варианты обеспечивают практически полную выемку балансовых запасов жил (или участков) с минимальными потерями отбитой руды на стадии ее выпуска и транспортирования (рис. 6, а).

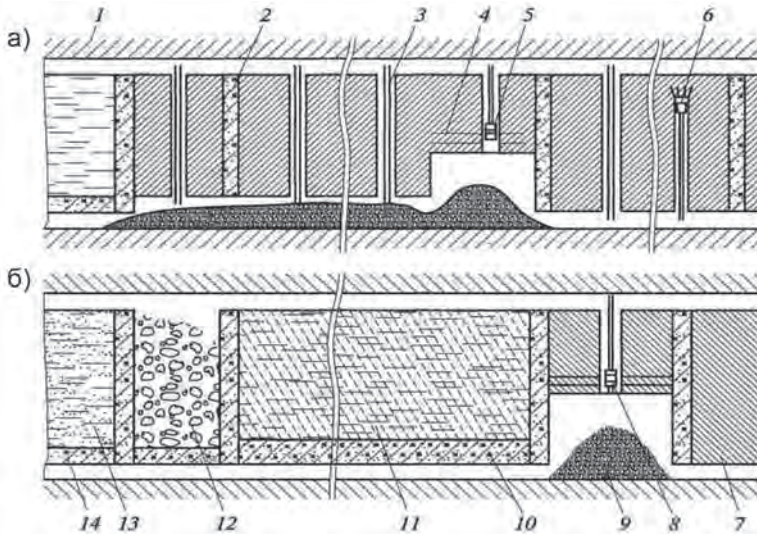


Рис. 6. Схема комбинированной системы разработки с закладкой выработанного пространства различными материалами: 1 — верхний этаж; 2 — первичные узкие камеры, заложённые твердеющей закладкой; 3 — монорельс в очистном восстающем; 4 — веер взрывных скважин; 5 — очистной комплекс КОВ-25 (или подъемник ПВ-1000—2); 6 — проходческий комплекс КПВ-6 (или подъемник ПВ-1000—2); 7 — рудное тело; 8 — очистной комплекс КОВ-25; 9 — отбитая руда в очистном пространстве; 10 — бетонная «подушка», перемычка для поддержания закладочного материала из забалансовых руд; 11 — закладочный материал из бедных руд, выщелачиваемых впоследствии; 12 — закладочный материал из пустых пород; 13 — закладочный материал из хвостов обогащения; 14 — бетонная «подушка», перемычка для поддержания закладочного материала из хвостов обогащения

Fig. 6. Composite system of mining with backfill made of different materials: 1—upper level; 2—primary narrow stopes with cemented backfill; 3—monorail in stoping raise; 4—fan of blastholes; 5—cutter-loader system KOV-25 (or hoist PV-1000—2); 6—heading system KPV-6 (or hoist PV-1000—2); 7—ore body; 8—cutter-loader system KOV-25; 9—broken ore in stope; 10—concrete «cushion», apron wall to support backfill made of uneconomic ore; 11—backfill made of low-grade ore subjected to leaching later on; 12—backfill made of waste rock; 13—backfill made of tailings; 14—concrete «cushion», apron wall to support backfill made of tailings

Другое направление комбинированной добычи, основанное на применении различных закладочных материалов для закладки единичного очистного блока, позволяет максимально извлечь полезное ископаемое при разработке урановых месторождений. В этом случае, вынув первичные узкие камеры и заложив их твердеющей закладкой, обрабатывают очистной блок стандартных размеров и заполняют его нижнюю часть твердеющей смесью (включая ЛПЗ) на необходимую по условиям долговременной устойчивости высоту (рис. 6, б). Затем оставшуюся полость заполняют любым закладочным материалом. Эту же полость можно использовать для размещения бед-

ных и забалансовых урановых руд с последующим их выщелачиванием методом заполнения. Это позволит получить не только дополнительный металл, но и определенный экологический эффект за счет сокращения объема внешних отвалов [4].

Одно из решений пылевой проблемы при подземной разработке месторождений полезных ископаемых предложено в институте ИПКОН РАН [2, 5].

Суть идеи заключается в том, что общая вентиляционная струя на рабочем горизонте разделяется на две ветви. Одна из них — не несущая пыли — движется по этажным штрекам и обеспечивает проветривание находящихся здесь рабочих мест (рис. 7, а).

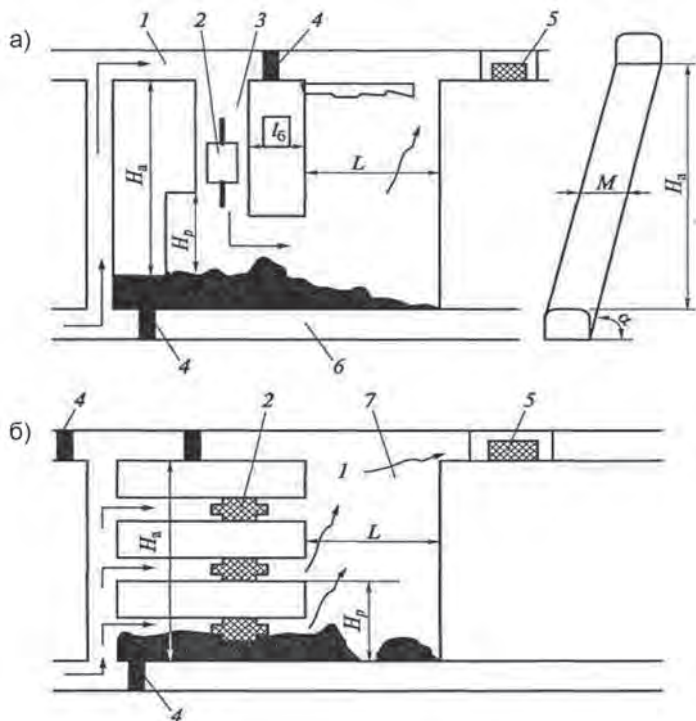


Рис. 7. Возможная схема выемки с пылеосаждением в выработанном пространстве: отбойка из восстающих штреков (а); отбойка из подэтажных штреков (б): 1 — верхний этажный штрек; 2 — буровая установка (КОВ-25 или буровая каретка); 3 — буровая выработка; 4 — вентиляционные перегородки; 5 — установки для фильтрации выдаваемого воздуха; 6 — нижний этажный штрек; 7 — очистное пространство

Fig. 7. Possible scheme of mining with dust precipitation in mined-out area: breakage from rising roadways (a); breakage from sublevel drifts (b): 1—upper drift on the level; 2—drilling rig (KOV-25 or jumbo); 3—drill roadway; 4—air dams; 5—outlet air filtration plants; 6—lower drift on the level; 7—stopping area

Вторая ветвь вентиляционной струи поступает в буровые выработки. Там она выносит пыль из выработанного пространства, двигаясь по нему параллельно первой ветви какое-то время, необходимое для выпадения крупных и средних фракций, и соединяется с ней только после полной очистки от пыли за счет сил гравитации и принудительной очистки (в специальных фильтрах с компенсаторами потерь депрессии) (рис. 7, б).

При необходимости пыленесущую струю можно пропускать через несколько последовательно расположенных отработанных блоков, для чего в междублоковых целиках предусматривается установка вентиляционных сбоек (возможно, с вентиляторами, устраняющими потери депрессии). При реализации данной схемы пыленесущие потоки воздуха, отсасываемые вентилятором местного проветривания из проходческих забоев, следует также направлять в ближайшее выработанное пространство для очистки.

Выведение всех пылевых потоков в нерабочие полости открывает принципиальную возможность коагуляции наибо-

лее мелких фракций с помощью известных физических методов воздействия (ультразвук, периодические ударные волны, электростатическое воздействие и т.д.), что резко интенсифицирует процесс осаждения наиболее опасных для здоровья людей фракций пыли. Кроме того, это позволяет реализовать основное требование экотехнологии — создать замкнутый цикл обращения пыли и локализовать ее в подземном пространстве [2].

Выполненные исследования и опытно-промышленные испытания на предприятиях недропользования в условиях криолитозоны России показали, что системы разработки месторождений подземным способом с ледяной и льдопородной закладкой обеспечивают экологическую безопасность как за счет предотвращения загрязнения воздуха, так и снижения потерь и разубоживания ценных руд и стратегического сырья.

Кроме того, созданная технология позволяет [3, 6]:

- утилизировать не менее 80% отвальных пород и до 40% объема хвостов обогащения, используя их в качестве наполнителя при изготовлении льдопо-

Сокращение площади нарушения земной поверхности при использовании льдопородной закладки

Reduction of damaged land using frozen backfill

Виды экологического эффекта	Удельное снижение поражения поверхности, км ² /т добычи	Экологический эффект от снижения площади, км ² /год, уничтожения естественной биоты при создании инфраструктуры поверхностного комплекса предприятий при объеме годовой добычи, т			
		1 · 10 ⁶	2 · 10 ⁶	5 · 10 ⁶	10 · 10 ⁶
Снижение объема твердых отходов	0,52	0,52	1,04	2,6	5,2
Увеличение производительности труда на действующем руднике	1,82	1,82	3,46	9,1	18,2
Снижение расходов лесоматериалов (непрямой эффект)	2,30	2,30	4,60	11,5	23,0
Утилизация технологической пыли в подземном пространстве	0,06	0,06	0,12	0,3	0,6
Применение вахового метода разработки	9,10	9,10	18,20	45,6	91,0

родной закладки; — снизить интенсивность пыли в вентиляционном выбросе из шахты почти в 2 раза (в 1,84 раза);

- обеспечить безопасность труда с одновременным снижением техногенной нагрузки на экосистему за счет локализации технологической пыли в подземном очистном пространстве и на всем пути движения горной массы;

- кардинально сократить потребность предприятий в лесоматериалах, используемых для управления горным давлением: такое снижение расхода эквивалентно сохранению от вырубки 2,3 м² лесных угодий на 1 т добычи рудного сырья (см. таблицу);

- при строительстве на основе геотехнологии со льдопородной закладкой небольшого горного предприятия с годовой добычей в 250—300 тыс. т в год, экологический эффект выразится в сохранении от полного разрушения 2 км² уникальной биоты Сибири;

- сократить общую численность трудящихся на 15—25% (в зависимости от применяемой геотехнологии), что дает экологический эффект от снижения площади полного уничтожения биоты при создании жилой инфраструктуры в размере 1,82 км²/т добычи.

Необходимо отметить: прямой экологический эффект при использовании любой новой технологии заключается в снижении интенсивности действия присущих данному типу производства техногенных факторов, вплоть до их полного исключения.

Внедрение предлагаемой геотехнологии со льдопородной закладкой позволяет:

- снизить количество техногенной пыли, поступающей в экосистемы окружающих предприятия территорий;

- сократить объем техногенных новообразований (отвалы, хвостохранилища) на земной поверхности;

- сократить расход лесоматериалов и вяжущего (цемента) и получить тем

самым непрямым экологический эффект на территориях, удаленных от добывающих предприятий;

- создать условия для перехода на вахтовый метод разработки месторождений и существенно сократить площади естественной биоты, отторгаемые под жилую и транспортные инфраструктуру.

Другой насущной проблемой является разработка маломощных месторождений в крепких горных массивах, в которых залегают огромные запасы ценных металлов, редкоземельных руд.

Принципиально новым техническим решением добычи маломощных ценных крепких руд с обеспечением высокого качества извлечения, производительности предприятия и экологической безопасности является новая технология добычи выбуриванием скважин большого диаметра [2, 12]. Эта технология была испытана на Ловозерском ГОКе (рис. 8).

Ловозерское месторождение является удароопасным. Рудная залежь представлена маломощным рудным телом (от 0,6 до 1,2 м) с выдержанным простиранием и углом падения 10—30°.

Решение проблемы обеспечения экологической безопасности при подземной разработке маломощных (от 0,6 до 1,2 м) удароопасных месторождений полезных ископаемых крепких руд связано с максимальным внедрением технологий с механическим разрушением горного массива добычным комбайном без присутствия людей в очистном пространстве.

Ввиду отсутствия отечественных и зарубежных добычных комбайнов для разработки тонких залежей крепких руд выбуриванием скважин большого диаметра институтами Гипроцветмет и ВНИПИрудмаш, при поддержке руководства Ловозерского ГОКа, был создан единственный экспериментальный образец добычного комбайна КД800Э испытанный на руднике «Карнасурт».

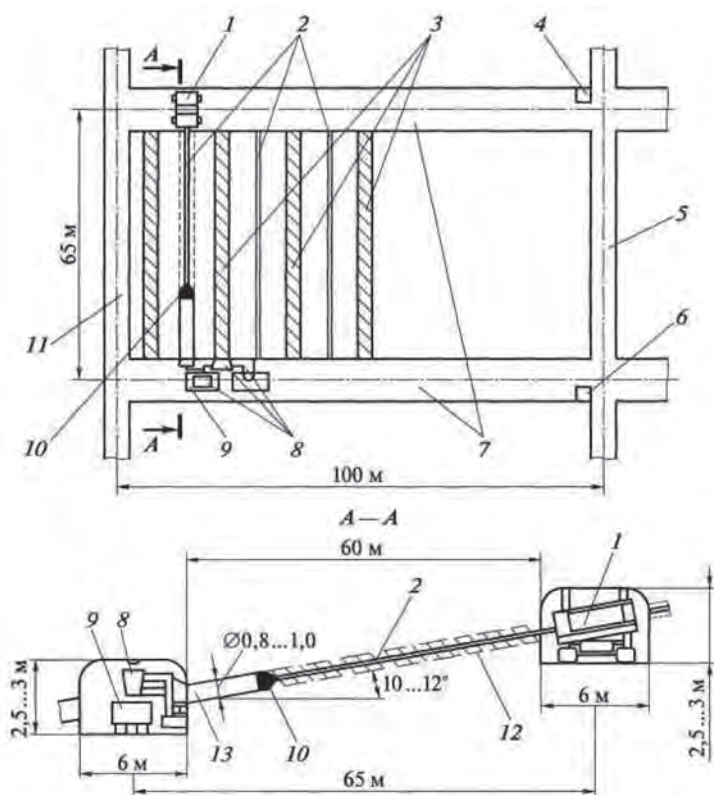


Рис. 8. Технологическая схема опытно-промышленного участка рудника «Карнасурт» Ловозерского ГОКа: 1 — добычной комбайн КД800Э; 2 — пионерные пилот-скважины; 3 — расширенные скважины, заполненные закладочной смесью; 4 — пульпосборник; 5 — грузо-людской квершлаг; 6 — восстающий; 7 — буровые штреки; 8 — устройство для обезвоживания и разделения бурового шлама; 9 — вагонетки; 10 — расширитель; 11 — вентиляционный квершлаг; 12 — рудная (балансовая) залежь; 13 — расширяемая скважина без крепления

Fig. 8. Test site plan in Karnasurt Mine, Lovozero Mining and Processing Works: 1—shearer loader KD800E; 2—pilot holes; 3—reamed holes with backfill; 4—sludge collector; 5—load-and-man way crosscut; 6—raise; 7—drill drifts; 8—drilling mud dewatering and separation plant; 9—dillies; 10—reamer; 11—air crosscut; 12—ore (economic) body; 13—reamed holes without casing

Опытно-промышленные испытания комбайна КД800Эв условиях Ловозерского ГОКа позволили:

- повысить производительность труда в 1,5–2,5 раза и снизить трудозатраты на добыче и переработке руды;
- исключить стадии крупного, среднего, мелкого дробления и грохочения при обогатительном переделе с экономией расхода электроэнергии до 50%;
- повысить качество извлечения руд из недр — снизить потери с 18–20 до 3–5%, разубоживание с 40–46 до 20–22,5%;

- сократить численность подземных рабочих на 15–20%;

- улучшить безопасность горных работ за счет снижения проявлений горного давления, объемов взрывных работ, предотвращения породных взрывов, пожароопасности, улучшения вентиляции рабочих мест, выведения людей из очистного пространства;

- механизировать и автоматизировать основные технологические процессы, значительно сократить объемы ручного труда;

- создать технологию добычи руд из маломощных удароопасных залежей без присутствия людей в очистном пространстве;
- осуществить безопасную, экологически чистую циклично-поточную технологию добычи и переработки полезного ископаемого;
- повысить экономическую эффективность по сравнению с применяемой технологией на 1,5–6 млн у.е./год [2].

Еще одна технология связана с применением горного оборудования, оснащенных ударниками нового типа, ударная мощность которых на порядок выше существующих. Ударники метательного действия (УМД) разработаны в институте МГОУ проф. Ю.Д. Красниковым [7].

Как показывают выполненные расчеты, новая технология с применением ударной установкой метательного действия (УУМД) может повысить производительность труда в 5–7 раз, снизить потери и разубоживание ценных руд в 2–3 раза.

Национальной безопасности России угрожает выборочная отработка только богатых участков руд вследствие того, что оставшиеся участки месторождения с небольшим содержанием полезных ископаемых станут не рентабельными, их разработка становится экономически нецелесообразной, убыточной. Это может привести к полному закрытию (ликвидации) горнорудных предприятий, ликвидации отрасли стратегического сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента РФ от 2 мая 2014 г. № 296 «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации».
2. Михайлов Ю.В. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых. — М.: Издат. центр «Академия», 2008. — 320 с.
3. Михайлов Ю.В., Галченко Ю.П. Экотехнологии подземной добычи ценных руд в многолетнемерзлых массивах Сибири и Дальнего Востока // Экологический вестник России. — 2014. — № 10. — С. 46–53.
4. Камнев Е.Н., Михайлов Ю.В., Морозов В.Н. Проблемы и перспективы освоения урановых месторождений Восточной Сибири // Горная промышленность. — 2008. — № 2. — С. 81–91.


Наглядным примером может служить судьба оловодобывающей промышленности в Приморье!

Хрустальненский горно-обогатительный комбинат (ХГОК) (1942–1992) — лидер по добыче и обогащению полиметаллической руды в поселке городского типа Кавалерово Приморского края (Россия): в советские годы ХГОК давал около 30% всего добытого олова в стране. На Хрустальненском ГОКе впервые в стране применялись новые технологии по добыче и обогащению олова, часто эти технологии разрабатывались на самом ГОКе.

«С середины 1990-х годов предприятия оловодобывающей промышленности были вынуждены обрабатывать только участки богатых руд. ...в 2001 г. обанкротился Хрустальненский ГОК — добыча олова прекращена, а шахты затоплены. ...Оставшееся оборудование демонтировали и вывезли, все остальное растащили...» [8].

Выводы

Технологии недропользования с льдопородной закладкой выработанного пространства и выбуриванием скважинами большого диаметра исключают выборочное извлечение только богатых руд, обеспечивают полноту выемки ценных руд за счет снижения потерь и разубоживания руд до минимальных величин, обеспечивают качественную и производительную добычу полезных ископаемых, экологическую и национальную безопасность в условиях криолитозоны России.

5. Трубецкой К. Н., Галченко Ю. П., Бурцев Л. И. Экологические проблемы освоения недр при устойчивом развитии природы и общества. — М.: Изд-во «Научтехлитиздат», 2003. — 262 с.
6. Галченко Ю. П., Михайлов Ю. В., Сабянин Г. В. Экономическая эффективность применения льдопородной закладки при подземной разработке месторождений в криолитозоне // Экологические системы и приборы. — 2005. — № 5. — С. 28–31.
7. Михайлов Ю. В., Красников Ю. Д. Ценные руды. Технология и механизация подземной разработки месторождений. — М.: Издат. центр «Академия», 2008. — 256 с.
8. Лунышин П. Д. Судьба российской оловодобычи // Горнопромышленные ведомости, 2012 — № 8.
9. Cluff D. L., Gallagher J., Jalbout A., Kazakidis V., Swan G. Evaluation of frozen backfill for open stope mining in permafrost conditions // CIM 2008. [www.infomine.com/publications/docs/Cluff 2008.ppt](http://www.infomine.com/publications/docs/Cluff%202008.ppt).
10. Mining with ice-backfill. Fangel Henning // Western Miner, 1982, v. 55, No 5, pp. 48–50.
11. Handbook of underground drilling. Tamrock Drills SF, Tampere. 1990. 328 p.
12. Non-explosive breaking of rock-latest development // Mining and Eng. J. 1985. No 4084. Pp. 15–27. 

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Михайлов Юрий Васильевич — доктор технических наук, профессор, академик МАНЭБ, зав. кафедрой, Международный независимый эколого-политологический университет (Академия МНЭПУ).

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2018. No. 11, pp. 92–106.

New subsoil use technologies towards ecological and national security of Russia

Mikhaylov Yu. V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Chair, International Independent University of Ecology and Political Science, Moscow, Russia.

Abstract. One of the components of subsoil use is underground mining of hard minerals. The problem of ecological security in permafrost zone covering 64% of the territory of Russia consists, first of all, in the extreme sensitivity of this zone to any anthropogenic load. Mining industry essentially affects the whole biosphere: atmosphere, lithosphere and hydrosphere. First and foremost, air contamination is critical. Air pollution control in the course of subsoil use needs improving technologies and processes aimed at reduction of toxic gases and dust, as well as at their confinement in mined-out areas without emission to atmosphere. The national security of Russia is threatened by the selective barbaric extraction of solely high-grade ore, which ends in closure of mines and, thereby, in destruction of the industrial branch dealing with strategic resources. The situation can be redressed through the assistance of technologies eliminating high loss of valuable ore in subsoil. This article discusses new technologies of high-quality and productive mineral mining, ecological safety and national security under conditions of permafrost zone of Russia.

Key words: underground mineral mining, permafrost zone, ecological safety, analytical problem solution, semi-commercial testing of new technologies, air contamination control schemes, mining technology with frozen backfill, valuable ore loss and dilution, national security.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-11-0-92-106

REFERENCES

1. Ukaz Prezidenta RF ot 2 maya 2014 g. № 296 «O sukhoputnykh territoriyakh Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii» [Land territories in the Arctic zone of the Russian Federation: RF President Decree No. 296 dated May 2, 2014].
2. Mikhaylov Yu. V. Podzemnaya razrabotka mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh [Underground mineral mining], Moscow, Izdat. tsentr «Akademiya», 2008, 320 p.
3. Mikhaylov Yu. V., Galchenko Yu. P. Ekotekhnologii podzemnoy dobychi tsennykh rud v mnogoletnemertznykh massivakh Sibiri i Dal'nego Vostoka [Eco-technologies of underground mining of valuable ore in permafrost rock mass in Siberia and Russia's Far East]. *Ekologicheskii vestnik Rossii*. 2014, no 10, pp. 46–53. [In Russ].

4. Kamnev E. N., Mikhaylov Yu. V., Morozov V. N. Problemy i perspektivy osvoeniya uranovykh mestorozhdeniy Vostochnoy Sibiri [Problems and prospects of uranium production in East Siberia]. *Gornaya promyshlennost'*. 2008, no 2, pp. 81–91. [In Russ].

5. Trubetskoy K. N., Galchenko Yu. P., Burtsev L. I. Ekologicheskie problemy osvoeniya nedr pri ustoychivom razvitii prirody i obshchestva [Ecological problems of subsoil management at the sustained development of nature and society], Moscow, Izd-vo «Nauchtekhlitizdat», 2003, 262 p.

6. Galchenko Yu. P., Mikhaylov Yu. V., Sabyanin G. V. Ekonomicheskaya effektivnost' primeneniya I'doporodnoy zakladki pri podzemnoy razrabotke mestorozhdeniy v kriolitozone [Economic efficiency of frozen backfill in underground mineral mining in permafrost zone]. *Ekologicheskie sistemy i pribory*. 2005, no 5, pp. 28–31. [In Russ].

7. Mikhaylov Yu. V., Krasnikov Yu. D. Tsennyye rudy. Tekhnologiya i mekhanizatsiya podzemnoy razrabotki mestorozhdeniy [Valuable ore. Underground mining technology and mechanization], Moscow, Izdat. tsentr «Akademiya», 2008, 256 p.

8. Lunyashin P. D. Sud'ba rossiyskoy olovodobychi [Fate of tin production in Russia]. *Gornopromyshlennyye vedomosti*, 2012, no 8. [In Russ].

9. Cluff D. L., Gallagher J., Jalbout A., Kazakidis V., Swan G. Evaluation of frozen backfill for open stope mining in permafrost conditions. *CIM 2008*. www.infomine.com/publications/docs/Cluff_2008.ppt.

10. Mining with ice-backfill. Fangel Henning. *Western Miner*, 1982, v. 55, No 5, pp. 48–50.

11. *Handbook of underground drilling*. Tamrock Drills SF, Tampere. 1990. 328 p.

12. Non-explosive breaking of rock-latest development. *Mining and Eng. J.* 1985. No 4084. Pp. 15–27.



ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ СРЕДЫ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ НЕФТЯНЫХ ШАХТ

(2018, № 6, СБ 35, 16 с.)

Рудаков Марат Леонидович¹ — доктор технических наук, профессор, e-mail: rudakov.marat@yandex.ru,
Степанов Игорь Сергеевич¹ — аспирант, e-mail: 19_87@bk.ru,

¹ Санкт-Петербургский горный университет.

При ведении горных работ на нефтяных шахтах одним из вредных факторов, представляющих серьезную угрозу для жизни и здоровья работников, является высокая температура воздуха. С целью повышения точности оценки негативного комплексного воздействия параметров нагревающего микроклимата на человека в работе предлагается для рабочих зон с различными скоростями движения воздуха использовать разные интегральные показатели. В частности, для выработок со скоростью воздуха до 0,6 м/с (1-я категория рабочих зон) рекомендуется применять ТНС-индекс, а в выработках, где скорость свыше 0,6 м/с и отсутствует излучение от нагретых поверхностей (2-я категория рабочих зон), предлагается использовать показатель эффективной температуры (ЕТ). По результатам исследований на нефтяной шахте №3 определены области применения приведенных интегральных показателей. К числу рабочих зон, в которых целесообразно применять ЕТ, относятся в основном полевые, откаточные, вентиляционные, диагональные штреки, сбойки.

Ключевые слова: нефтяные шахты, горные выработки, нагревающий микроклимат, тепловая нагрузка среды, ТНС-индекс, эффективная температура, скорость движения воздуха.

EVALUATION OF A SPHERE OF APPLICATION OF INTEGRAL INDICATORS OF HEAT LOAD IN THE WORKINGS OF OIL MINES

Rudakov M.L.¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: rudakov.marat@yandex.ru,

Stepanov I.S.¹, Graduate Student, e-mail: 19_87@bk.ru,

¹ Saint Petersburg Mining University, 199106, Saint-Petersburg, Russia.

Considering mining operations a high air temperature refers to one of the hazardous factors constituting a threat for life and health of workers. For the purpose of increasing the accuracy of estimation of negative effect of the parameters of heating environment on a human, the authors propose to apply various integral indicators for working areas with different velocities of air. Particularly, for workings with the air velocity below 0.6 m/s (1st category of working zones) a heat index is suggested to use, for workings in which the velocity is above 0.6 m/s and there is no radiation from the heated surfaces (2nd category of working zones) an efficient temperature (ET) indicator is suggested to use. In the result of the studies performed at the oil mine No 3 the areas of application of the stated above indexes were determined. The following zones are among those in which the application of ET indicator is reasonable: waste roadway, hauling roadway, ventilation roadway, diagonal entry, cross slits.

Key words: oil mines, working, heating environment, heating load, heat index, efficient temperature, air velocity.