

УДК 622.271.002.5

М. С. Четверик

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОТКРЫТОЙ ДОБЫЧИ РУД

Повышения эффективности и снижения экологической опасности открытой разработки месторождений можно достичь при совершенствовании теории проектирования карьеров, применения прогрессивных технологий горных работ. Изложена циклично-поточная технология с гравитационным транспортом в рабочей зоне карьера. Применение внутрикарьерного перегрузочного пункта со складом вертикального типа позволяет снизить расстояния автоперевозок. Изложены прогрессивные технологии добычи руд.

Переход от планового распределения к рыночным отношениям, самостоятельности предприятий, повышение экологических требований затрудняют прогнозирование объемов производства и тем самым повышаются требования к определению главных направлений научно-технического прогресса. Для железорудной отрасли, которая достигла большого развития в результате применения открытого способа разработки, основные направления технического прогресса, по-видимому, будут определяться этим же способом добычи руд. Несмотря на большой вред, наносимый окружающей среде при открытом способе разработки, осуществить в ближайший период переориентацию или добычу сырья другим методом затруднительно.

Снижение экологической опасности открытой разработки рудных месторождений, повышение эффективности производства могут быть достигнуты путем применения прогрессивных процессов и технологий горных работ, эффективного оборудования, совершенствования теории проектирования карьеров.

1. Совершенствование теории проектирования карьеров. Принято считать, что после отработки запасов крутопадающего месторождения открытым способом добычу руды прекращают, отвалы рекультивируют, а предприятия ликвидируют или переориентируют на подземный способ разработки. С экологических позиций такая трактовка открытых горных работ является неприемлемой. Карьеры глубиной 500—700 м, длиной в несколько километров, отвалы высотой до 100 м, шламохранилища будут являться постоянным источником загрязнения и истощения окружающей среды. Большие объемы скальных вскрышных пород, вынутые с глубоких горизонтов карьера и поднятые на высоту до 100 м над уровнем земной поверхности, повышают естественный радиационный фон. Поэтому открытую разработку месторождения можно считать законченной не после выемки полезного ископаемого, а после засыпки карьера вскрышными породами и шламами, а также восстановления нарушенных земель. Для решения этой проблемы необходимо разработать технологию и создать комплекс машин по разборке отвалов, уборке шламохранилищ, засыпке карьера вскрышными породами и шламами.

Кроме того, при проектировании отработки месторождения необходимо определить вид объекта, который будет расположен на месте отработанного карьера. Как следует из исследований, в случае полного использования вскрышных пород и шламов для засыпки карьера все же остается определенная достаточно глубокая выемка. Она имеет различные параметры, зависящие от технологии засыпки карьера. Систематизированы виды объектов,

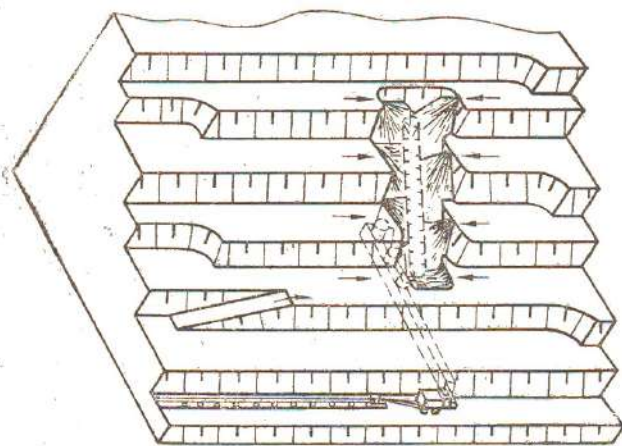
которые могут быть размещены на месте отработанного карьера. Их целесообразно размещать на разной глубине в процессе отработки месторождения или после ее завершения. Например, объекты горного производства могут быть размещены на глубине 100—150 м, а сельскохозяйственного (овощехранилища, склады различного назначения, автопарки и др.) — на глубине 50—80 м. В этом направлении необходимо проводить не только научные исследования, но и решать правовые вопросы. Необходимо принять законы, которые регулировали бы взаимоотношения предприятий. Отсутствие правовой базы, законов, не только не позволяет применять эффективные меры по защите окружающей среды, но и внедрять прогрессивные технологии. Так, научными работами доказана возможность добычи руды и угля с закладкой выработанного пространства на таких месторождениях, как Западный Донбасс, Никополь-Марганецкий бассейн и др. Однако добычу полезных ископаемых с закладкой выработанного пространства не производят, главным образом, потому, что это приводит к увеличению себестоимости. Кто же будет работать себе в убыток? Поэтому, если бы был закон, запрещающий производство горных разработок без закладки выработанного пространства, с соответствующими штрафными санкциями, то эта проблема была бы давно решена.

При открытой разработке месторождений необходимо предусматривать средства на ликвидацию отвалов, карьеров и других объектов. Эти особенности предъявляют более высокие требования к технологиям горных работ. Перспективными можно считать следующие: циклично-поточная технология горных работ, поточная технология с механическими и гидравлическими экскаваторами, поточная технология с комплексом машин непрерывного действия, технология с предобогащением руды в карьерах, открытая разработка крутопадающих месторождений с засыпкой отработанных карьеров и внутренним отвалообразованием, технология открыто подземной разработки с использованием нерабочей зоны карьера. Различие горно-технических условий и свойств пород по глубине карьера предопределяет необходимость применения нескольких технологий на одном карьере. Остановимся на некоторых из них подробнее.

2. Циклично-поточная технология с гравитационным транспортом в рабочей зоне карьера. Циклично-поточная технология применяется на всех карьерах Кривбасса. В случае повышения цен ее значимость и область применения еще больше вырастают. В условиях карьеров Кривбасса вскрытие горизонтов осуществлено в основном наклонными стволами и штольнями с расположением внутрикарьерных перегрузочных пунктов на нерабочих или временно нерабочих бортах. Перегрузочные пункты оборудованы конусными дробилками, установленными стационарно в бетонных колодцах. При понижении горных работ с целью сокращения расстояний автоперевозок (и количества автотранспорта) строят новый перегрузочный пункт. Применяемая технология, вскрытие горизонтов и оборудование имеют ряд недостатков, которые приводят к снижению ее эффективности.

По применяемой технологии внутрикарьерные перегрузочные пункты обычно располагают над рабочей рудной зоной или в ее середине; при разработке вскрышных пород — в середине. В первом случае осуществляют только подъем, а во втором — подъем и спуск горной массы автосамосвалами к перегрузочному пункту. При этом как в СНГ, так и за рубежом создают передвижные перегрузочные пункты большой производительности [1—3]. Такая концентрация транспортного потока приводит к увеличению расстояний автоперевозок.

Циклично-поточная технология с гравитационным транспортом в рабочей зоне карьера позволяет исключить указанный недостаток. Сущность ее заключается в следующем. В группе уступов (4—8) горную массу автосамосвалами перевозят только горизонтально по горизонтам. Разгрузку автосамосвалов производят в аккумулирующую емкость — внутрикарьерный склад вертикального типа (рисунок). Склад этот от известных отличается тем, что на каждом горизонте отсыпают один или несколько конусов горной массы, в которые затем и разгружают автосамосвалы. На концентрационном горизонте



Внутрикарьерный перегрузочный пункт со складом вертикального типа при циклично-поточной технологии с гравитационным транспортом в рабочей зоне карьера

постоянной высоте рабочей зоны (6—8 уступов) среднее расстояние автоперевозок составляет 0,5—0,8 км. При понижении горных работ и увеличении высоты рабочей зоны расстояние автоперевозок возрастает через 8—10 лет эксплуатации всего только до 0,9—1,2 км, что в 1,5—2,0 раза меньше, чем при применяемой циклично-поточной технологии горных работ. Главным достоинством рекомендуемой технологии являются малые расстояния автоперевозок в результате рассредоточенного по высоте рабочей зоны движения и разгрузки автосамосвалов, концентрация грузопотока, позволяющая применить грохотильно-дробильную или дробильную машину большой производительности. Недостаток же состоит в возможном пересечении вертикальным складом транспортных и других коммуникаций.

В схемах и системах вскрытия горизонтов при изложенной технологии следует применять открытое расположение вскрывающих выработок. Перспективным является расположение конвейерных подъемников на временно нерабочих и рабочих бортах карьера на опорах, которое на отечественных карьерах применяют мало. Поскольку при данной технологии спуск горной массы производят гравитационно, то глубину перехода к очередной схеме вскрытия [5], т. е. высоту между нижним рабочим горизонтом и перегрузочным пунктом, следует принимать минимальной. Глубина вскрытия при этой технологии [6] может быть увеличена (в зависимости от схемы вскрытия) до 120—150 м в связи с относительно низкой интенсивностью увеличения расстояний автоперевозок с понижением горных работ.

Для каждого очередного этапа разработки выбирают несколько схем вскрытия. В результате различных сроков создания их объектов переходят к производству горных работ при их использовании на разной глубине карьера. Поэтому эффективность схемы вскрытия горизонтов очередного этапа разработки карьера зависит от суммы затрат на транспорт при предыдущем этапе за период создания вскрывающих выработок и перегрузочных устройств данной схемы с учетом времени ввода их в эксплуатацию. Экономическую эффективность систем вскрытия определяют по суммарным затратам.

Оборудуют внутрикарьерные перегрузочные пункты конусными дробилками. Высокая надежность, большая производительность, способность работы под завалом, низкое энергопотребление, дробление пород любой крепости — основные их преимущества. В то же время эти дробилки обладают рядом недостатков в случае их применения в карьерах. Для их установки требуется мощный фундамент (бетонный колодец высотой 25 и диаметром 20 м). Дробилки металлоемки, с большими габаритными размерами по высоте, их сложно размещать на временно нерабочих и рабочих бортах карьеров. Срок создания таких перегрузочных пунктов составляет 3—3,5 года.

Производственным объединением Уралмаш разрабатывается переносной перегрузочный пункт с конусной дробилкой, улучшенной конструкции, учитывающей условия карьеров. Предусмотрена непосредственная разгрузка

под складом вертикального типа проведена штольня, а из нее — выпускные дучки, оборудованные вибропитателями. В штольне расположен конвейер для транспортирования крупнокусковой горной массы. Горная масса конвейером подается на грохотильно-дробильную перегрузочную машину и далее на горизонтальный и подъемные конвейеры. Выемку под склад вертикального типа сооружают методами, принятыми при подземной разработке месторождений. Проведенные исследования свидетельствуют о том, что при

автосамосвалов в дробилку. Уменьшена высота перегрузочного пункта. Тем не менее стоимость перегрузочного пункта остается высокой.

С нашей точки зрения, для условий циклично-поточной и поточной технологий горных работ должна быть дробилка принципиально новой конструкции [7, 9].

Для разработанной ИГТМ АН Украины и Южгипрорудом циклично-поточной технологии на карьере № 1 НКГОКа [8], а также ИГТМ АН Украины и Кривбасспроектом поточной технологии для карьера № 1 ЦГОК ПО Новокраматорский машиностроительный завод создана дробилка принципиально новой конструкции. На карьере № 1 НКГОКа применялась КВКД-900 [9], а на карьере № 1 ЦГОКа длительный период применяют дробильный передвижной агрегат ДПА-2000 на базе дробилки КВКД-1200. Такие же дробилки эксплуатируют в схемах циклично-поточной технологии на карьере «М» в Узбекистане, а также на СевГОКе. Дробилка не требует фундамента. Однако имеются недостатки, которые сдерживают ее широкое применение. В связи с тем что свободно вращающийся конус вовлекается в движение горной массой при принудительном вращении чаши, он подвергается интенсивному износу. Не регулируется выпускная щель дробилки.

В ИГТМ АН Украины разработана конструкция внутривалковой дробилки, у которой и чаша, и конус приводные. В этом случае обеспечиваются наилучшие условия захвата кусков горной массы для дробления и уменьшается износ конуса. Дробилки меньшего типоразмера с принудительным вращением конуса и свободным чаши, ввиду небольших габаритов и высокой производительности могут применяться в различных технологических схемах дробильных фабрик. Так, в ИГТМ АН Украины изготовлены дробилки для подземного закладочного комплекса, брикетной фабрики «Донецкая», различных строительных, геолого-разведочных организаций, фабрики окомкования на СевГОКе и др. В связи с увеличением стоимости дробилок и затрат на автомобильный транспорт повышаются значимость и область применения грохотильных перегрузочных пунктов.

За 20 лет применения циклично-поточной технологии существенных изменений в конструкции конвейеров не произошло. В то же время за рубежом начинают применять трубчатые конвейеры, которые позволяют транспортировать горную массу с крутыми углами подъема. Вместо питателей распространение получают питатели-конвейеры с опорами скольжения. Такие питатели изготавливают в ИГТМ АН Украины.

Таким образом, главным направлением в ближайший период, следует полагать, будет совершенствование циклично-поточной технологии горных работ и создание нового оборудования.

3. Поточная технология горных работ. Поточная технология предусматривает применение конвейерного транспорта непосредственно в забоях карьера, что является постоянной перспективой ввиду меньшего загрязнения окружающей среды и высокой производительности. Она предназначена, главным образом, для разработки скальных пород на горизонтах верхней и средней зон по глубине карьера. Во-первых, это вызвано большими объемами вскрыши, которые обычно сосредоточены на этих горизонтах, а во-вторых, тем, что верхние уступы карьеров отрабатывают с применением железнодорожного транспорта. Нижние горизонты, рудные, отрабатывают с высокой интенсивностью по циклично-поточной технологии. Средние горизонты скальных вскрышных пород разрабатывают менее интенсивно, так как железнодорожный транспорт трудно опустить на эти горизонты.

На основе выполненных исследований в ИГТМ АН Украины и проекта «Кривбасспроект» на карьере № 1 ЦГОКа предусматривалось применить поточную технологию для разработки вскрышных пород. Однако, как оказалось, комплекс машин недостаточно обеспечен объемами работ по горизонту, на что указывалось и раньше [10]. Поэтому применили циклично-поточную технологию. Для этого создали склад, из которого вскрышные породы отгружают комплексом: экскаватор ЭКГ-8И, дробильный передвижной агрегат ДПА-2000, конвейер. Используя забойные, наклонные и магистральные конвейеры протяженностью 4,7 км, вскрышные породы подают на отвалообразо-

ватель ОШС-1500/60. Отвалообразование производят в зоны обрушения подземных рудников. Это позволило не использовать для размещения отвалов ценные сельскохозяйственные площади. Опыт применения этой технологии и результаты исследований ИГТМ АН Украины свидетельствуют о ее экономичности и меньшей экологической опасности. Эксплуатация комплекса машин по данной технологии обнаружила ряд недостатков. Низкая производительность экскаватора циклического действия не позволила развить необходимую производственную мощность системы. Применение экскаватора циклического действия для реализации непрерывного потока горной массы требует создания большого бункера, что приводит к увеличению массы перегружателя. В связи с большой емкостью ковша машинист экскаватора не контролирует куски горной массы, негабаритные по приемному отверстию дробилки. В ИГТМ АН Украины продолжаются исследования по совершенствованию этой технологии при применении гидравлических экскаваторов.

Поточная технология с комплексом машин непрерывного действия предполагает применение в забое экскаватора непрерывного действия, грохотильно-дробильного перегружателя и забойного конвейера [7]. Такой комплекс машин, состоящий из экскаватора ЭРГС-5000 и перегружателя ПГС-2500, разработан в ИГТМ АН Украины. Однако для его применения необходимы большая ширина рабочей площадки, а также обеспечение большим объемом работ по одному горизонту в течение года. Эти недостатки сужают область применения комплекса машин. Наиболее целесообразно было бы использовать такой комплекс машин для разборки отвалов и засыпки карьеров. Для исключения указанных недостатков в ИГТМ АН Украины разрабатывается экскаватор непрерывного действия со встроенной внутривалковой дробилкой, который мог бы применяться как в схемах поточной и циклично-поточной технологии, так и при комплексном использовании сырья.

4. Технология горных работ с предобогащением руды в карьерах. При открытой разработке месторождений в добычу вовлекают все более бедные руды, затраты на переработку которых постоянно увеличиваются. Происходит разубоживание руд на отдельных участках месторождений путем включения в запасы нерудных пород. При производстве взрывных работ происходит смешивание рудных и породных прослоев. Увеличение емкости ковшей экскаваторов циклического действия не позволяет осуществлять селективную выемку руд. Кроме того, происходит снижение бортового содержания железа в рудах в связи с истощением запасов.

Для повышения качества руды перед ее поступлением на измельчение на фабриках производят предобогащение. Однако это не всегда приводит к снижению затрат, что обусловлено слиянием на фабрике потоков рудной массы с разными свойствами и необходимостью переработки всего объема. Эффективность предобогащения можно повысить, если его проводить в карьере и целенаправленно формировать потоки рудной массы. Предпосылками перехода к технологии с предобогащением руды в карьерах является следующее: применение крупного дробления в карьерах при циклично-поточной и поточной технологиях; освоение методов предобогащения (сухая магнитная сепарация, радиометрические способы и др.).

В ИГТМ АН Украины разрабатывается данная технология. Рассматриваются составы комплексов: конвейерный транспорт и крупное дробление в карьере, среднее и мелкое дробление, сухая магнитная сепарация, транспорт хвостов и руды; грохотильный агрегат, агрегат по сепарации, транспорт руды и хвостов; экскаватор со встроенной дробилкой, среднее и мелкое дробление, агрегат по сепарации, транспорт хвостов и руды.

Эффективность технологии обусловлена: снижением затрат на транспорт пустых пород к обогатительной фабрике; снижением затрат на обогащение; уменьшением затрат на транспорт шламов и содержание шламохранилища; снижением затрат на транспорт отходов предобогащения и их складирование.

5. Разработка крутопадающих месторождений с засыпкой отработанных карьеров и внутренним отвалообразованием. Внутреннее отвалообразование при разработке крутопадающих залежей применяется в настоящее вре-

мя локально, для решения отдельных технологических вопросов: совершенствования транспортных коммуникаций, повышения устойчивости бортов карьеров и др. В случае, когда засыпка выработанных карьеров станет обязательной, необходимой как законченный цикл производственного процесса, внутреннее отвалообразование найдет более широкое применение.

Засыпку карьеров глубиной 300 м и более можно производить начиная с нижних горизонтов, используя, как и на карьере № 1 НКГОК, железнодорожный транспорт. Для сокращения расстояний перевозок наиболее целесообразно засыпать карьеры непосредственно с поверхности земли. При этом возможно применять железнодорожный автомобильный и конвейерный транспорт. Главным вопросом является обеспечение безопасности работ, которая достигается при соблюдении определенной технологии и параметров отвалообразования [11]. В настоящее время накоплен опыт засыпки карьеров практически при использовании всех видов транспорта. В то же время разборка отвалов, если это необходимо для обеспечения экологической безопасности, представляет определенные трудности. Для разборки отвалов может применяться поточная технология горных работ с комплексом машин непрерывного действия [7].

6. Технология открытоподземной разработки с использованием нерабочей зоны карьера. Такая технология применяется на некоторых карьерах, главным образом при добыче богатых руд, расположенных в бортах. В перспективе она может применяться и на некоторых карьерах Кривбасса, например, карьере № 1 ЦГОКа. При наличии мощных транспортных коммуникаций, обширном вскрытии рудных залежей возможны различные технологические схемы открытоподземной добычи руд. При этом выемка приконтурных или прибортовых запасов может осуществляться подземным способом с закладкой выработанного пространства вскрышными породами. В этом случае целесообразно использовать комплекс машин непрерывного действия: погрузочной машины, дробилки и конвейерного транспорта, управляемых дистанционно.

7. Разработка открытым способом марганцево-рудных месторождений и восстановление земель, расположенных под дном Каховского водохранилища. Украина располагает большими запасами окисных (25 %) и карбонатных (75 %) марганцевых руд. В связи с истощением запасов богатых окисных руд и практически полной отработкой их в ближайшее время, главным сырьем для металлургической и других отраслей промышленности будут карбонатные руды. Качество марганцевых концентратов при существующих схемах обогащения еще больше ухудшится. Следует отметить, что качество отечественных марганцевых концентратов по содержанию фосфора и кремнезема не отвечает требованиям ферросплавной промышленности и значительно уступает зарубежному. Это не только приводит к большой материалоэнергоемкости и ухудшению качества ферросплавной продукции, но и исключает возможность производства сплавов марганца широко распространенными за рубежом эффективными, одностадийными технологическими процессами.

Все изложенное вызывает необходимость разработки решений и освоения эффективных технологий добычи и обогащения карбонатных руд. Основные запасы карбонатных руд предполагается отработать подземным способом. Однако он малопроизводителен, дорогостоящий и до настоящего времени практически не освоен.

Для обогащения карбонатных руд предложена новая серно-кислотная технология, позволяющая получить содержание марганца в концентрате до 57—60 % при весьма низком содержании фосфора и кремнезема [12]. Если такая технология будет освоена, то необходимы поиски эффективной технологии добычи сырья.

Из развития и расположения марганцево-рудной провинции на территории Днепропетровской и Запорожской областей следует, что значительные запасы марганцевых руд расположены под дном Каховского водохранилища. Как известно, это водохранилище заняло большие площади пахотных земель и плавней. В связи с этим предлагается технология открытой разработки марганцево-рудных месторождений и восстановления земель, расположенных под

дном Каховского водохранилища. Часть карьерного поля, предназначенного для отработки в ближайшее время, ограждают дамбами. Воду из ограждения убирают, а осушенный участок обрабатывают. Формирование защитных дамб, создание внутренних и внешних отвалов, их рекультивация позволяют вернуть земли для землепользования. Такая технология позволяет: не изымать у сельского хозяйства землю, а дополнительно вводить участки для землепользования; восполнить выбывающие мощности по добыче марганцевых руд с применением высокопроизводительного открытого способа разработки.

Переход к прогрессивным технологиям обеспечит не только повышение эффективности добычи руд, но и позволит уменьшить вредное влияние на окружающую среду.

1. Четверик М. С. Вскрытие горизонтов глубоких карьеров при комбинированном транспорте. — Киев : Наук. думка, 1986. — 186 с.

2. Циклично-поточная технология добычи руды на карьерах Кривбасса / Б. Н. Тартаковский, В. С. Вишняков, И. И. Гаврилюк, М. С. Четверик и др. — Киев : Техніка, 1978. — 175 с.

3. Phillipson G. Deep guarring: A cost study // Rock products. — 1989. — 92. — P. 143—149.

4. Направления совершенствования циклично-поточной технологии горных работ / А. А. Котяшев, А. П. Тюлькин, В. С. Волотковский и др. // Разработка руд черных металлов. — Свердловск : Ин-т горн. дела МЧМ СССР, 1989. — С. 4—14.

5. Четверик М. С. Вскрытие глубоких горизонтов при циклично-поточной технологии на карьерах // Горн. журн. — 1982. — № 4. — С. 22—26.

6. Параметры схем вскрытия горизонтов при комбинированном автомобильно-конвейерном транспорте / М. С. Четверик, В. П. Мартыненко, П. Б. Кульбида и др. // Там же. — 1985. — № 7. — С. 44—47.

7. Комплекс машин непрерывного действия для разработки скальных пород на карьерах // М. С. Четверик, С. М. Бро, А. С. Пригунов и др. // Проблемы совершенствования технологии открытой разработки месторождений. — М. : ИПКОН АН СССР, 1989. — С. 120—127.

8. Тартаковский Б. Н., Новиков Е. Е., Четверик М. С. и др. Применение ЦПТ для выдачи скальных пород и руд из глубоких карьеров Кривбасса // Горн. журн. — 1978. — № 4. — С. 19—22.

9. Четверик М. С. Технологические параметры дробильных установок при циклично-поточной разработке крепких скальных пород // Там же. — 1979. — № 12. — С. 18—20.

10. Четверик М. С. К исследованию проблемы технологического режима горных работ циклично-поточной и поточной разработки скальных пород и руд на глубоких горизонтах // Совершенствование техники и технологии открытой разработки месторождений. — Киев : Наук. думка, 1975. — С. 13—25.

11. Четверик М. С., Семенов А. П., Полищук С. З. Технология отвалообразования в отработанных карьерах // Металлург. и горно-рудн. пром-сть. — 1989. — № 4. — С. 37—38.

12. Тер-Даниелянц К. Р., Яворская Г. М., Ковалева О. В. Испытание новой сернокислотной технологии обогащения марганцево-рудного сырья в промышленных условиях // Черн. металлургия. — 1991. — Вып. 1. — С. 50—52.

Ин-т геотехн. механики АН Украины,
Днепропетровск

Получено 24.01.92

УДК 622.234.5(088.8)

К. К. Софийский

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ НОВЫХ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВЫБРОСОВ И ДОБЫЧИ УГЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО И ВИБРАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЙ НА НАПРЯЖЕННЫЙ ГАЗОНАСЫЩЕННЫЙ МАССИВ

Изложены актуальность и обоснование необходимости создания экологически чистых и ресурсосберегающих способов и средств предотвращения выбросов с применением гидродинамического и вибрационного способов воздействия на напряженный газонасыщенный массив

© К. К. Софийский, 1993