

УДК 622.271.6

**ТЕХНОЛОГИЯ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ ОБВОДНЕННЫХ
БУРОУГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАНСКО-АЧИНСКОГО БАССЕЙНА**

А. В. Резник, В. И. Ческидов

*Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН,
E-mail: a-resnik@mail.ru, Красный проспект, 54, 630091, г. Новосибирск, Россия*

Предложена ресурсосберегающая технология разработки обводненных месторождений Канско-Ачинского бурогоугольного бассейна без осушения их продуктивной толщи. Обоснована целесообразность аккумуляции всех поступающих в разрез вод в технологическом водоеме, формируемом в выработанном карьерном пространстве, для использования их в замкнутом технологическом цикле. Установлена технологичность применения средств гидромеханизации для селективной выемки слабосцементированных вскрышных пород с крепкими включениями. Приведены параметры гидроотвала вскрышных пород, размещаемого в выработанном пространстве разреза.

Обводненные бурогоугольные месторождения, карьерные воды, технологический водоем, вскрышные породы, гидромеханизация, выработанное пространство, гидроотвал

DOI: 10.15372/FTPRPI20190112

Одним из основных направлений интенсификации и рационального природопользования является комплексное использование сырьевых ресурсов, внедрение в производство ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий их добычи. Особую актуальность эти положения приобретают при освоении месторождений со сложными горно-геологическими и гидрогеологическими условиями и, в частности, обводненных бурогоугольных месторождений Канско-Ачинского бассейна.

Разработка обводненных угольных месторождений, как правило, осуществляется традиционными технологиями с проведением мероприятий по их осушению и отведению подземных вод и атмосферных осадков, поступающих в выработки разрезов. В зависимости от гидрогеологических условий отрабатываемых месторождений, величины притоков воды и физико-механических свойств горных пород применяются следующие способы дренажа продуктивной толщи: шахтный, скважинный и открытый водоотлив, а также их комбинации. Указанные способы, особенно шахтный, связаны с большими денежными и трудовыми затратами на их сооружение и эксплуатацию, а также несут негативные экологические последствия. При этом не всегда гарантирован ожидаемый эффект от их реализации, что обусловлено недостаточно достоверной информацией о гидрогеологических условиях и физико-механических свойствах горных пород месторождения.

В мировой практике открытой разработки обводненных месторождений известен способ подводной добычи твердых полезных ископаемых без проведения мероприятий по водоотведению карьерных вод [1]. Этот способ применяется в основном для добычи редких полезных

ископаемых в сложных гидрогеологических условиях (большая обводненность продуктивной толщи, наличие в границах или вблизи карьерного поля поверхностных водотоков и т. д.) и общераспространенных строительных материалов. Имеющиеся научные и проектные проработки подтверждают возможность использования этого способа при соответствующем технико-экономическом и экологическом обосновании, а также для добычи других видов минерального сырья (угля, руды и т. п.).

Большой интерес в рамках рассматриваемой тематики имеют бурогольные месторождения Канско-Ачинского бассейна, обладающие значительными запасами высококачественных углей. Угли бассейна пригодны не только для энергетических целей, но и служат отличным сырьем для получения жидких продуктов, металлургического полукокса и обогащенного бытового топлива, химической промышленности. По приведенным затратам на добычу 1 т условного топлива канско-ачинские угли являются самым дешевым топливом в стране [2]. Горно-геологические условия месторождений бассейна весьма благоприятны для добычи угля открытым способом: значительная мощность (от 5–15 до 60–90 м) и преимущественно пологое (1–8°) залегание пластов; сравнительно небольшая мощность и крепость основной массы вскрышных пород (мощность 8–250 м при среднем коэффициенте вскрыши 0.6–2 м³/т, крепость 1–3 по шкале Протодяконова); высокое качество углей (теплотворная способность 3100–380 ккал/кг, зольность 7–12 %, содержание серы до 1 %).

Анализ горно-геологических условий месторождений и опыт эксплуатации ведущих разрезов бассейна выявили ряд факторов, в значительной степени усложняющих ведение горных работ: сложные гидрогеологические условия месторождений с наличием до 3–4 водоносных горизонтов с напорными водами; наличие в основной массе слабо сцементированных вскрышных пород крепких прослоев и линз минерализованных алевролитов, аргиллитов и песчаников на известковом, кремнистом и железистом цементе с коэффициентом крепости до 12–14, разработка которых требует предварительного рыхления. Это касается месторождений западной части бассейна (Березовское, Урюпское, Барандатское, Итатское), предназначенных для первоочередного освоения.

Осушение освоенных обводненных месторождений бассейна (Назаровское, Бородинское) первоначально осуществлялось подземным способом, который оказался недостаточно эффективным и был заменен на скважинный. Подземный способ осушения, а также комплекс оборудования непрерывного действия использованы на разрезе “Березовский-1”.

Установлено, что если на месторождениях восточной части бассейна (Назаровское, Бородинское), где в породах вскрыши отсутствуют крепкие включения и сравнительно умеренные притоки карьерных вод, устойчивое ведение горных работ обеспечивается за счет водопонижительных скважин и открытого водоотлива, то на месторождениях западной части (Березовское, Урюпское, Барандатское, Итатское) с крепкими включениями и повышенной обводненностью, применение на вскрышных работах техники непрерывного действия затруднено, а система водоотведения разрезов требует специальных технических решений. Например, по разрезу “Березовский-1” проектными решениями принята и реализована трудоемкая дренажная система в составе шахтного ствола глубиной 114 м, системы штреков по угольному пласту с восстающими скважинами в массиве вскрышных пород протяженностью более 20 км. При этом расходы на сооружение дренажной системы превысили 12 % от суммарных затрат на строительство I очереди разреза [3]. Эксплуатация этой затратной системы показала, что, обеспечивая удовлетворительные результаты по угольному пласту, подземный способ оказался неэффективным по вскрышным породам в связи с их низкой проницаемостью, что усложнило работу вскрышного оборудования из-за налипания и намерзания экскавируемых пород на рабочие органы роторных экскаваторов.

Опыт эксплуатации разреза “Березовский-1” проектной мощностью 55 млн т/год показал, что два упомянутых выше фактора оказывают наиболее существенное негативное воздействие на ведение горных работ. Так, после 8 лет достаточно производительной работы вскрышного комплекса (в составе роторного экскаватора ЭРШРВ–5250, межуступного перегружателя и отвалообразователя с длиной стрелы соответственно 65 и 190 м) разрез выведен из эксплуатации из-за появления во вскрышной толще крепких породных включений и переведен на традиционную технологию с карьерными экскаваторами и автотранспортом [4].

Указанные проблемы рассматриваются на примере наиболее обводненного Урюпского месторождения с балансовыми запасами угля марки Б-1 и Б-2 16.9 млрд т [5]. Месторождение представляет собой брахисинклиналь, вытянутую в субмеридиальном направлении. Максимальная глубина залегания кровли пласта “Итатский” в самой глубокой части этой складки около 200 м. Параметры поля одноименного разреза, эксплуатация которого намечается на рассматриваемом месторождении, составляют: ширина (по простиранию фронта горных работ) — 6.3 км, длина (вкrest простирания фронта) — 10.4 км, площадь — 63.3 км². Участок первоочередной отработки на месторождении располагается в пойме р. Урюп (около 60 % всей площади), остальная часть приурочена к пойменной террасе, что предопределяет значительную водонасыщенность горных пород.

Объект добычи угля на месторождении — хорошо выдержанный угольный пласт “Итатский” простого строения, мощностью 5–70 м и углами падения 1–80°. Породы вскрыши представлены преимущественно рыхлыми и слабосцементированными песчано-глинистыми отложениями и четвертичными породами (таблица). Мощность вскрыши изменяется от 10–20 м на выходах угольных пластов под наносы до 200 м на конечной глубине разработки с коэффициентом крепости 0.5–3.0 основной массы вскрышных пород по шкале Протоdjяконова.

ТАБЛИЦА. Физико-механические свойства горных пород Урюпского месторождения

Горные породы	Категория по буримости	Процентное содержание по категории пород, %	Временное сопротивление раздавливанию, кг/см ²	Коэффициент крепости f	Объемный вес, т/м ³	Категория по экскавации	Общее содержание по типам вскрышных пород, %
Рыхлые и слабосцементированные	III	20	20	0.5–3.0	2.08	II–III	96
	IV	15	120				
	V	61	300				
Крепкие песчаники, алевролиты и аргиллиты	VI	2	400	4.0–14.0	2.95	IV	4
	VII	2	1400				
Бурый уголь	III	—	200	1.5–2.0	1.20	II	—

Крепкие включения (КВ) во вскрышной толще месторождения представлены сидеритами и как попутно добываемое сырье могут быть использованы в промышленном производстве. В породном массиве КВ размещаются крайне неравномерно (по высоте и в плане) в 8–14 конкреционных горизонтах, залегающих согласно падению угольного пласта. Их мощность изменяется от 0.1 до 2.5 м и занимает 1–3 % общего объема вскрышных пород. Среднее расстояние между горизонтами составляет 7–11, реже 15–22 м. В плане крепкие включения распола-

гаются не по всей площади месторождения, а в отдельных зонах. Размеры крепких включений в плане по отдельным горизонтам изменяются от 1 до 13 м, расстояние между ними — от 5 до 20 м. Указанный характер залегания КВ существенно осложняет возможность их обнаружения и технологию разработки вскрышного массива.

С учетом опыта эксплуатации первоочередных разрезов бассейна, повышенной обводненности Урюпского месторождения, наличия КВ в породах вскрыши предложена технология его открытой разработки [6], принципиальная схема которой приведена на рис. 1. Технология предусматривает:

- отказ от проведения мероприятий по осушению месторождения и использование его водных ресурсов в замкнутом технологическом цикле добычи угля;
- формирование в выработанном пространстве разреза технологического водоема (с подтоплением нижнего угольного уступа) для сбора подземных вод и атмосферных осадков;
- добычу угля двумя уступами по пласту “Итатский” техникой непрерывного действия — роторными экскаваторами (верхний) и цепными экскаваторами (нижний уступ);
- селективную выемку вскрышных пород средствами гидромеханизации;
- размещение гидроотвала вскрышных пород в выработанном пространстве разреза.

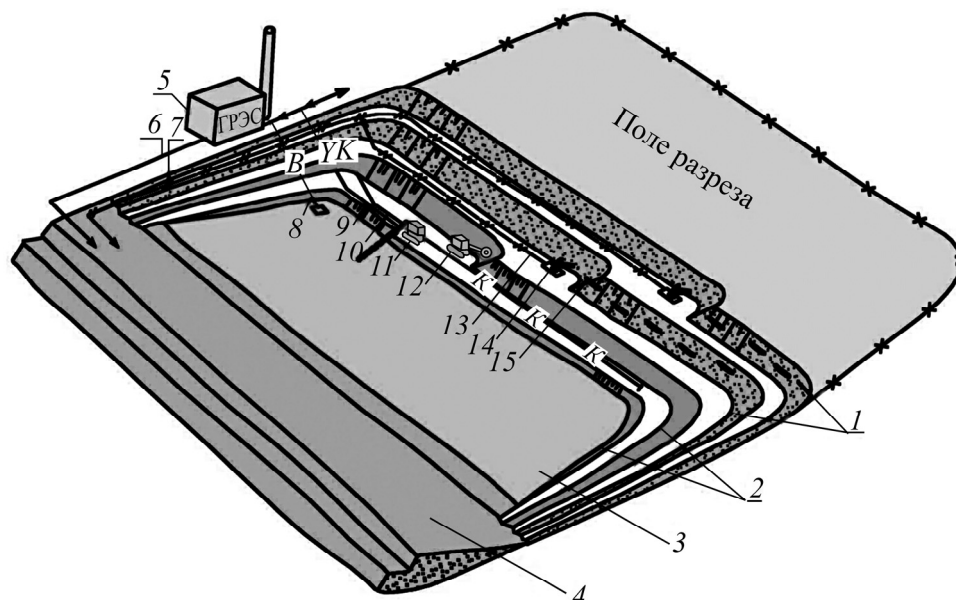


Рис. 1. Принципиальная схема технологии разработки Урюпского месторождения: 1, 2 — вскрышные и добычные уступы; 3 — технологический водоем; 4 — гидроотвал вскрышных пород; 5 — ГРЭС; 6 — золошлакопровод; 7 — магистральный пульпопровод; 8 — водовод; 9 — углепровод; 10 — ленточный конвейер; 11 — цепной экскаватор; 12 — роторный экскаватор; 13 — забойный пульпопровод; 14 — гидромонитор; 15 — крепкие породные включения

Исходя из характеристики вскрышных пород, представленных преимущественно слабоцементированными разностями с крепкими породными включениями (таблица), а также повышенной обводненности Урюпского месторождения, отработка вскрышной толщи предусматривается гидромеханизированным способом с использованием в качестве выемочного оборудования гидромониторно-землесосных комплексов. Эффективность его применения установлена по результатам сравнения трех наиболее технологичных в способов выемки вскрышных пород с помощью: механических лопат, роторных экскаваторов и гидромонитор-

но-землесосных комплексов [7], а также подтверждается многолетней практикой эксплуатации гидромониторно-землесосных комплексов на разрезах Кузбасса по породам с аналогичными прочностными характеристиками [8]. Применение способа обеспечит: селективную выемку вскрышных пород с размещением основного объема в гидроотвале, крепких сидеритовых включений — во временном отвале (для последующего использования в промышленном производстве); использование гидроресурсного потенциала месторождения в технологическом цикле добычи угля.

Как известно, основные природные факторы, влияющие на водопритоки в систему горных выработок разреза, связаны с географо-климатическими условиями и геологическим строением месторождения, характером и особенностями залегания горных пород, типом гидрогеологической структуры, гидродинамическим режимом на границах водоносных комплексов и взаимосвязью между водоносными горизонтами. Помимо этого, на величину водопритоков в выработки существенное влияние оказывает система и интенсивность отработки месторождения, наличие поверхностных водотоков вблизи месторождений, которые могут оказаться источниками повышенной обводненности. С учетом того, что Урюпское месторождение располагается в пойме одноименной реки с высокой водностью, этот фактор определяет степень его обводненности. Поверхностный сток является значительной частью общего водопритока в открытые горные выработки. В общем случае он складывается из поверхностного стока в границах локального водосборного бассейна и суммы атмосферных осадков в жидком и твердом видах, поступающих на площадь карьерного поля. Потери воды в системе при работе на кругообороте будут складываться из потерь в забое, в разрезе, на отвале, при испарении и фильтрации в водохранилище и составят порядка 10–15 % от общего объема воды, потребляемой на нужды гидромеханизации.

Объем технологического водоема в рассматриваемой технологии будет обусловлен параметрами выработанного пространства разреза. В начальный период разработки месторождения, когда мощность угольного пласта не превышает 15–18 м, максимальная глубина водоема (у откоса нижнего добычного уступа) составит порядка 16 м, площадь зеркала водоема — 2700–2800 м², объем воды — 17–18 млн м³. При достижении мощности пласта максимального значения (70 м и более) параметры водоема стабилизируются на уровне значений: максимальная глубина 33 м (при мощности нижнего угольного уступа 35–36 м), площадь зеркала — 5100–5200 м², объем воды — до 33 млн м³. Основной расход воды из водоема будет определяться потребностями гидромеханизации в течение сезонных вскрышных работ.

Непременным условием функционирования водоема является поддержание его безопасного уровня — ниже кровли подтопленного угольного уступа, исключающего затопление добычного оборудования (роторных и цепных экскаваторов, ленточных конвейеров). В условиях разреза “Урюпский”, исходя из приемной способности водоема и возможных максимальных притоков воды, этот уровень принят на 2 м ниже верхней бровки подтопленного уступа высотой 33–35 м. На случай аварийных ситуаций (ливень, интенсивное снеготаяние и т. п.) водоем предусматривается оборудовать “плавающей” насосной станцией с производительностью, обеспечивающей сброс излишнего объема поступающей воды.

Схема водохозяйственного баланса разреза приведена на рис. 2. Анализ годового водохозяйственного баланса разреза показал, что основной объем потребления воды происходит в период сезонной гидромеханизированной отработки массивов вскрышных пород. С учетом замкнутой системы водопотребления требуемые объемы для нужд гидромеханизации в первые

20–25 лет будут обеспечиваться за счет притоков воды в разрез, в последующие годы восполнение ожидаемого дефицита может осуществляться за счет увеличенного объема забора воды из технологического водоема.



Рис. 2. Схема водохозяйственного баланса разреза Урюпский

Динамика потребления водных ресурсов водоема в течение всего периода эксплуатации разреза приведена на рис. 3.

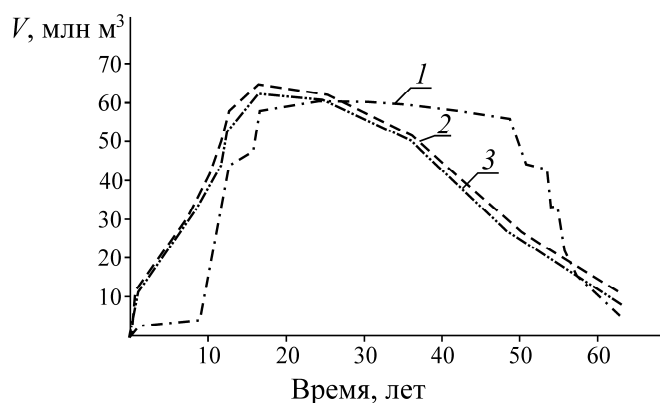


Рис. 3. Динамика потребления водных ресурсов в течение периода эксплуатации разреза: 1 — расход воды на оборотное водоснабжение; 2 — общий водоприток с учетом атмосферных осадков; 3 — водоприток за счет подземных вод

Видно, что превышение объемов потребления воды над водопритоками наблюдается в период сезона гидромеханизации вскрышных работ. Во временном разрезе с увеличением объемов гидровскрышных работ ожидается нарастание дефицита воды, который достигнет своего максимума на 45–50-е годы эксплуатации.

Исходя из технических возможностей, производственная мощность разреза “Урюпский” по углю принята 53–55 млн т/год. Общая требуемая производительность добычного оборудования составит порядка 20 тыс. м³/ч. Исследования показали, что отработка угольного пласта “Итатский” может выполняться экскавационными машинами непрерывного действия с усилием копания порядка 14 кг/см² и высотой копания до 35 м. Отработку пласта намечается проводить двумя уступами: верхнего — роторными, нижнего (подтопленного) — цепными экскаваторами. Добычное оборудование предусматривается использовать на фронте добычных работ 5,5–6,0 км, с расположением экскаваторов и ленточных на почве нижнего уступа. На добычных работах принимаются два роторных экскаватора ЭРШРД-5250 (Российского производства) по верхнему уступу и два цепных экскаватора ERs-3150 (производства Германии) по нижнему.

Высота уступов устанавливается исходя из производительности выемочного оборудования и условия согласованного подвигания фронта горных работ. Годовое подвигание фронта добычных работ по падению пласта при одновременной круглогодовой отработке двух угольных уступов составит

$$L_{\text{год}} = \frac{Q}{L_{\text{ф}} m j K_{\text{и}}},$$

где Q — мощность разреза, млн т/год; $L_{\text{ф}}$ — длина фронта работ, м; m — средняя мощность пласта, м; j — объемный вес угля, м³/т; $K_{\text{и}}$ — коэффициент извлечения.

В работе принят круглогодовой режим работы разреза по добыче угля. Определенное с использованием выражения годовое подвигание фронта добычных работ при этом режиме составит 120 м. В случае сезонной работы цепных экскаваторов по нижнему уступу добыча угля в периоды межсезонья будет проводиться в требуемом объеме роторными экскаваторами по верхнему уступу. Годовое подвигание фронта добычных работ по нижнему уступу (исходя из семимесячного сезона работы цепных экскаваторов ERs-3150) составит 70 м, роторных экскаваторов ЭРШРД-5250 — 170 м.

Применительно к условиям разреза рассмотрены три варианта порядка отработки его поля с движением фронта горных работ по падению пласта “Итатский” (рис. 4): I — по всему фронту, без деления на участки; II — двумя участками (полосами), которые вводятся поочередно; III — тремя участками, с поочередным вводом. Производительность каждого участка принята равной 27 млн т угля в год.

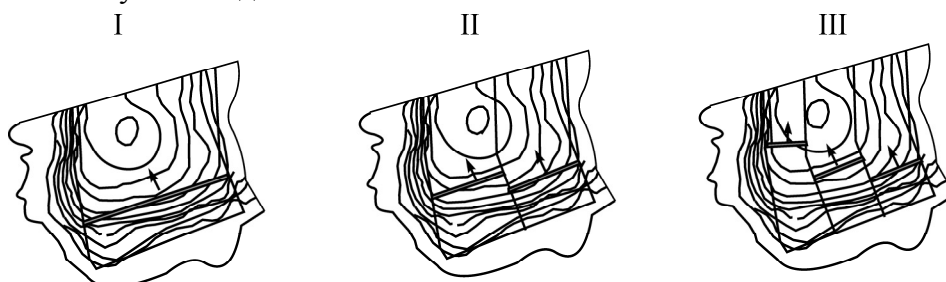


Рис. 4. Варианты порядка отработки поля разреза “Урюпский”

По результатам горно-геометрического анализа вариантов к реализации рекомендуется вариант I, как обеспечивающий добычу требуемых объемов угля при минимальных объемах вскрышных пород (рис. 5).

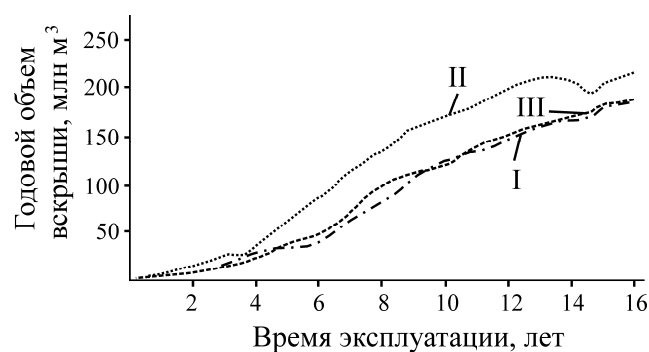


Рис. 5. Изменение объемов вскрыши по годам при различных вариантах отработки поля разреза

Как уже отмечалось, обработка массивов вскрышных пород разреза предусматривается гидромеханизированным способом. В качестве технических средств предполагается использование гидромониторно-землесосных комплексов в составе: гидромониторов типа ГД-300, землесосов (грунтовых насосов), насосных установок для подачи воды к гидромониторам, забойных и магистральных трубопроводов для подачи воды и транспортирования гидросмеси [9]. Для выполнения требуемых объемов гидровскрыши на полное развитие разреза (37 млн м^3 в течение сезона при среднем коэффициенте вскрыши $0.7 \text{ м}^3/\text{м}^3$) потребуется работа 18 гидромониторов с соответствующим количеством землесосов и трубопроводов для подачи воды к гидромониторам и перекачки гидросмеси в гидроотвал (рис. 6). При этом формирование системы гидромеханизации возможно по одному из вариантов: с прокладкой трубопроводов по одному нерабочему борту разреза (рис. 6а) или по двум бортам (рис. 6б). Выбор варианта предусматривается проводить в результате технико-экономического сравнения с учетом трудоемкости обслуживания системы.

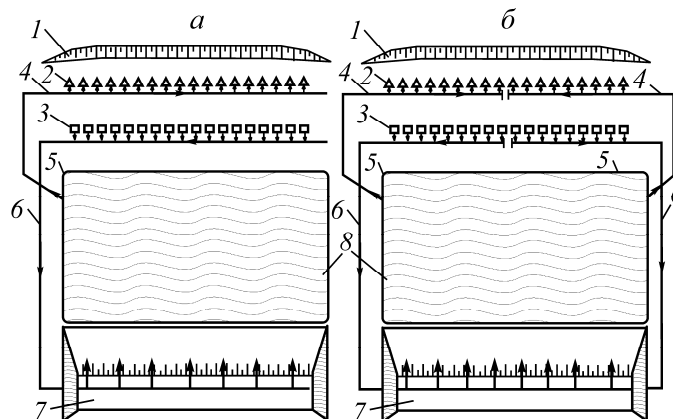


Рис. 6. Схема системы гидромеханизации вскрышных работ разреза “Урюпский”: 1 — вскрышной уступ; 2 — гидромонитор; 3 — землесос; 4 — трубопровод подачи воды; 5 — насосная станция; 6 — трубопровод для перекачки гидросмеси; 7 — гидроотвал; 8 — технологический водоем

Величина годового подвигания гидромеханизированных работ по нижнему вскрышному уступу принимается 120 м согласно расчетным значениям скорости движения добычного фронта. С учетом рекомендаций [10] для обеспечения гарантированной добычи угля во времени и в требуемом объеме в таком же размере предусматривается опережение вскрышных работ по отношению к добычным. Таким образом, общее опережение вскрышных работ составит 240 м.

Следует заметить, что гидромеханизированная разработка месторождений полезных ископаемых сопровождается отчуждением значительных земельных площадей, занимаемых намывными сооружениями. Так, в Кузбассе гидроотвалы угольных разрезов занимают свыше 3500 га, в бассейне Курской магнитной аномалии более 5000 га занято гидроотвалами и хвостохранилищами [11]. Не менее важное значение при выборе места для размещения гидроотвала имеют экологическая безопасность и минимальные затраты на складирование вскрышных пород. Этим условиям в наибольшей степени отвечает предлагаемый вариант размещения гидроотвала разреза “Урюпский” (рис. 1, 6). Размещение его в выработанном пространстве разреза обеспечивает следующие преимущества: отсутствие необходимости изъятия земельных площадей вне поля разреза для размещения вскрышных пород; сокращение расстояний транспортирования гидросмеси от забоев до гидроотвала; исключение кризисных ситуаций, связанных с возможным прорывом гидросооружений и загрязнением окружающей среды. Формирование гидроотвала возможно по двум вариантам: с сооружением оградительных дамб вдоль верхней кромки технологического водоема (рис. 7а); без сооружения дамб (рис. 7б).

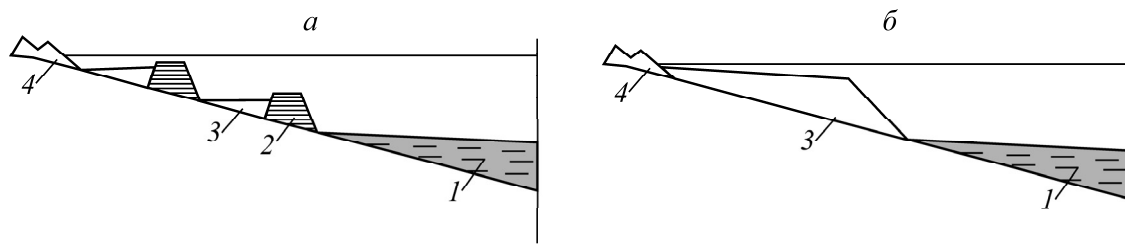


Рис. 7. Варианты формирования гидроотвала в выработанном пространстве разреза: 1 — технологический водоем; 2 — оградительная дамба; 3 — гидроотвал; 4 — отвал бестранспортный

Исходя из стоимостных показателей рассмотренных вариантов, предпочтение отдано варианту гидроотвала без сооружения оградительных дамб, как наименее затратному в строительстве и эксплуатации. Обенностью гидроотвала является его “подвижный” характер с постоянным (сезонным) наращиванием тела отвала и движением передового откоса вслед за перемещением технологического водоема. Формирование гидроотвала предусматривается от отвала бестранспортной вскрыши и предполагает размещение части вскрышных пород в пределах технологического водоема. Главное условие для его реализации, во избежание ухудшения качества угля, — недопущение попадания элементов складированной гидросмеси в зону добычных работ цепного экскаватора. Установлено, что при длине отвальной фронта 6100 м для размещения годового объема вскрышных пород необходимо иметь 120–130 м свободного основания по почве угольного пласта (ширина отвальной заходки), что соответствует годовому подвиганию добычных работ по нижнему угольному уступу. С учетом этого, а также ширины водоема (450–500 м) и вероятного расстояния проникновения наиболее мелких фракций гидросмеси условие выполнимо. При необходимости ограничения распространения последних в технологический водоем возможно применение боновых заграждений, способствующих их осаждению в верхней зоне водоема.

ВЫВОДЫ

Опыт освоения открытым способом обводненных месторождений твердых полезных ископаемых свидетельствует о том, что традиционно их разработке предшествует проведение мероприятий по осушению полей разрезов и карьеров одним из способов: подземным, скважинным, открытым водоотливом (и их комбинаций). Применение этих способов требует существенных капитальных затрат и эксплуатационных расходов и не всегда оказывается эффективным.

Особенностью рассматриваемых месторождений западной части Канско-Ачинского бурого угольного бассейна, помимо повышенной обводненности, является наличие в основной массе слабосцементированных вскрышных пород крепких породных включений, требующих селективной выемки. Это сдерживает применение на вскрышных работах высокопроизводительной техники непрерывного действия.

С учетом опыта эксплуатации действующих разрезов бассейна, а также горно-геологических и гидрогеологических условий обводненных бурогоугольных месторождений его западной части с пластами большой единичной мощности (Урюпское, Барандатское, Итатское) предлагается малоотходная и экологически сбалансированная геотехнология добычи угля с использованием гидроресурсного потенциала месторождений. В рамках технологии предусматривается: добыча угля двумя уступами по пласту “Итатский” техникой непрерывного действия — роторными экскаваторами (верхний) и цепными экскаваторами (нижний уступ); формирование в выработанном пространстве разреза технологического водоема (с подтоплением нижнего угольного уступа) для сбора подземных вод и атмосферных осадков; использование водных ресурсов водоема в замкнутом технологическом цикле добычи угля; селективная выемка вскрышных пород средствами гидромеханизации; размещение в выработанном пространстве разреза гидроотвала вскрышных пород.

Выполненные исследования свидетельствуют о том, что предлагаемая геотехнология позволит повысить эффективность разработки обводненных бурогольных месторождений за счет: сокращения инвестиционных вложений в строительство и эксплуатацию разрезов (в связи с отказом от затратных мероприятий по осушению продуктивной толщи); гидромеханизированной селективной отработки массивов вскрышных пород с крепкими породными включениями; рационального использования гидроресурсов месторождения; снижения негативного воздействия горного производства на природную среду в районе месторождения (уменьшение депрессионной воронки; использование в замкнутом водообороте практически всего объема карьерных вод).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Геотехнологии** открытой добычи минерального сырья на месторождениях со сложными горно-геологическими условиями. — Новосибирск: ГЕО, 2013. — 304 с.
2. **Буткин В. Д., Демченко И. И.** Проблемы переработки и комплексного использования канско-ачинских углей // Горн. пром-ть. — 2001. — № 1. — С. 3–8.
3. **Пересмотр** технического проекта разреза “Березовский-1” п.о. “Красноярскуголь” (I очередь строительства разреза). — Т. IIIА, кн. 2. Дренаж и водоотлив. — Сибгипрошахт, 1986.
4. **Резник А. В.** Способ гидромеханизированной выемки вскрышных пород на месторождениях Канско-Ачинского бурогольного бассейна // Сб. тр. Всерос. конф. с участием иностранных ученых “Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды”. — Новосибирск, 2012. — Т. I. — С. 96–101.
5. **Технико-экономическое обоснование** строительства разреза “Урюпский” п.о. “Красноярскуголь”. — Сибгипрошахт, 1985. — 603 с.
6. **Ческидов В. И., Норри В. К., Зайцев Г. Д., Ботвинник А. А., Бобыльский А. С., Резник А. В.** Повышение эффективности технологий открытой разработки месторождений твердых полезных ископаемых // ФТПРПИ. — 2014. — № 5. — С. 107–122.
7. **Бобыльский А. С., Резник А. В.** К вопросу открытой разработки обводненных пластовых месторождений // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. — 2014. — Т. 1. — С. 69–74.
8. **Литвин Ю. И.** Обоснование технологических параметров гидромониторно-землесосных комплексов разрезов Кузбасса при применении мощных гидромониторов: дис. ... канд. техн. наук. — Кемерово, 2014.
9. **Протасов С. И., Поклонов Д. А.** Исследование параметров гидромонитора ГД-300 для оптимизации технологических схем гидромониторно-землесосных комплексов // ГИАБ. — 2016. — № 5. — С. 115–120.
10. **Разработать** технологию применения комплексов машин непрерывного действия на разрезе “Урюпский-1”: отчет по теме 1101/040000-052. УКРНИИ-проект. — Киев, 1978.
11. **Семенова К. М.** Влияние рельефа местности и технологии намыва на эффективность гидроотвалообразования // Маркшейдер. вестн. — 2013. — № 4 (95). — С. 37–40.

Поступила в редакцию 29/I 2019

После доработки 29/I 2019

Принята к публикации 29/I 2019