

УДК 622.271.3

## ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ И ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ПОРОД, УЛОЖЕННЫХ РАНЕЕ В ГИДРООТВАЛ, РАСПОЛОЖЕННЫЙ НАД ЗАПАСАМИ УГЛЯ

Мироненко И. А., аспирант кафедры ОГР

Научный руководитель: Протасов С. И., к.т.н., профессор кафедры ОГР  
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

При отработке запасов угля действующих разрезов, где создана современная техническая база, способная обеспечить их устойчивую работу, экономически целесообразно вводить в эксплуатацию новые участки угольных месторождений при их расположении в непосредственной близости от действующего предприятия. Препятствием для реализации этого направления развития угледобычи иногда становится наличие гидроотвалов над угленасыщенной зоной [1]. В Кузбассе общая площадь гидроотвалов составляет свыше 7000 га, при этом в них уложено более 800 млн м<sup>3</sup>.

Породы, которые уложены в гидроотвал, меняют свои свойства в процессе намыва. Намыв пород в гидроотвал ведется, как правило, со стороны дамбы обвалования, при этом в процессе намыва происходит разделение гидросмеси пород по фракционному составу. В 1-ую очередь около дамбы выпадают песчано-гравийные и песчаные фракции, во 2-ой зоне гидроотвала суглинистые породы, а в 3-ей зоне глинистые фракции с достаточно сильным обводнением, в результате на площади гидроотвала формируются 3 зоны намыва пород (рис.1).

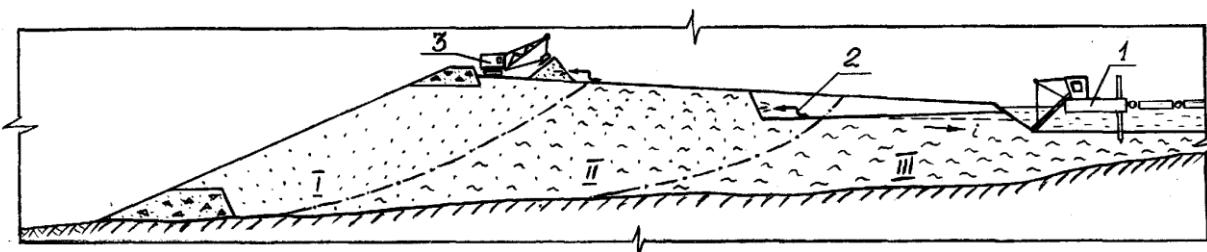


Рис. 1. Схема формирования гидроотвала и отработки пород: I; II; III – зоны намыва соответственно песчано-супесчаных, суглинистых и глинистых четвертичных вскрышных горных пород. 1 – разработка обводненных неконсолидированных глинистых пород землесосным снарядом; 2 – гидромониторный размыв суглинистых пород; 3 – гидромеханизированная разработка песчано-супесчаных пород (включая породы пионерной насыпи и последующих дамб обвалования) с предварительным экскаваторным рыхлением в навал, который разрабатывается высоконапорной струей гидромониторов

При этом профессором Кутеповым Ю.И. [2] установлена эмпирическая зависимость для расчета величины этих зон, которые показывают, что в зависимости от протяженность или длины гидроотвала зона песчано-супесчаных составляет 0,1L, суглинистых – 0,4L и глинистых пород – 0,5L,

где  $L$  длина гидроотвала.

Свойства пород в этих зонах значительно отличаются друг от друга. При проведении исследований пород гидроотвалов Кузбасса установлено, что в песчано-супесчаная зоне породы имеют угол внутреннего трения от 25 до 32 градусов, в суглинистой зоне этот угол изменяется от 14 до 23 градусов, в 3-ей зоне угол составляет от 0 до 16 градусов. Величина сцепления также значительно отличается, как вы можете видеть в песчано-супесчаной зоне сцепление составляет до 0,055 МПа, в суглинистой зоне 0,026 МПа, в глинистой зоне 0,015МПа.

К настоящему времени имеется определенный опыт переукладки пород намытых в гидроотвал. Впервые с этой проблемой столкнулся разрез «Кедровский» [3, 4], который для того чтобы отработать угольные пласты, которые находятся под гидроотвалом, применил гидромониторно-землесосные комплексы. Процесс разработки гидроотвала №3 начали со стороны 1 зоны песчано-супесчаных четвертичных вскрышных горных пород, при этом обводненные неконсолидированные глинистые горные породы, которые расположены в верховьях гидроотвала фактически «нависали» по тальвегу долины над зонами песчано-супесчаных и суглинистых пород. При гидромониторной разработке ядерной неконсолидированной зоны гидроотвала, неоднократно происходили выпоры и оползневые явления, которые приводили к остановке горных работ, авариям и повреждению оборудования. Дополнительные усложнения были связаны также с тем, что с момента консервации гидроотвала до начала ведения гидромеханизированных работ по его разработке на поверхности гидроотвала выросли деревья, которые не представлялось возможным убрать, это приводило к тому что в зумпфе землесосов скапливалось очень много древесного мусора, который затруднял работу, рабочим приходилось вручную устранять данные засоры.

Попутно следует обратить внимание на успешное применение при отработке гидроотвала на разрезе Кедровский нового высокопроизводительного гидромонитора ГД-300, промышленные испытания которого провели сотрудники кафедры открытых горных работ КузГТУ и Новационной фирмы «КУЗБАСС-НИИОГР» [6]. В нашей работе также предусматривается его применение при разработке пород II и I зон.

Следующим разрезом, где потребовалась переукладка пород объемом около 30 млн  $m^3$  из гидроотвала №2 для добычи угля, расположенного под ним, является разрез «Черниговец». Нами были рассмотрены места размещения породы из гидроотвала №2 в гидроотвал №1 и две ближайшие горные выработки [5]. При этом на основании сопоставления расстояние транспортирования и геодезического подъёма гидросмеси выбран наиболее приемлемый вариант расположения гидроотвала в горной выработке в районе склада взрывчатых материалов.

В нашей работе проанализированы факторы, которые влияют на безопасность и эффективность работы по разработке и перемещению пород

из гидроотвала №2, и был предложен методологический подход к выбору вариантов технических решений при разработке и перемещению пород гидроотвала на новое место. Для выбора технологии переукладки пород были использованы 2 основных принципа выбора оборудования и технологии - безопасность и эффективность. Для этого учитывались такие критерии как физико-механические свойства пород, несущая способность разрабатываемых пород, зоны гидроотвала, порядок отработки. Для критерия эффективности учитывались факторы объём и категория пород, удельный расход воды, возможность частичного или не полного удаления пород. В ходе поиска альтернативных решений нами предложена гидромеханизированная технология, которая предлагает разработку пород в разных зонах гидроотвала различными техническими средствами гидромеханизации. Так 3 зону пород, которая состоит из обводненных и глинистых пород лучше разрабатывать землесосным снарядом, а для 2 зоны, где породы более консолидированные и требуется более высокий напорный размыв лучше разрабатывать гидромонитором с подачей гидросмеси на землесосные станции. Что касается зоны 1, сложенной из песчано-супесчаных пород и включающей в себя материалы дамб обвалования, то их целесообразно отрабатывать с применением экскаваторного рыхления перед гидромониторным размывом.

Нами предложена новая технологическая схема разработки намытого ранее гидроотвала, которая включает в себя комбинированную разработку пород гидромониторным комплексом [8]. На первом этапе предлагается применять землесосные снаряды, которыми нужно удалить максимум воды и самые слабые обводненные глинистые породы, причем разработка происходит при расположении земснаряда на поверхности воды, за счет этого не страшны выпоры, оползни. Разработка земснарядом ведется до тех пор пока не сформируется достаточных размеров площадка с которой будет осуществляться самотек гидросмеси в забой земснаряда, в этом случае подключается гидромониторный размыв пород. Гидромонитор осуществляет размыв 2 зоны суглинистых пород гидроотвала, при этом гидросмесь по пульповодной канаве попадает в забой земснаряда, который одновременно разрабатывает неконсолидированные глинистые породы и забирает поступившую гидросмесь от гидромонитора и по трубопроводу транспортирует гидросмесь на новое место укладки. Эта технология позволяет исключить систему возврата осветленной воды в забой земснаряда, исключает систему гидротранспорта от гидромонитора, при этом существенно повышается концентрация твердого в гидросмеси от земснаряда и снижается непроизводительный и затратный кругооборот воды.

Для обеспечения безопасности работы гидрокомплекса целесообразно соблюсти определенное условие, которое обеспечивает устойчивую работу гидрокомплекса при реализации этой технологии. Баланс параметров работы оборудования достигается в том случае, когда гидросмесь поступающая от гидромонитора и разработанная земснарядом порода в виде гидросмеси транспортируется грунтовым насосом, который установлен на земснаряде в

новый гидроотвал. Математически это условие может быть записано в виде системы уравнений:

$$\begin{cases} Q_{\text{пп}} \times (1 - m + q_{\Gamma}) + Q_{\text{тз}} \times (1 - m + q_3) = Q_{\Gamma\Sigma} \\ Q_{\text{тз}} \times q_3 = Q_{\text{пп}} \times (1 - m + q_{\Gamma}) \end{cases} \quad (1)$$

где  $Q_{\text{пп}}$  – производительность гидромонитора по породе,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $Q_{\text{тз}}$  – производительность земснаряда по породе,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $Q_{\Gamma\Sigma}$  – производительность грунтового насоса земснаряда по гидросмеси,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $q_3$  – удельный расход воды при разработке пород земснарядом,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ;  $q_{\Gamma}$  – удельный расход воды при гидромониторном размыве,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ;  $m$  – пористость породы, в долях единицы.

Система уравнений позволяет получить заявленный результат в двух возможных случаях формирования комплекса. Первый, когда известна производительность грунтового насоса земснаряда по гидросмеси  $Q_{\Gamma\Sigma}$ , то для него выбирают производительность гидромонитора по породе  $Q_{\text{пп}}$ , их тип и количество. Второй случай, если требуется обеспечить определенный годовой объем разрабатываемых пород гидроотвала (срок его переукладки), что определяет необходимость эксплуатации нескольких гидромониторов, то становится известна величина их суммарной производительности по породе  $Q_{\text{пп}}$ , а из системы уравнений определяют необходимую производительность земснаряда по гидросмеси  $Q_{\Gamma\Sigma}$ , т.е. выбирают их тип и количество.

Такое сочетание параметров работы оборудования по новой, рекомендуемой нами гидромеханизированной технологии [8] позволяет исключить необходимость прокладки трубопроводов подачи воды в забой земснаряда, исключает необходимость создания гидротранспорта пульпы от гидромонитора в отличие от гидромониторно-землесосного комплекса. Таким образом новая технология исключает на этом этапе дополнительное оборудование в виде землесосов и пульповодов от гидромониторов. Предварительные расчеты показали, что при применении этой технологии происходит синергетический эффект путем резкого повышения производительности и снижения удельных затрат на разработку пород.

На следующем этапе исследований предусматривается оценка изменения параметров гидромеханизированной технологии в зависимости от давления воды на насадке гидромонитора, выходом которой будет методика расчета параметров технологии и разработка рекомендаций по применению предложенной технологии в условиях разреза «Черниговец».

#### Список литературы

1. Мироненко, И. А. Проблемы переукладки гидроотвалов четвертичных вскрышных пород / И. А. Мироненко, С. И. Протасов // Инновационные геотехнологии при разработке рудных и

нерудных месторождений. Сб. докладов VII Междунар. научно-практ. конф. – Екатеринбург, 2018. – С. 22-25.

2. Кутепов, Ю. И. Изучение инженерно-геологических условий гидроотвалов Кузбасса на различных этапах существования / Ю. И. Кутепов, Н. А. Кутепова, А. Х. Саркисян // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М. : МГТУ. – 2004. – №5. – С. 145-149.

3. Федосеев, А. И. Опыт отработки намывных четвертичных пород с площади бывшего гидроотвала №3 ОАО «Разрез Кедровский» / А. И. Федосеев, В. Р. Вегнер, С. И. Протасов, С.П. Бахаева // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М. : МГТУ. – 2004. – №3. – С. 268-273.

4. Бахаева, С. П. Исследование геомеханических процессов техногенных массивов / С. П. Бахаева, С. И. Протасов, Е. В. Костюков, А. И. Федосеев, С. В. Практика // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2005. – №3. – С.41-43.

5. Мироненко, И. А. Обоснование места складирования пород при переукладке из гидроотвала №2 разреза «Черниговец» (доклад) / И. А. Мироненко, А. В. Донич // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2018. Материалы XVII Междунар. научно-практ. конф., 22-23 ноября 2018 г. Кемерово [Электронный ресурс] / ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. ун-т им. Т.Ф. Горбачева». – Кемерово, 2018. – С. 113.1-113.9.

6. Протасов, С. И. Повышение эффективности работы гидромониторно-землесосного комплекса разреза путем согласования режимов работы его основных систем: учеб. пособие / С.И. Протасов, Е. А. Кононенко, П. А. Самусев, Ю. И. Литвин. – Кемерово : КузГТУ. – 2015. – 155 с.

7. Деревяшкин, И.В. Земснаряды на карьерах, их возможности и перспективы / И. В. Деревяшкин, В. В. Чаплыгин, О. Н. Исаев // Маркшейдерия и недропользование. – Москва, 2016. – №4 (84). – С. 39-43.

8. Патент РФ на изобретение №2661950. МПК<sup>6</sup> E21C 41/26. Способ переукладки гидроотвала / В. С. Федотенко, С. И. Протасов, И. А. Мироненко, А. Е. Кононенко. – 2017111157; Заявлено 03.04.17; Опубл. 23.07.18; БИ № 21. – 2 с.