

УДК 622.271.3

Мироненко Илья Александрович, аспирант (КузГТУ, г. Кемерово)
Mironenko Ilya Aleksandrovich (Kuzbass State Technical University)

Донич Антон Викторович, главный инженер проектов
(ООО «СИГД», г. Кемерово)

Donich Anton Viktorovich (Mining Engineering Institute of Siberia)

**ОБОСНОВАНИЕ МЕСТА СКЛАДИРОВАНИЯ ПОРОД
ПРИ ИХ ПЕРЕУКЛАДКЕ ИЗ ГИДРООТВАЛА № 2
РАЗРЕЗА «ЧЕРНИГОВЕЦ»**

**JUSTIFICATION OF THE PLACE OF STORAGE OF OVERBURDEN
AT THEIR RE-LAYING OF THE HYDRAULIC DUMP NUMBER 2
OF THE «CHERNIGOVETS» OPENCAST MINE**

Аннотация. При расширении границ на некоторых угольных карьерах Кузбасса возникают трудности отработки запасов угля под ранее сформированными гидроотвалами, в которых находятся породы четвертичных отложений, размытых средствами гидромеханизации и уложенных в виде пульпы в гидроотвал. Их отработка возможна также средствами гидромеханизации, необходимо только найти емкость для размещения гидросмеси. В работе анализируются 3 возможных варианта размещения пород из гидроотвала №2 - в гидроотвал №1, а также в остаточные карьерные выемки разреза «Черниговец». При обосновании вариантов учитываются: приемная способность гидроотвала, расстояние от места проведения горных работ, геодезическая высота подъема гидросмеси и возможность осветления гидросмеси при её намыве в гидроотвал.

Ключевые слова. Гидроотвал, переукладка пород, емкость для размещения гидроотвала.

Abstract. When expanding the boundaries in some coal opencast mines of Kuzbass, difficulties arise in mining reserves under previously formed hydraulic dumps that contain solid quaternary deposits washed away with hydromechanization methods and fed as a pulp to a hydraulic mine dump. Their exploit is also possible by means of hydromechanization, it is only necessary to find the containers for their re-laying. The report contains analyzes of 3 possible options for overburden re-laying from hydraulic mine dump No. 2 into the hydraulic mine dump No. 1 as well as into the worked-out space of the «Chernigovets» opencast mine. Calculations and justification were carried out with checking the possibility of clarifying the slurry when it was washed into a new hydraulic dump.

Key words. Hydraulic dump, overburden re-laying, containers for overburden re-laying.

Ввод в эксплуатацию новых участков угольных месторождений экономически целесообразно осуществлять при расположении их в непосредственной близости от действующих разрезов, где отработка запасов угля завершается, но создана современная техническая база, способная обеспечить устойчивую работу предприятия [1].

Препятствием для реализации этого направления развития угледобычи для разреза "Черниговец" стало наличие гидроотвала №2 над угленасыщенной зоной, следовательно, породы, которые там намыты, требуется переуложить в другое место.

В результате горно-геометрического анализа распределения объемов, уложенных ранее в переукладываемой части гидроотвала №2 разреза «Черниговец», было установлено их общее количество – 29900 тыс. м³.

Анализ имеющейся информация о состоянии гидротехнических сооружений гидроотвалов №1, №2 и пород в них позволяет считать возможным применение гидромеханизированной технологии разработки пород, намывтых ранее в гидроотвал №2 с укладкой гидросмеси в гидроотвал №1 (рис. 1).

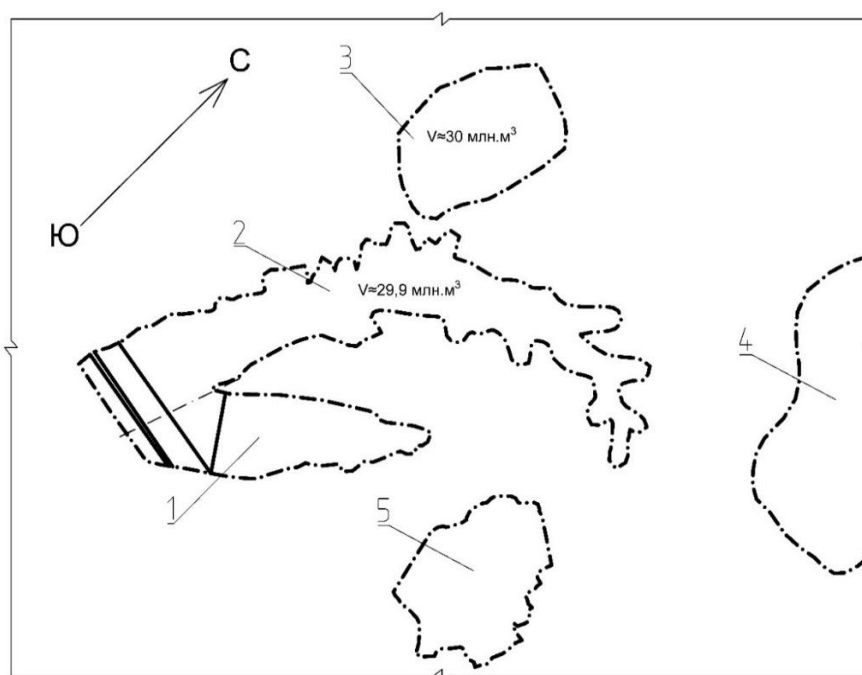


Рис. 1. Положение объектов горных работ разреза «Черниговец»:
— · — границы гидроотвалов и карьерных выработок; 1 – оставшаяся часть гидроотвала №2; 2 – переукладываемая часть гидроотвала №2;
3 – выработанное пространство участка ОГР шахты «Южная»;
4 – гидроотвал №1; 5 – остаточная карьерная выемка в районе склада ВМ

Приемная способность гидроотвала №1 составляет 2-3 млн м³ (без наработки дамб), при этом имеется возможность разместить в нем весь объем переукладываемых пород. Негативным фактором, который объективно ограничивает целесообразность этого варианта размещения переукладыва-

емых пород, является значительное расстояние транспортирования гидросмеси – от 8600 м в первоначальный период работы до 10800 м на завершающей стадии. При этом геодезическая высота подъема пульпы до выпуска гидросмеси на дамбе с отметкой 267,5 м первоначально будет 72 м и к завершающему этапу работ достигнет величины 97 м. В таких горнотехнических условиях безусловно потребуются введение перекачивающих землесосных станций, что приведет к значительному увеличению затрат на переукладку пород из гидроотвала №2.

При рассмотрении второго варианта размещения пород в остаточной карьерной выемке участка ОГР «ш. Южная» (см. рис.1) можно отметить, что она расположена значительно ближе (по сравнению с гидроотвалом №1) от места расположения основного оборудования гидрокомплекса по переукладке пород, уложенных в гидроотвал №2. При этом для перемещения гидросмеси по трубопроводу нет необходимости, как это было в предыдущем варианте, преодолевать при гидротранспортировании отметки выше +240 м, что исключает необходимость применения перекачивающих землесосных станций. Однако емкость этой выработки (≈ 30 млн м^3) с учетом объема поровой и оборотной воды, позволяет уложить в ней не более 24 млн м^3 переукладываемых пород из гидроотвала №2 (коэффициент заполнения $K_v = 0,8$).

Придерживаясь принципа сокращения расстояния перемещения гидросмеси переукладываемых пород из гидроотвала №2, который обеспечивает минимум издержек, авторами предлагается реализовать предложенный ранее способ намыва части гидросмеси в гидроотвал «Восточный», который формируется на территории оставляемой части гидроотвала №2. В этом случае порядка 10 млн м^3 породы перемещаются по короткому пути. Для обеспечения большей устойчивости намываемого массива предложен специальный способ намыва гидросмеси, который обеспечивает удаление глинистых и илистых частиц с оборотной водой, а недостаточно осветленную технологическую воду вместе с мелкодисперсными частицами в объеме 2-3 млн м^3 надо перемещать в гидроотвал №1. Можно сохранить эту схему, но, учитывая достаточную приемную способность остаточной карьерной выемки, следует перенаправить в неё гидросмесь с мелкодисперсными частицами. В этом случае сокращаются издержки гидрокомплекса.

В том случае, когда часть переукладываемых пород будет размещена в гидроотвале «Восточный», на оставляемой части гидроотвала №2, в карьерной выемке участка ОГР «ш. Южная» (в соответствии с проведенными расчетами) потребуется уложить 19,7 млн м^3 , что дает возможность иметь определенный запас её емкости либо для сокращения объема гидроотвала «Восточный» и уменьшения нагрузки на дамбу, разделяющую переукладываемую и оставляемую части гидроотвала №2, либо для накопления оборотной воды.

Учитывая возможную перспективу использования площади гидроотвала «Восточный» на территории оставляемой части гидроотвала №2 (для укладки полускальных вскрышных пород при автомобильной доставке), рассмотрен еще один вариант размещения пород гидроотвала №2 в остаточной карьерной выработке (рис.2) в районе склада взрывчатых материалов (гидроотвал «Внутренний №3»).

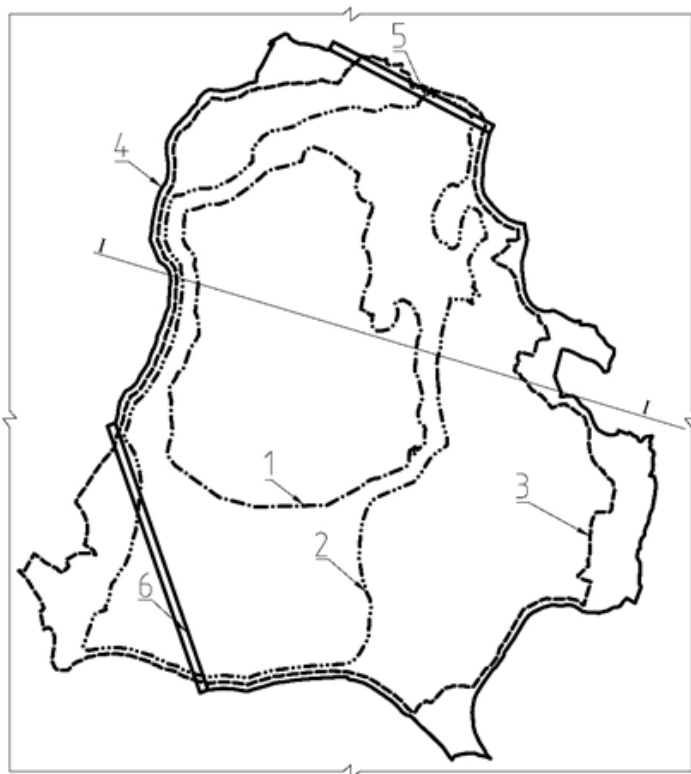


Рис. 2. Остаточная карьерная выработка в районе склада взрывчатых материалов: 1, 2, 3 и 4 - контуры гидроотвала «Внутренний №3» при намыве гидросмеси до отметки, соответственно, 215, 240, 250 и 260 м; 5 и 6 - дамбы обвалования

В результате расчета вместимости остаточной карьерной выработки в районе склада взрывчатых материалов (гидроотвал «Внутренний №3»), сечение которой показано на (рис. 3), при различных уровнях ее заполнения установлены: её геометрический объем; вместимость при $K_v = 0,8$; длина (Д) и ширина (Ш); площадь поверхности; протяженность (длина) дамб обвалования, необходимых для создания замкнутого контура. Результаты расчетов представлены в табл. 1.

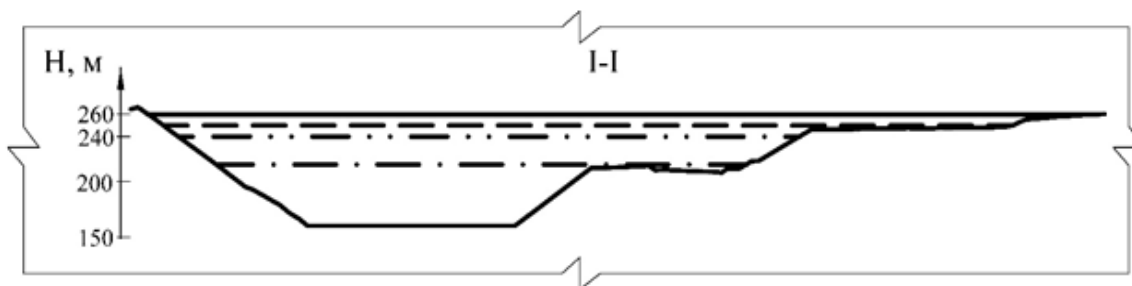


Рис. 3. Сечение по остаточной карьерной выработке для гидроотвала «Внутренний №3»

Таблица 1. Основные параметры остаточной карьерной выработке в районе склада взрывчатых материалов при её использовании в качестве гидроотвала «Внутренний №3» для переукладки пород из гидроотвала №2

Горизонт, отметка, м	Геометрический объем V нарастающим итогом ($K_B = 1,0$), тыс. м ³	Вместимость V_B нарастающим итогом (при $K_B = 0,8$), тыс. м ³	Длина и ширина, Д x Ш, м	Площадь, тыс. м ²	Длина дамб обвалования, м
160-215	7830,6	6264,5	770,0x470,0	302,0	425
215-240	21142,8	16914,2	1270,0x580,0	668,9	150
240-250	30919,6	24735,7	1360,0x820,0	1100,5	180
250-260	40361,0	32288,8	1390,0x890,0	1122,0	880

Полученные данные позволяют построить графическую характеристику гидроотвала «Внутренний №3» (рис. 4), которая позволит определять отметку выпуска гидросмеси в различные периоды его эксплуатации.

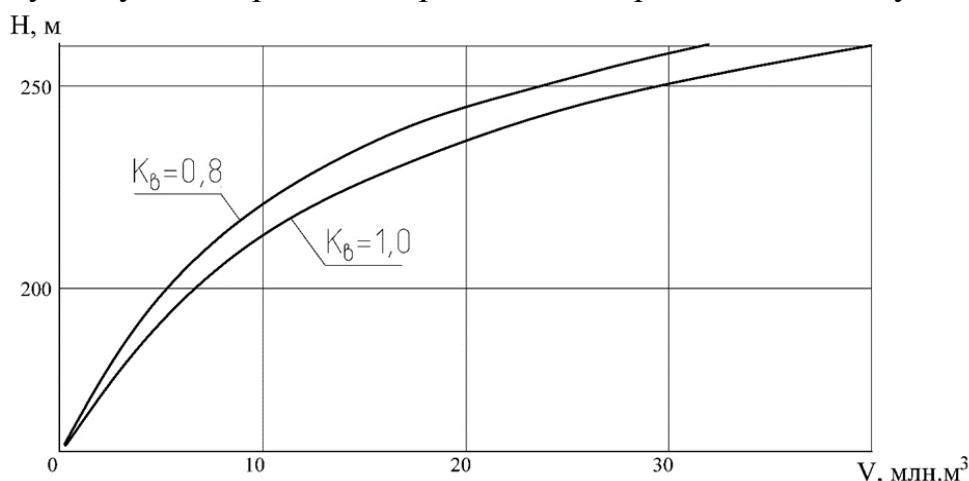


Рис.4. Характеристика гидроотвала «Внутренний №3» в остаточной карьерной выработке в районе склада взрывчатых материалов

Параметры длина и ширина необходимы для проверки возможности осветления гидросмеси при её намыве в гидроотвал. Авторами произведен расчет её величины для условий разреза «Черниговец».

Расчет основан на условии, что частица гидросмеси, двигаясь в потоке, одновременно перемещается по направлению к месту водозабора, а под действием сил гравитации оседает на дно. Скорость оседания определяется величиной гидравлической крупности («гидравлическая крупность» — скорость свободного падения частиц твердого материала в спокойной воде). Гидравлическая крупность частиц представлена в табл. 2 [2, 3].

Таблица 2. Значения гидравлической крупности частиц [3]

Диаметр частиц, мм		Средняя скорость оседания частиц W , мм/с
максимальный	минимальный	
2	1	166
1	0,5	94
0,5	0,25	42
0,25	0,1	10
0,1	0,05	1,2
0,05	0,005	0,19
0,005	0	0,009

Максимальная и минимальная длина пути осаждения частиц рассчитываются по формулам [4].

Максимальная длина осаждения частиц

$$L_{\max} = 1,8 \times \left(\frac{V_o}{W} \right) \times H, \text{ м} \quad (1)$$

Минимальная длина пути осаждения

$$L_{\min} = 0,82 \times \left(\frac{V_o}{W} \right) \times H, \text{ м} \quad (2)$$

где H – глубина осаждения частиц, м; W – гидравлическая крупность осаждающихся частиц (зависит от диаметра частиц породы и принимается по табл. 1), м/с; V_o – скорость потока в пруде-отстойнике, м/с.

$$V_o = \frac{Q_B}{B \times H_o}, \text{ м/с} \quad (3)$$

где Q_B – расход воды; ($[Q_B] = \text{м}^3/\text{с}$, обычно принимается значение, соответствующее величине суммарной потребности в осветленной воде); B – активная ширина прудка-отстойника, участвующая в осветлении гидро-смеси; H_o – полная глубина отстойника, м.

Обычно стремятся исключить попадание в водяной насос песчаных частиц, вызывающих абразивный износ насадок гидромонитора и рабочего колеса насоса. Например, в технической характеристике водяного насоса Д4000-95 определены требования к содержанию твердых частиц, которые могут находиться в перекачиваемой воде: «... Если вязкость жидкости равна 36 сСт, а абразивных частиц в общей массе не более 0,05 %, то насос сможет осуществить перекачку любой другой субстанции. Также важным параметром является температура, которая не должна превышать 85 °С. Размер твёрдых частиц в потоке не более 0,2 мм».

Произведен расчет расхода воды, который будет соответствовать максимальной производительности гидрокомплекса – 4370 тыс. м³ (3-й год работы).

$$Q_B = Q_{T_{3/c1}} \times q_1 + Q_{T_{3/c2}} \times q_2 + Q_{T_{ГМ}} \times q_3 = 571,43 \times 6,5 + 285,72 \times 6,5 + \\ + 588,24 \times 6,3 = 3714,29 + 1857,14 + 3705,24 = 9277,30 \text{ м}^3/\text{ч} = 2,58 \text{ м}^3/\text{с}$$

где $Q_{T_{3/c1}}$, $Q_{T_{3/c2}}$, $Q_{T_{ГМ}}$ – часовая производительность по породе соответственно земснаряда №1, земснаряда №2 и гидромониторно-землесосного комплекса, $\text{м}^3/\text{ч}$; q_1 , q_2 , q_3 – удельный расход воды соответственно для земснаряда №1, земснаряда №2 и гидромониторно-землесосного комплекса, $\text{м}^3/\text{м}^3$.

При проектировании приняты следующие положения [5, 6]:

- оборудование практически не изнашивается при содержании в воде частиц размером менее 0,05 мм с концентрацией до 1500 мг/л;
- загрязненность оборотной воды зависит от площади, конфигурации и глубины прудка-отстойника, длины пути осветления, расхода воды, гранулометрического состава и плотности грунтовых фракций, осаждающихся в прудке, а также от направления и силы ветра;
- при расчете размеров и емкости прудка должны быть обеспечены заданные нормы водоосветления;
- для создания условий осаждения частиц в прудке-отстойнике скорость потока пульпы необходимо задавать в соответствии с их средней крупностью (табл. 3).

Таблица 3. Скорость потока пульпы в соответствующая средней крупности перемещаемых пород

Крупность частиц, мм	Скорость потока пульпы, м/с	Крупность частиц, мм	Скорость потока пульпы, м/с
0,1	0,095	0,04	0,025
0,08	0,071	0,02	0,0062
0,06	0,045	0,001	0,0018

Произведен расчет максимальной длины пути осаждения для твердых частиц в потоке размером 0–0,005 мм (с запасом, т.к. в технической характеристике говорится об исключении фракции до 0,2 мм). Для этого по табл. 1 найдены значения величины гидравлическая крупность частиц, которое составляет для которых $W = 0,009 \text{ см/с} = 0,000009 \text{ м/с}$.

Подставив в выражение (3) $Q_B = 9277,30 \text{ м}^3/\text{ч} = 2,58 \text{ м}^3/\text{с}$ и соответствующие условиям разреза «Черниговец»: $B = 300 \text{ м}$ – активная ширина пруда-отстойника, участвующая в осветлении гидросмеси, а также $H_0 = 5 \text{ м}$ – полная глубина отстойника, получим:

$$V_o = \frac{Q_B}{B \times H_0} = \frac{2,58}{300 \times 5} = 0,00172 \text{ м/с}.$$

Тогда, максимальная длина осаждения этих частиц составит:

$$L_{\max} = 1,8 \times \left(\frac{V_o}{W} \right) \times H = 1,8 \frac{0,00172}{0,000009} \times 2 = 688 \text{ м.}$$

Протяженность пути осветления гидросмеси в остаточной горной выработке, куда намывается гидросмесь пород из гидроотвала №2, должна составлять не менее 700 м, при этом, твёрдые частицы размером 0-0,005 мм полностью будут оседать на дно в потоке гидросмеси до места забора осветленной оборотной воды. Параметры гидроотвала «Внутренний №3» (см. табл. 1) определяют необходимость организации намыва гидросмеси на начальном этапе заполнения таким образом, чтобы место выпуска пульпы и место расположения насосной станции располагались на требуемом расстоянии – 700 м. На всех других этапах заполнения гидроотвала «Внутренний №3» проблем с осветлением воды не будет.

В процессе намыва пород в гидроотвал «Внутренний №3» следует учитывать возможность проведения рекультивации бульдозерного отвала коренных пород, расположенного вокруг гидроотвала «Внутренний №3», путем намыва на их поверхность гидросмеси потенциально плодородных четвертичных пород из гидроотвала №2.

Таким образом, выполненные расчеты показали, что приемная способность гидроотвала «Внутренний №3» (см. табл. 1) позволит полностью разместить весь объем переукладываемых пород из гидроотвала №2, а его расположение дает основание принять этот вариант в качестве основного при технико-экономическом сопоставлении с предыдущими вариантами.

Литература

1. Мироненко И. А. Проблемы переукладки гидроотвалов четвертичных вскрышных пород / И. А. Мироненко, С. И. Протасов // Проблемы переукладки гидроотвалов четвертичных вскрышных пород. – Екатеринбург, 2018 – 4 с.
2. Деревяшкин И. В. Гидромеханизация открытых горных работ. Гидромониторно-землесосные комплексы, учебное пособие / И. В. Деревяшкин, Е. А. Кононенко, А. В. Демченко. – М.: ИНФРА, 2016. - 149 с.
3. Студёнов И. И., Шилова Н. А. Расчет гидравлической крупности взвеси при моделировании динамики концентрации взвешенных веществ в приустьевых районах арктических морей на примере Белого моря // Арктика: экология и экономика. – 2015. – №3 (19). – С. 40-47.
4. Нурок Г. А. Процессы и технология гидромеханизации открытых горных работ. – М.: Недра, 1979. – 549 с.
5. Инструкция по проектированию гидроотвалов из глинистых грунтов и прогнозированию их состояния. Министерство монтажных и специальных работ СССР. – Москва, 1977.
6. Обеспечение охраны водной среды при производстве работ гидромеханизированным способом. Министерство монтажных и специальных работ СССР. – Москва, 1987.

Сведения об авторах:

Мироненко Илья Александрович – горный инженер, аспирант кафедры ОГР КузГТУ, 8-923-506-55-35; e-mail: ilya.mironenko.86@bk.ru

Донич Антон Викторович – главный инженер проектов ООО «СИГД», 8-909-516-75-51; e-mail: a/donich@sigd42.ru