

УДК 624.131.1

**И.В. Кузнецова**

**ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ  
СВОЙСТВ НАМЫВНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД  
В ОСНОВАНИИ ОТВАЛЬНЫХ НАСЫПЕЙ  
ПРИ РАЗВИТИИ ОПОЛЗНЕВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ  
ПОДПОДОШВЕННОГО ТИПА**

*Рассмотрены инженерно-геологические условия отсыпки разделительной насыпи на гидроотвале № 3 в Кузбассе, установлены величины избыточного порового давления в намывном массиве, предшествующие образованию подпошвенного оползня, приведены результаты изучения прочности намывных пород в лаборатории.*

*Ключевые слова: инженерно-геологические условия, намывные отложения, показатели прочности, поровое давление, оползни.*

---

**Н**а Кедровском угольном разрезе в Кузбассе доразведкой под гидроотвалом № 3 установлены запасы угля в объеме около 70 млн м<sup>3</sup>, пригодные для отработки открытым способом. Их извлечение из недр потребует частичной ликвидации намывного массива, что, в свою очередь, предопределяет необходимость создания новой устойчивой конструкции откоса остающейся части гидроотвала № 3. Решение данной инженерно-технической задачи предложено осуществить отсыпкой на поверхность намывного массива в районе существующей перемычки системы из двух разделительных насыпей в режимах обеспечения устойчивости трехъярусного откоса, обращенного в сторону обрабатываемого участка гидроотвала, и постоянного деформирования насыпи при ее формировании одним ярусом отсыпкой на намывные отложения (рис. 1). Это позволит создать новую дамбу, разделяющей гидроотвал на участки, подлежащий и неподлежащий удалению. Конструкция трехъярусной системы их

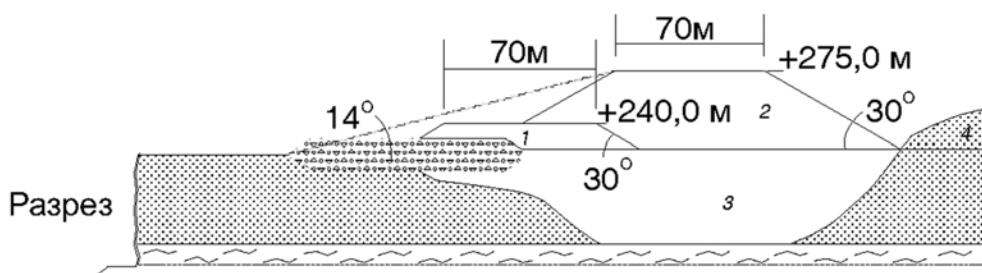
отвальных насыпей в сторону горных выработок разреза следующая: первый ярус – существующая разделительная насыпь; второй ярус – опережающая насыпь, отсыпанная по отметкам +240,0 м. частично на существующую разделительную насыпь, частично – на намывную поверхность, шириной по верху 70 м; третий ярус – основная насыпь, отсыпанная по отметкам +275,0 м частично на опережающей насыпи, частично – на намывной поверхности шириной по верху 70 м.

Расчеты устойчивости откосов предложенной конструкции осуществлялись при использовании расчетных характеристик намывных пород, полученных при предварительном их изучении (табл. 1). При этом выбраны минимальные значения угла внутреннего трения 4 град и сцепление 0,2 кгс/см<sup>2</sup>. Выполненные расчеты свидетельствуют о том, что устойчивость данной системы обеспечивается с коэффициентом запаса выше нормативного при результирующем угле наклона 14 градусов.

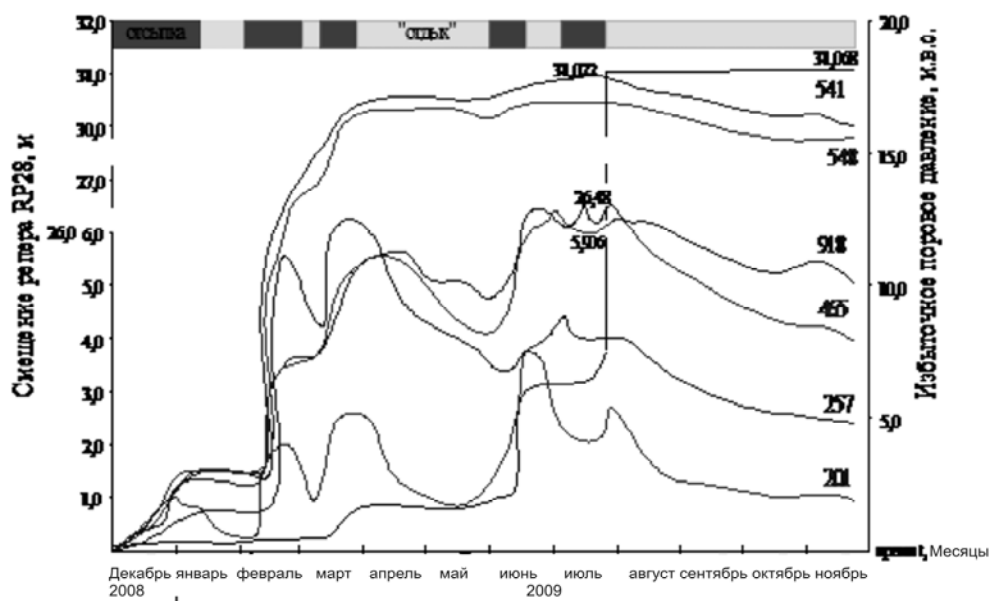
Таблица 1

**Показатели механических свойств и величины влажности намывных пород (по данным 2007 г.)**

Глубина, м	Влажность $W_{\text{ест}}$ , %	Угол внутреннего трения $\varphi$ , °	Сцепление, кгс/см <sup>2</sup>
0–28,0	18–23	7	0,23
28,0–34,0	29–30	4	0,20
34,0–50,0	24–26	5	0,51



**Рис. 1. Конструкция новой разделительной насыпи: 1 – опережающая насыпь; 2 – основная насыпь; 3 – зона замещения; 4 – валы выпирания**



**Рис. 2. Графики изменения избыточного порового давления по датчикам гидрогеомеханического мониторинга и смещений реперов на разделительной насыпи гидротвала №3**

Реализация данной схемы включает гидромеханический мониторинг - комплексные наблюдения за поровым давлением в нагружаемом намывном массиве с использованием тензометрической аппаратуры - датчиков порового давления, установленных предварительно в намывной массив, и деформациями формируемой насыпи с помощью маркшейдерских методов.

Для мониторинга изменения порового давления в теле гидроотвала были пробурены 4 скважины, в которых установили датчики порового давления. Для каждого из датчиков обоснованы критерии безопасности 1-ого и 2-ого уровня, а также критические значения порового давления, при которых коэффициент запаса равен единице, что соответствует возникновению условия предельного равновесия. Маркшейдерская станция включает в себя 2 линии реперов вдоль сформированной насыпи.

Отсыпка насыпей начала осуществляться 25 ноября 2008 года с опережающим формированием первого яруса относительно второго. Строительство первого яруса было закончено в срок до июня 2009 года, а при отсыпке второго яруса 26 июля возникла оползневая деформация на участке протяженностью 150 м, сопровождающаяся оседанием верхней площадки на 20 м, смещением перемычки и нижнего первого яруса на 31 м в сторону удаляемой части гидроотвала и образованием валов выпирания на поверхности гидроотвала. На рис. 2 приведены графики изменения порового давления в намывном массиве по датчикам (зеленым цветом указано изменение избыточного порового давления по скважине 2-02, синим цветом - по скважине 2-07, корич-

невым цветом - смещение репера RP28), из которых видно, что оно возрастает при отсыпке пород в насыпи и уменьшается в большинстве случаев при прекращении отвальных работ. К моменту развития оползня оно вышло на определенный уровень значений, превышающих критерии безопасности 1-ого и 2-ого уровня, а также критические значения порового давления. Обратными расчетами, выполненными с помощью программного комплекса «Galena» австралийской компании ВНР Engeneering установлено, что оползень произошел при угле внутреннего трения  $\varphi = 2^\circ$  и сцеплении  $0,15 \text{ кг/см}^2$ .

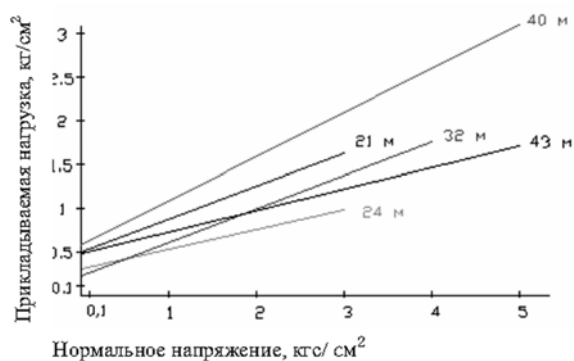
Для изучения свойств намывных пород в основании отвальных насыпей была пробурена скважина и отобраны образцы с глубин 21, 24, 32, 40 и 43 м, которые испытывались в лаборатории Центра инженерных изысканий СПГИ(ТУ им. Г.В. Плеханова на предмет определения физико-механических свойств. Полученные в лаборатории показатели физических свойств пород приведены в табл. 2. Сдвиговые испытания образцов выполнялись на сдвиговом приборе Digital Shear Machine (ELE International) при нагрузках 1, 2, 3, 4 и 5 кгс/см<sup>2</sup> по схеме быстрого сдвига (со скоростью 2 мм/мин). Получены следующие значения сцепления и угла внутреннего трения (рис. 3, табл. 2). Сравнение значений прочностных показателей и влажности, полученных до и после отсыпки отвальных насыпей, позволяет отметить, что прочность не только не претерпела существенных изменений в сторону ее уменьшения, но и несколько выросла как по параметру сцепления, так и параметру угла внутреннего трения.

Таблица 2  
**Физические свойства намывных пород гидроотвала  
 Кедровского угольного разреза**

Глубина отбора, м	Название грунта	Влажность $W_{ест}$ , %	Предел пластичности, %	Предел текучести, %	Число пластичности	Консистенция	Плотность, $г/см^3$	Пористость, д. ед.
21,0	суглинок тяжелый тугопластичный	28,5	23,6	37,4	13,9	0,35	2,11	0,25
24,0	суглинок полутвердый	24,2	22,2	31,9	9,7	0,21	2,00	0,33
32,0	суглинок тяжелый тугопластичный	26,8	22,1	36,5	14,4	0,32	2,05	0,29
40,0	суглинок легкий твердый	21,1	23,2	31,1	7,8	-0,28	2,12	0,25
42,0	суглинок тяжелый твердый	24,8	26,6	42,7	16,1	-0,11	2,01	0,32

Таблица 3  
**Показатели механических свойств намывных пород (2009 г.)**

№ образца	Глубина отбора образца, м	Угол внутреннего трения $\varphi$ , °	Сцепление, $кгс/см^2$
1	21,0	21	0,50
2	24,0	13	0,31
3	32,0	21	0,22
4	40,0	27	0,58
5	43,0	14	0,49



**Рис. 3. Диаграммы сдвига образцов намывных пород основания**

Так, минимальные значения прочностных показателей составили 13 град и  $0,23 \text{ кгс/см}^2$  против 4 град и  $0,2 \text{ кгс/см}^2$  до нагружения. Кроме того, данные показатели все равно остаются больше параметров, определенных обратными расчетами.

В результате данных исследований можно сделать вывод о том, что используемая методика испытаний с применением одноплоскостного сдвига не совсем подходит для изучения

свойств намывных пород гидроотвалов в условиях достаточно интенсивного нагружения отвальными насыпями, поскольку в сдвиговых одноплоскостных приборах при испытаниях образцов напряженное состояние не соответствует напряженному состоянию массива. Необходимо разработать новую методику исследований в лабораторных условиях с применением современных стабилометров с регулируемыми внутренними напряжениями. **П/АБ**

#### **КОРОТКО ОБ АВТОРЕ**

---

*Кузнецова Ирина Владимировна* – аспирант, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г.В. Плеханова (технический университет)» ira86\_2003@rambler.ru



---

#### **ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (ПРЕПРИНТ)**

##### **ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ РАБОЧЕГО БОРТА ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ**

Отдельные статьи Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала). — 2011. — № 2. — 20 с. — М.: Издательство «Горная книга»

*Пастихин Д.В.*, кандидат технических наук, доцент,

*Аникин К.В.*, аспирант, *Толипов Н.У.*, аспирант,

Московский государственный горный университет,

Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru

##### **РАЦИОНАЛЬНАЯ КОНСТРУКЦИЯ РАБОЧЕГО БОРТА ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ЭКСКАВАТОРНО-АВТОМОБИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ОБОРУДОВАНИЯ**

*Приведены примеры и описаны результаты исследований влияния конструкции рабочего борта карьера на производительность экскаваторно-автомобильного комплекса оборудования.*

*Ключевые слова:* карьер, конструкция рабочего борта, рабочая площадка, экскаваторно-автомобильный комплекс оборудования, производительность экскаватора.

##### **JUSTIFICATION OF CONSTRUCTION OF THE MINING FLANK OF DIP COAL OPEN-PITS**

*Pastikhin D.V., Anikin K.V., Tolipov N.U.* **RATIONAL CONSTRUCTION OF THE MINING FLANK OF DIP COAL OPEN-PITS IN TRUCK AND SHOVEL OPERATIONS**

*Examples are given and the research's results of investigation of influence of the open-pit's working flange on truck and shovel operations productivity are provided.*

*Key words:* open-pit, working flange construction, mining site, truck and shovel operations, shovel productivity.