

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

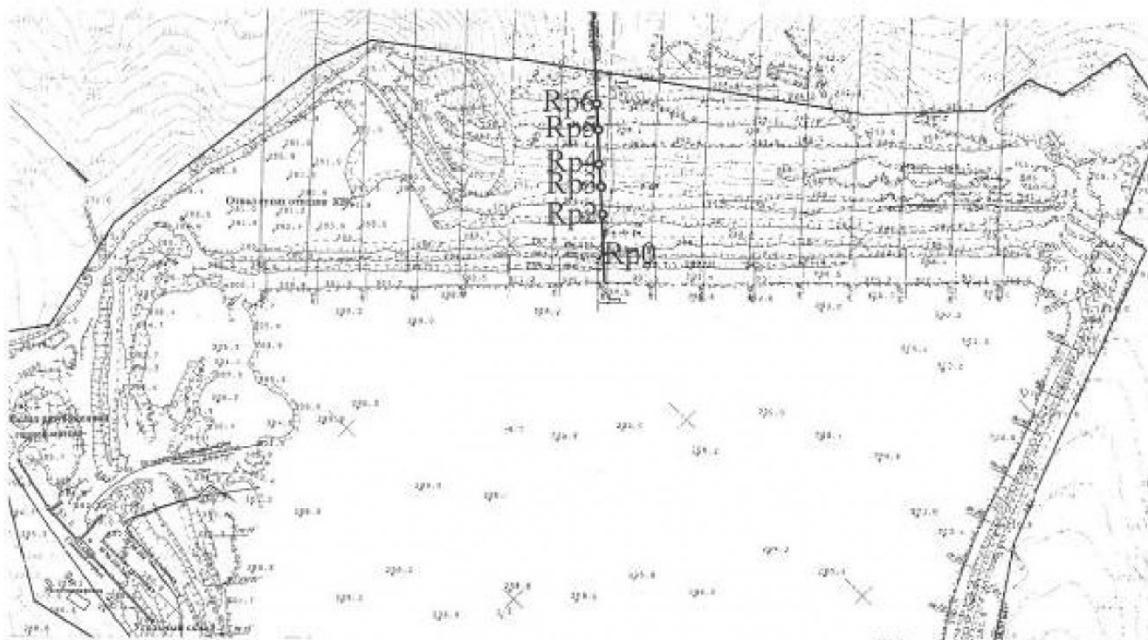
УДК 622.271.45

Р. Г. Клейменов, С. М. Простов

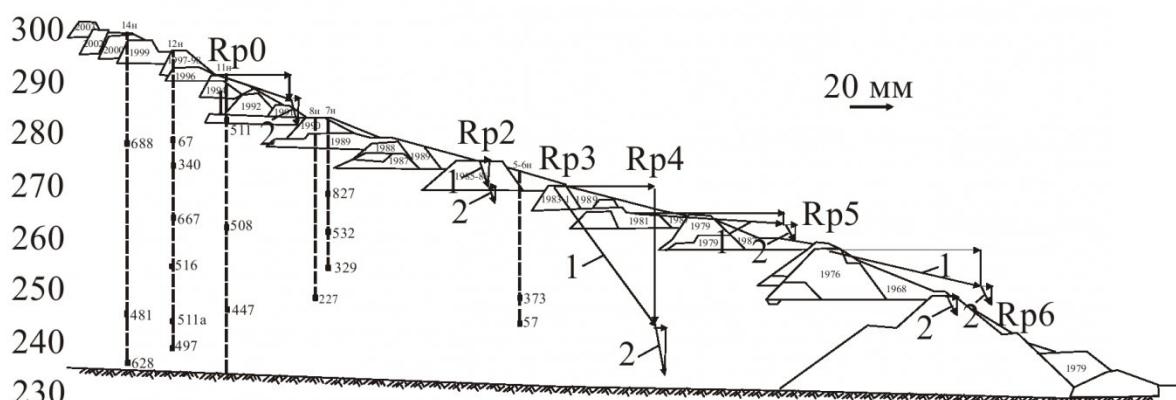
МОНИТОРИНГ ПРИ НАРАЩИВАНИИ ДАМБЫ ГИДРООТВАЛА "БЕКОВСКИЙ"

Гидроотвал "Бековский" разреза "Бачатский" предназначен для складирования вскрышных пород песчано-глинистых отложений и отходов обогащения. Он представляет собой сооружение овражно-балочного типа с односторонним обвалованием, находится в эксплуатации с 1971 г. и имеет I класс капитальности. Гидроотвал имеет не-

правильную форму, располагаясь по рельефу местности, его размеры 2650×2100 м, площадь 278,0 га. В настоящее время его емкость обеспечена многоярусной плотиной (дамбой) длиной более 3 км, с максимальной высотой 76,5 м (в тальвеге лога), состоящей из 15 дамб обвалования. С целью повышения устойчивости внешнего откоса соору-



*Рис. 1. План гидроотвала "Бековский" и расположение опытного участка:
Rp 0–Rp 6 – реперы наблюдательной станции*



*Рис. 2. Результаты измерений смещений откоса дамбы гидроотвала:
1 – 2006 г.; 2 – 2007 г.*

жения, начиная с 1987 г., неоднократно производились отсыпки пригрузочных призм на локальных участках между дамбами наращивания, в результате чего низовой откос гидроотвала приобрел в основном плоскую форму. Суммарный объем складированных намывных пород за весь период существования составил 122,5 млн. м³.

За время эксплуатации гидроотвала имели место две аварийные ситуации (в 1987 и 1989 гг.), приведшие к образованию оползней на внешнем откосе сооружения. Причиной возникновения деформаций откоса послужило резкое увеличение порового давления в намывных породах в период отсыпки дамб наращивания. Для контроля геомеханического состояния и прогноза устойчивости гидроотвала организован непрерывный маркшейдерский и гидрогеомеханический мониторинг, включающий систематические наблюдения за уровнями и напорами воды в откосной части гидроотвала, периодическое изучение физико-

механических свойств пород гидроотвала и основания, оценку устойчивости сооружения по установленным инженерно-геологическим свойствам с учетом изменения напряженного состояния пород.

Стационарная наблюдательная станция расположена в центре плотины на участке, приуроченном к тальвегу лога, который характеризуется наихудшими условиями устойчивости, т.к. высота плотины и мощность намывных пород здесь максимальны. Наблюдательная станция на данный момент включает 6 контурных реперов Rp 0 – Rp 6 и 5 скважин, оборудованных 19 стационарными пьезометрами (рис. 1).

На рис. 2 представлены результаты измерения смещений реперов, установленных на откосе дамбы, за 2005–2007 гг. Из векторных диаграмм следует, что горизонтальные смещения возрастают от гребня к основанию дамбы, при этом максимальные годовые смещения у Rp 5 составили 88 м/год, при этом скорости полных сдвигов за весь пе-

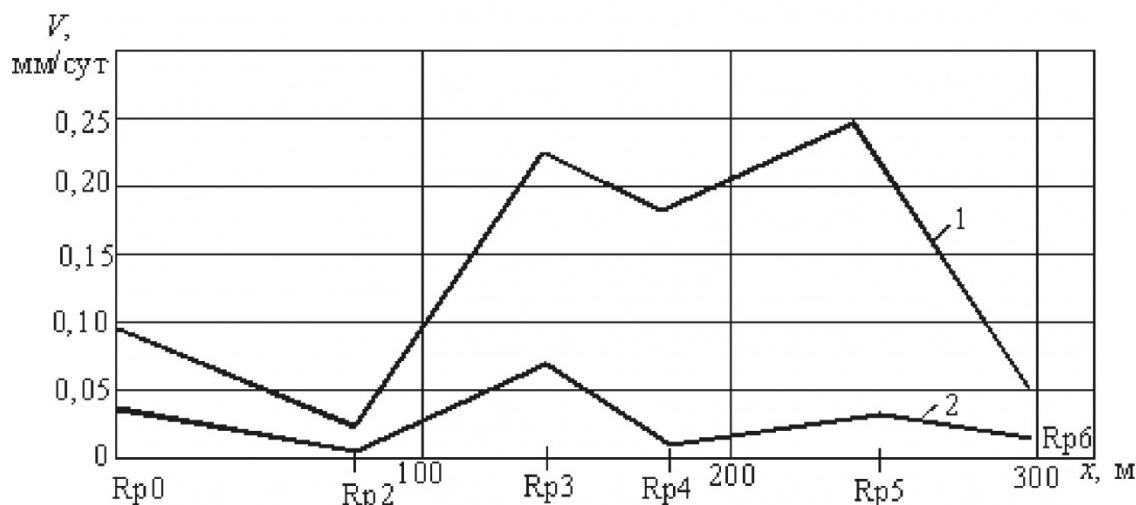


Рис. 3. Изменение скоростей полных сдвигов V вдоль откоса дамбы гидроотвала в зависимости от координаты x в плане: 1 – на 24.05.06; 2 – на 23.04.07

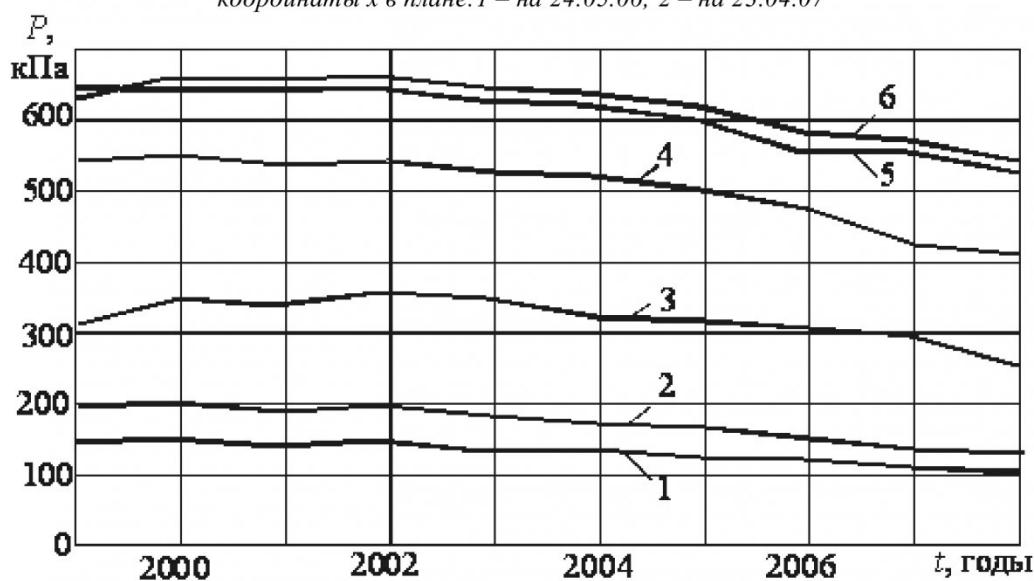


Рис. 4. Изменение во времени t порового давления P по датчикам:
1 – 67; 2 – 340; 3 – 567; 4 – 516; 5 – 511a; 6 – 497

Таблица 1. Параметры расчетной модели устойчивости дамбы гидроотвала

Элемент строения	Инженерно-геологический элемент	Расчетные параметры		
		ρ , т/м ³	C , кПа	ϕ , град
Намывной массив	I а	1,98	80	17
	I б	2,00	100	17
	I в	2,00	150	17
	II	2,05	350	12
Естественное основание	III	2,10	650	12
Дамбы наращивания	IV	1,90	100	30

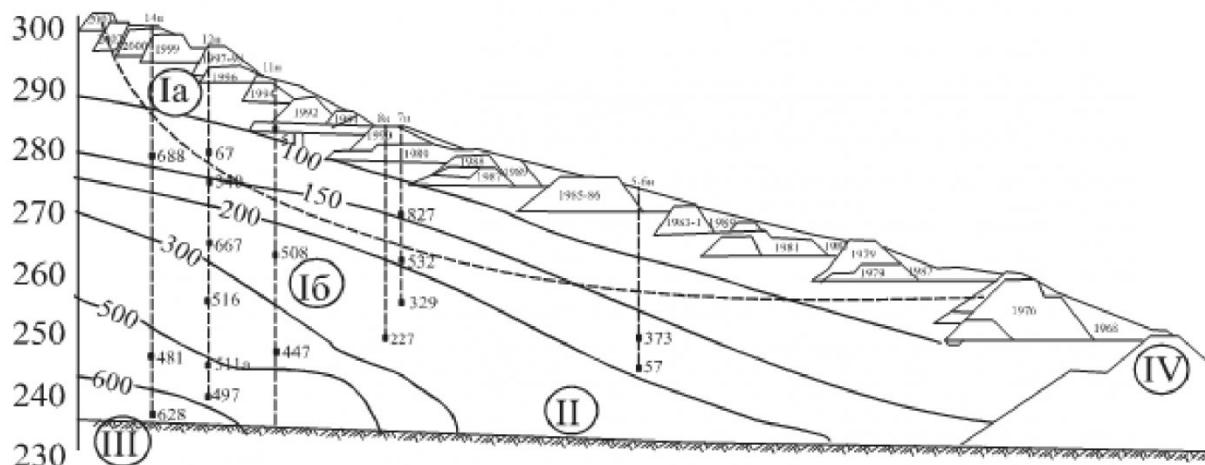


Рис. 5. Расчетная схема прогноза устойчивости откоса дамбы гидроотвала, результаты гидрогеомеханического мониторинга: Ia—IV — инженерно-геологические элементы; 67—927 — номера датчиков порового давления; — — изолинии порового давления на 21.03.2008; — — — наиболее неблагоприятная вероятностная поверхность скольжения

риод наблюдений не превысили 0,25 мм/сут и имеют тенденцию к значительному снижению (рис. 3).

Вертикальные оседания максимальны в средней части откоса (Rp 4), по большинству реперов соизмеримы с горизонтальными смещениями и также имеют тенденцию к затуханию. В целом результаты маркшейдерского мониторинга свидетельствуют об отсутствии оползневых процессов в теле дамбы и непрерывно продолжающейся консолидации намывного массива.

Значительный объем информации накоплен за 10 лет гидрогеомеханического мониторинга, результаты наблюдений за изменением порового давления представлены на рис. 4. Анализ графиков показывает, что практически по всем датчикам наблюдается стабильный спад порового давления P . Это связано с завершением намыва на большей части сооружения и прекращением возведения дамб наращивания. Скорость рассеивания порового давления, фиксируемая по датчикам, различна в зависимости от глубины их расположения и удаленности от гребня дамбы (рис. 5). По скважине, пробуренной в дамбе 12Н (датчики 67-497), наиболее близко расположенной к бывшему фронту намыва (гребню дамбы), средняя скорость рассеивания порового давления составила в среднем 20 кПа в год при этом интенсивность сниже-

ния порового давления уменьшается с каждым годом вследствие рассеивания избыточного давления воды. По удаленным от фронта намыва скважинам (в дамбах 11, 8, 7, 5-6) скорость рассеивания порового давления составила от 1 до 9 кПа за год в зависимости от глубины установки датчика.

Прогноз геомеханического состояния сооружения произведен ВНИМИ с помощью программного комплекса "STABILITY". Расчетная схема составлена для профиля заложения реперов (см. рис. 1), механические свойства массива принятые по результатам инженерно-геологических изысканий и испытаний образцов в специальном режиме.

В соответствии с представлениями о закономерностях формирования напряженно-деформированного состояния массива при гидроотвалообразовании, изложенных в работе [1], рассеивание порового давления благоприятным образом отражается на состоянии устойчивости откоса сооружения. В верхней части призмы возможного оползания (под дамбами № 11–15) сохраняется избыточное поровое давление, его величина составляет 20–25 кПа в верхних слоях (глубина до 25 м) и 100–120 кПа в более глубоких слоях. Сохранение избыточного порового давления подтверждает вывод о незавершенности процессов фильтрационной консолидации намывных пород.

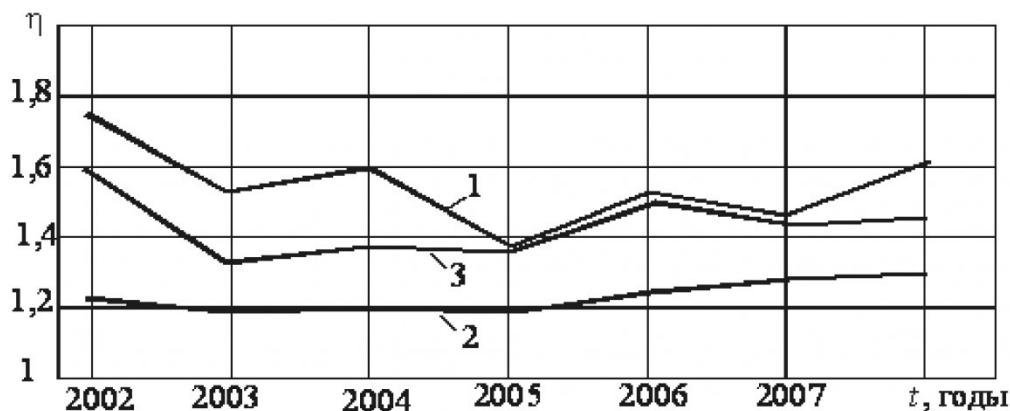


Рис. 6. Изменение с течением времени t коэффициента запаса устойчивости η при различных положениях поверхности скольжения: 1 – верхняя часть откоса от 15 до 9 дамб нарашивания (гор. 301,6–284,0); 2 – от 15 до 3 дамбы нарашивания (гор. 301,6–265,0); 3 – на полную высоту с захватом пород основания (гор. 301,6–240,0)

В строении намывного массива выделено два слоя: слой I – весь намывной массив, расположенный выше отметки +242,5 м, по консистенции и прочностным параметрам разделенный на зоны Ia, Ib, Iv; слой II намывных пород тугопластичной и полутвердой консистенции, залегающий ниже указанной отметки на границе с естественным основанием сооружения. В расчетной схеме выделены элементы, соответствующие насыпным породам дамб нарашивания (IY) и естественным отложениям основания гидроотвала (III). Значения расчетных параметров физико-механических свойств пород элементов и зон представлены в табл. 1 (ρ – плотность, C – сцепление, ϕ – угол внутреннего трения) и порового давления приняты по результатам последних замеров (рис. 5).

Расчеты проведены для 11 наиболее вероятных поверхностей скольжения, учитывающих различные варианты нарушения устойчивости откоса гидроотвала. Результаты расчетов представлены на рис. 6. Наименьшее значение коэффициента запаса устойчивости получено для поверхности скольжения, захватывающей практически весь откос от 15 до 3 дамбы нарашивания (график 2). Данная поверхность является наиболее напряженной на протяжении последних лет эксплуатации гидроотвала.

Рассеивание порового давления с течением

времени приводит к улучшению условий устойчивости и постепенному росту коэффициента запаса устойчивости η , при этом запас устойчивости соответствует нормам, принятым для сооружений I класса капитальности ($\eta > 1,2$).

Для оперативного контроля напряженного состояния массива рассчитаны критические значения порового давления: P_1 – критерий безопасности 1-го уровня, соответствующий $\eta = 1,25$; P_2 – критерий безопасности 2-го уровня ($\eta = 1,2$); P_3 – критерий предаварийной ситуации ($\eta = 1$).

Значения P_1 , P_2 , P_3 приведены в табл. 2.

Таблица 2. Предельно допустимые уровни порового давления при эксплуатации гидроотвала

Поровое давление, кПа			
№ датчика	P_1	P_2	P_3
528	750	775	860
67	130	150	230
340	165	185	270
567	310	330	415
516	485	515	586
511 а	600	625	710
497	630	640	721
927	155	170	210
329	285	300	340
277	280	295	345

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кутепов, Ю. И. Закономерности формирования порового давления при гидроотвалообразовании и отсыпке "сухих" отвалов / Ю. И. Кутепов, Н. А. Кутепова // ГИАБ. – 2008. – № 11. – С. 212–220.

□ Авторы статьи:

Клейменов
Роман Геннадьевич
– нач. отд. маркшейдерии и недропользования
ОАО "УК "Кузбассразрезуголь"
Тел 3842- 44-00-31.

Простов
Сергей Михайлович
– докт.техн.наук, проф. теоретической и геотехнической механики
КузГТУ
E-mail: raen@kuzstu.ru