

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 622.271.333

Е. В. Костюков, С. М. Простов, С. П. Бахаева

ПРОГНОЗ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В НАМЫВНОМ МАССИВЕ ПРИ ВЕДЕНИИ ГИДРОВСКРЫШНЫХ РАБОТ

Слаболитифицированные мягкие глинистые грунты техногенных намывных массивов (гидроотвалов) преимущественно характеризуются водно-коллоидными структурными связями, прочность которых в значительной степени зависит от влажности. При приложении нагрузки эти связи начинают разрушаться, и большая часть передаваемой нагрузки приходится на водную составляющую, это ведет к снижению сил сцепления грунта и увеличению порового давления [1].

Разработка таких массивов или использование их в качестве оснований для других сооружений (отсыпка отвалов скаль-

ных вскрышных пород, строительство технологических дорог разреза и т.д.), как правило, сопровождается значительными деформациями в виде оползней и сплывов.

На намывных сооружениях с мощностью намывного слоя более 30 м контролировать деформации рекомендуется при помощи глубинных реперов или посредством установки датчиков порового давления в скважинах. Вместе с тем, данные технические средства предоставляют информацию о протекающих процессах только в месте их установки. Поэтому оценка напряженного состояния участков массива, удаленных от

наблюдательных скважин или реперов, может быть выполнена посредством построения модели массива на основе уже имеющейся информации о геологическом строении, физических и деформационных свойствах, фактических значений деформаций, параметров геомеханических и гидрогеологических процессов.

Для моделирования напряженно-деформированного состояния подобных массивов авторами разработана методика экспериментально-аналитических исследований.

Моделирование включает расчет методом конечных элементов с учетом геометрическо-

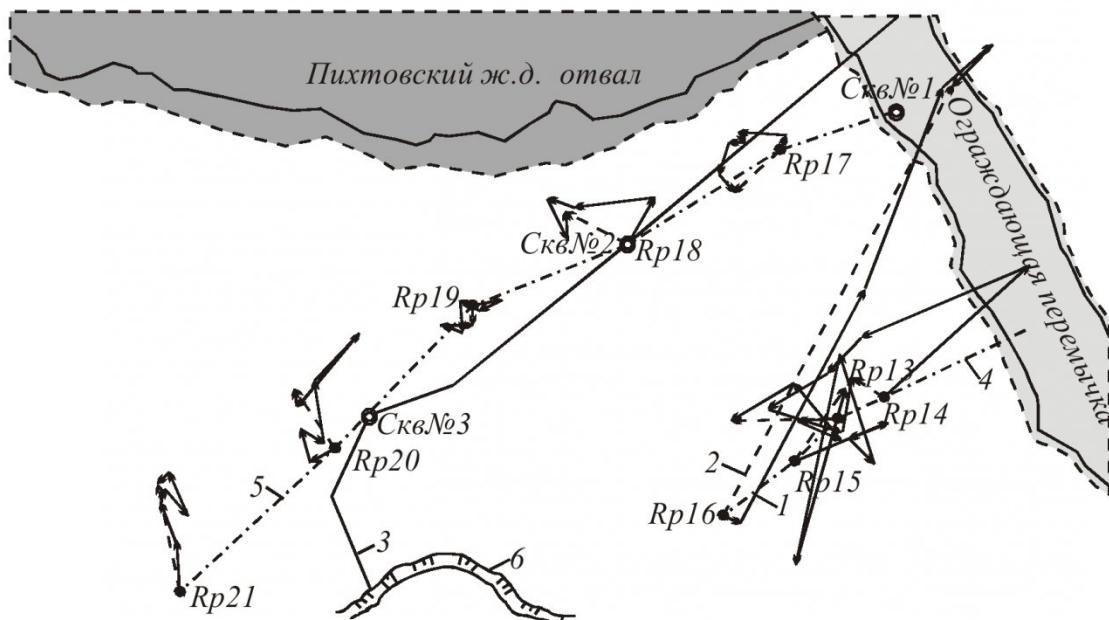


Рис. 1. Расположение реперов наблюдательной станции по намывному массиву и результаты инструментальных наблюдений за 2003 г.:

- 1 – вектор смещения в горизонтальной плоскости; 2 – результирующий вектор смещения в горизонтальной плоскости; 3 – тальвег лога; 4 – профильная линия №2;
- 5 – профильная линия №6; 6 – забой гидромеханизации № 4; скв. № 1–3 – наблюдательные гидрогеологические скважины; Rp1–21 – реперные станции

го подобия модели и объекта, выделением геологических слоев с различными деформационными свойствами. Границные условия позволяют учитывать внешние распределенные нагрузки от гидротехнических сооружений (например, дамб, ограждающих перемычек, отсыпанных на поверхности намывного массива), а также слои скальных вскрышных и дресвяно-песчанистых грунтов сухих отвалов [2].

Ниже приведены результаты прогнозных оценок, полученных с помощью описанной модели. Объектом исследований является намывной массив погашенного гидроотвала № 3 ОАО "Разрез "Кедровский". План изучаемого техногенного массива с указанием геологических, наблюдательных скважин и результатов измерений смещений характерных точек массива приведен на рис. 1.

На первом этапе отработки методики исследований были установлены особенности аномалий порового давления. В частности, было выявлено, что нагрузки от веса ограждающей перемычки вызвали формирование в намывном массиве зоны повышенного порового давления, наиболее напряженное ядро которой смешено в сторону гидромеханизированного забоя из-за дополнительного пригруза намывного массива пульпой, сбрасываемой за ограждающую перемычку. На формирование повышенного порового давления также существенное влияние оказывает более плотный слой дресвяного грунта, представленный смесью намывных суглинков и обломков скальных вскрышных пород расположенного рядом Пихтовского отвала. На участке, прилегающем к гидромеханизированному забою, массив находится в более разгруженном состоянии, поэтому поровое давление в этом направлении заметно снижается. Поскольку под воздействием нагрузки структурные связи, характеризующиеся очень низ-

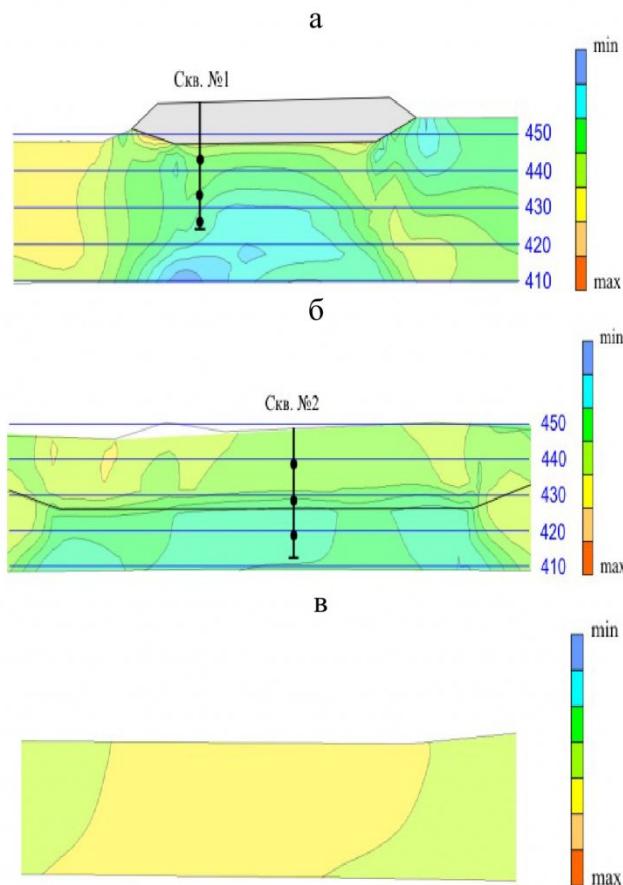


Рис. 2. Распределение максимальных эффективных напряжений, в районе стационарных наблюдательных гидрогеологических скважин № 1 (а), № 2 (б) и на расстоянии 100 м от скважины № 3 (в)

ким значением удельного сцепления водонасыщенных глинистых грунтов, разрушаются, то значительная часть нагрузки передается на воду, в избытке содержащуюся в порах такого грунта. Увеличение порового давления вызывает снижение эффективных напряжений в грунте (рис. 2).

Например, в районе гидромеханизированного забоя № 4 массив не испытывает внешних нагрузок вследствие значительного удаления от Пихтовского отвала, поэтому поровое давление здесь формируется только под действием гравитационных сил массива. В этой части массива зафиксирован спад порового давления и рост эффективного напряжения, изолинии которого представляют собой кривые с круто наклоненной верхней частью и более пологой

нижней (рис. 2, в). Если учесть, что эта поверхность разделяет участок массива на более и менее прочную части по величине сил сцепления, то можно предположить, что эти изолинии являются потенциальными поверхностями скольжений, расчет по которым можно вести с учетом изменяющейся гидрогеологической ситуации (порового давления).

Анализ вертикальных смещений (рис. 3) показывает, что наибольшему уплотнению подвержены нижние слои массива. Под ограждающей перемычкой и слоем пород Пихтовского отвала, а также на участке недавнего намыва пульпой (за ограждающей перемычкой) уплотнение грунтов максимально, а по мере удаления от участка воздействия внешней нагрузки плотность грунтов уменьшает-

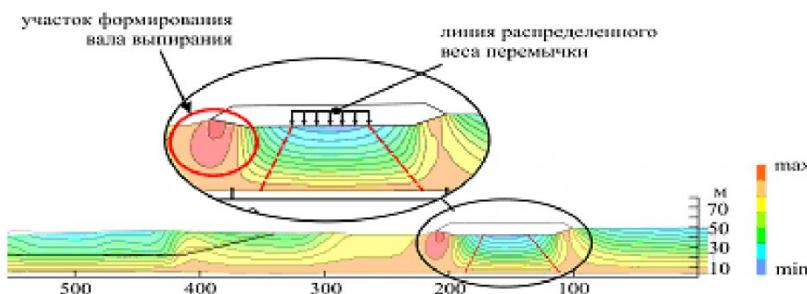


Рис. 3. Распределение вертикальных смещений

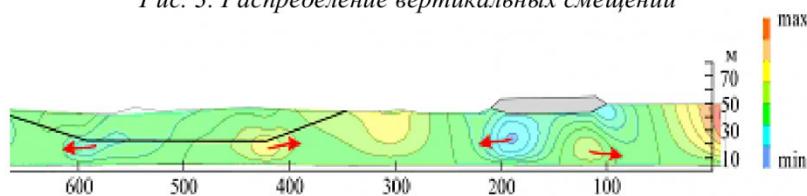


Рис. 4. Распределение горизонтальных смещений

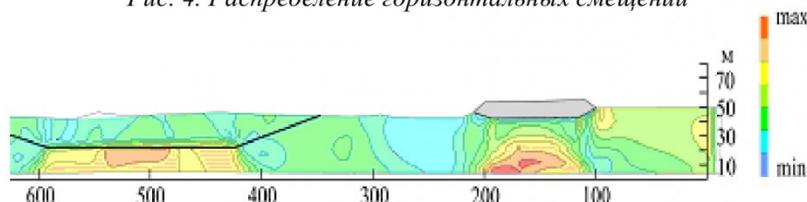


Рис. 5. Распределение максимальных растяжений

ся. Вместе с тем, вблизи гидромеханизированного забоя плотность грунтов вновь увеличивается за счет освобождения грунтов от свободной воды вследствие разгрузки техногенных водоносных горизонтов в сторону забоя гидромеханизации.

Наибольшим вертикальным деформациям подвержен участок массива, прилегающий к низовому откосу ограждающей перемычки, векторы деформаций под воздействием нагрузок направлены от основания к поверхности массива (рис. 3). Такая схема деформирования соответствует подподошвенному типу оползня и характерна для схемы расположения грунтового сооружения на слабом водонасыщенном основании.

Гравитационные силы Пихтовского отвала и ограждающей перемычки способствуют выдавливанию из под себя слабых намывных глинистых грунтов (рис. 4).

Рассмотрим с учетом этого условия характер напряжений, действующих в массиве в районе ограждающей перемычки. Поскольку перемычка имеет распластанный профиль, грави-

ствовать в виде распределенной нагрузки, приложенной на участке шириной около 35 м. Распределение веса перемычки на намывной массив происходит на ширину до 77 м по основанию лога. На этом участке величина вертикальных смещений практически одинакова, а намывные грунты стремятся сместиться соответственно влево и вправо от середины этой зоны (рис. 4). Такой же характер горизонтальных смещений будет наблюдаться и под слоем тяжелых пород Пихтовского отвала. Исходя из приведенных выше результатов, можно констатировать, что центральная зона, характеризующаяся постоянными вертикальными смещениями, будет испытывать растягивающие напряжения (рис. 5).

При ведении гидромеханизированных работ напряженное состояние массива изменяется. Для исследования характера

тационную силу можно пред-

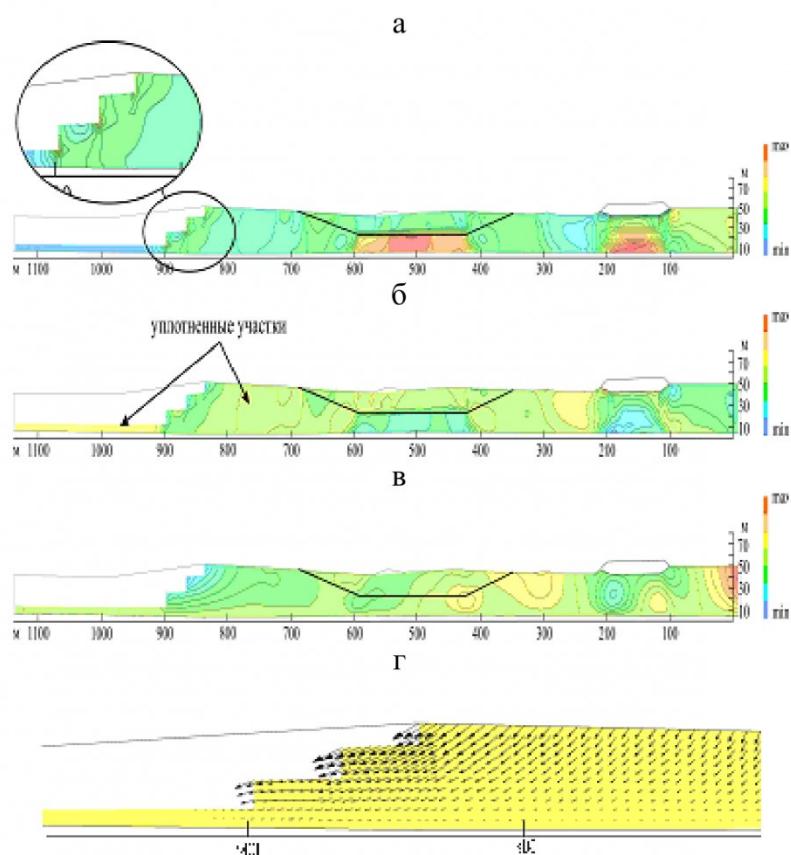


Рис. 6. Динамика формирования порового давления (а), максимальных эффективных напряжений (б), горизонтальных смещений (в) и общих векторов смещений (г) в намывном массиве при отработке трех горизонтов

изменения напряженного состояния смоделировано положение массива после отработки гидромеханизированным участком трех верхних слоев (рис. 6). Согласно полученному прогнозу, не происходит увеличения порового давления в массиве (рис. 6, а), наибольшая концентрация его отмечается в приоткосной зоне в районе нижних бровок уступов. Зона максимальных эффективных напряжений (рис. 6, б), характеризуемая наибольшей прочностью грунтов, формируется на расстоянии около 60-110 м от откоса, а также в основании забоя.

При приближению к откосу борта породы характеризуются снижением устойчивости и повышением уровня эффективных напряжений, что ведет к их деформациям и обрушениям. При анализе деформаций массива наиболее показательны результаты моделирования горизонтальных смещений (рис. 6, в). Наибольшие величины смещений характерны для поверхности откоса. По мере удаления от откоса горизонтальные смещения постепенно снижаются и на расстоянии около 240 м прекращаются. При этом по верхним уступам общий вектор де-

формаций характеризуется большими значениями, чем по нижним (рис. 6, г).

Анализ численной геомеханической модели показывает, что при отработке массива тремя уступами на высоту до 40 м прогнозируются деформации в виде сплыва с захватом пород, прилегающих к откосу, на расстояние до 240 м. Таким образом, результаты проведенных исследований позволяют обосновать безопасные параметры технологии вскрышных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указания по методам геомеханического обоснования оптимальных параметров гидроотвалов и отвалов на слабых основаниях. Ч. I. и Ч. II / М-во угольной пром-ти СССР. Всесоюзн. ордена Трудового Красного Знамени науч.-исслед. ин-т горн. геомех. и маркшейд. дела. – Л.: 1989, 1990.
2. Костюков, Е. В. Экспериментально-аналитическое исследование геомеханического состояния техногенного массива гидроотвала / Е. А. Костюков, С. М. Простов, С. П. Бахаева // Вестн. КузГТУ. 2006. №6.2. С. 4-28.

□ Авторы статьи:

Костюков
Евгений Владимирович
– канд. техн. наук, науч. сотр. Кемеровского Представительства
ВНИМИ

Простов
Сергей Михайлович
– докт. техн. наук, проф. каф. теоретической и геотехнической механики

Бахаева
Светлана Петровна
– канд. техн. наук, доц. каф. маркшейдерского дела и геодезии, зам. дир. НФ "КУЗБАСС-НИИОГР"

УДК 622.281

А.Е. Майоров

КОНСОЛИДАЦИЯ ПРИКОНТУРНОГО МАССИВА ПОРОД ПРИ КРЕПЛЕНИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Основная задача крепления горных выработок – надежность, сохранение стабильной устойчивости контура во времени. Разнообразие и сложность горно-геологических и горно-технических условий, увеличение глубины разработки месторождений требует применения крепей с высокой несущей способностью, при этом решение задачи связано с увеличением их материалоемкости, что всегда являлось и является дорогостоящим. Развитие технологий комбинированного крепления на базе инъекционного упрочнения приконтурного массива горных пород в сочетании с анкерной крепью позволит повысить экономическую эффективность и надежность.

Дальнейшее повествование построено в соответствии с [1-3], где рассмотрены качественные изменения в пространственном напряженно-деформированном состоянии массива горных по-

род при проходке горной выработки, развита теория структурно-дилатационной прочности и сдвигового деформирования горных пород, а также [4, 5], где представлена новая методология описания деформируемого твердого тела как многоуровневой самосогласующейся системы, в модели которой учитывается вся иерархия масштабов структурных (мезомасштабных) уровней деформации.

В попытке более полного понимания механических процессов, происходящих при формировании приконтурной зоны проводимой горной выработки, массив горных пород рассматривается как нагружаемая многоуровневая модель деформируемого структурно-неоднородного твердого тела.

Массив горных пород, исходно представляющий собой сложную многовариантную по составу