

УДК 622:531+622.89

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА УСТОЙЧИВОСТЬ ОТВАЛА

Б.Б. Имансакипова, Г.Ж. Турсбекова, Н.С. Турсбеков, Ә.Н. Турабаев

Показано влияние подземных вод на устойчивость отвала при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом.

*Ключевые слова:* вскрыша; породы отвала; нагрузка; напор; подземные воды; инженерно-гидрогеологические изыскания.

---

## EVALUATION OF THE INFLUENCE OF UNDERGROUND WATER ON RESISTANCE BLADE

*B.B. Imansakipova, G.Zh. Tursbekova, N.S. Tursbekov, Ә.N. Turabaev*

The article shows the influence of underground water on resistance dump when developing mineral deposits by open way.

*Keywords:* overburden; rock dump; load; pressure; groundwater; engineering and hydrogeological survey.

Известно, что на устойчивость отвала оказывают влияние: рельеф поверхности, на которую отсыпаются вскрышные породы; атмосферные осадки и высота снежного покрова; сезонные колебания температуры; физико-механические свойства пород основания отвалов; состав и свойства, в том числе влажность, складываемых в отвал пород; геометрические параметры отвала.

После отсыпки вскрыши, породы отвала интенсивно уплотняются в первый период под действием собственного веса за счет заполнения воздушных пустот. Эти пустоты заполняются как более мелкой породой, так и выклинивающейся водой и в нижней части отвала развивается поровое давление. В результате более интенсивного оттока воды из приоткосной зоны верхняя бровка отвала имеет большую осадку. Наличие в основании водонасыщенных слабоструктурных связных пород также провоцирует возникновение в них порового давления, которое возникает практически сразу после приложения нагрузки от отвального массива  $P$ . При этом внешняя нагрузка частично воспринимается поровой водой, а частично – минеральным скелетом:

$$P = P_s + P_p, \quad (1)$$

где  $P_s$  – давление в скелете грунта или эффективное давление, действующее на минеральные частицы, уплотняя и упрочняя породу);  $P_p$  – поровое или нейтральное давление, которое создает напор в воде, вызывающий ее фильтрацию.

В нестабилизированном состоянии порода плохо сопротивляется сдвигу, но по мере уплотнения и оттока поровой воды к зонам с пониженным давлением или дренажем сопротивление сдвигу возрастает. Сопротивление сдвигу  $\tau$  по любой площадке может быть принято равным (рисунок 1):

$$\tau = (\sigma_n - P_p) \operatorname{tg} \varphi + C, \quad (2)$$

где  $\sigma_n$  – полное нормальное напряжение;  $P_p$  – поровое давление;  $\varphi$  и  $C$  – угол внутреннего трения и сцепление. Деформации отвалов будут свидетельствовать о том, что поровое давление является одной из основных причин возникновения оползней различных типов [1].

В процессе отсыпки рыхлых пород на основании с близким расположением подземных вод, происходит переувлажнение тела отвала за счет капиллярного поднятия воды, что также приводит к снижению прочности отвальных масс и образованию просадок и оползней.

По различным данным до 15 % оползней на отвалах вызвано возникновением порового давления в основании техногенного массива.

На рисунке 1 показана схема водонасыщения пород отвала подземными водами за счет капиллярного поднятия. Данная схема условная и требует уточнения после проведения соответствующих работ по инженерно-гидрогеологическим изысканиям.

Для исключения капиллярного поднятия в теле отвала необходимо изолировать контакт

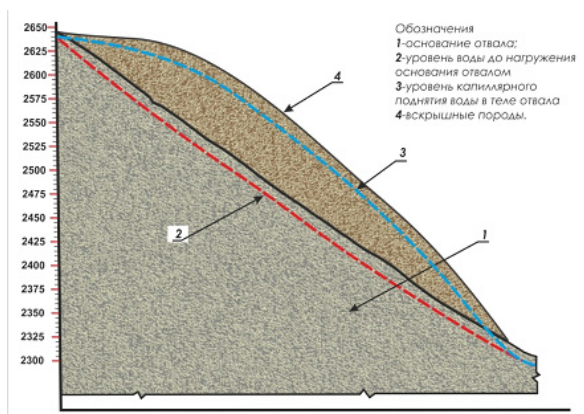


Рисунок 1 – Условная схема возможного уровня подземных вод

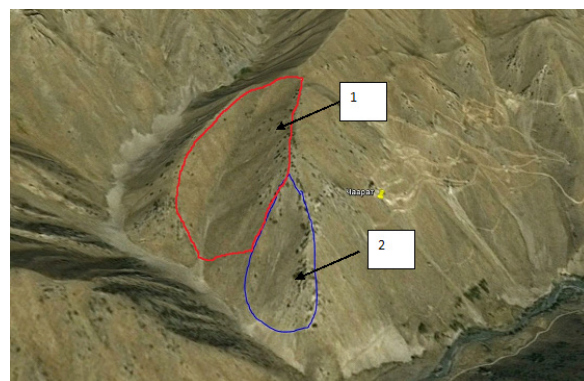


Рисунок 2 – Местоположение складирования вскрышных пород: 1 – основной отвал; 2 – дополнительный

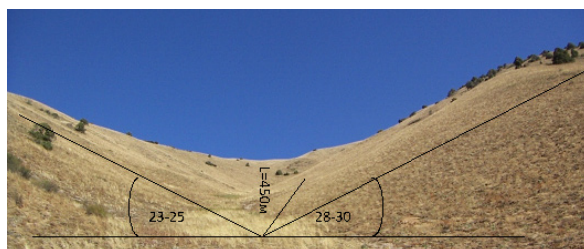


Рисунок 3 – Общий вид основания основного отвала для размещения вскрышных пород

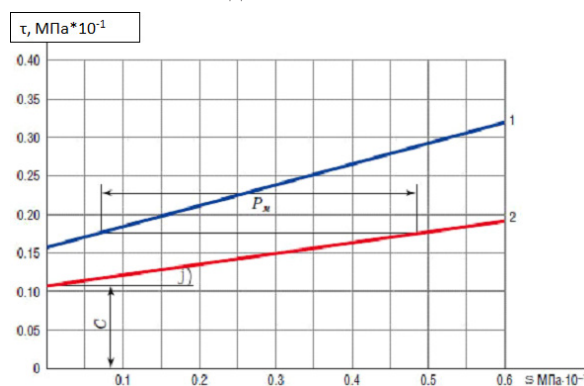


Рисунок 4 – График сопротивление сдвигу пород отвала при различной степени уплотнения: 1 – степень уплотнения 0,4; 2 – без уплотнения

обводненного основания с укладываемыми в отвал породами.

**Основные требования по безопасному размещению отвалов на горных склонах**

Отвалообразование при открытой разработке нагорных месторождений является одной из сложных проблем при складировании отвалов вскрышных пород на горных склонах.

Основными требованиями, предъявляемыми к отвалам, являются: достаточная вместимость при незначительных размерах занимаемых земельных площадей, минимальное расстояние от мест погрузки породы (вскрышных забоев), расположение на площадях, где отсутствуют полезные ископаемые в промышленных масштабах, отсутствие ограничений развития горных работ. Обязательным условием отвалообразования является обеспечение производственной и экологической безопасности [2].

Отвалообразование сопровождается деформациями отвалов, которые зависят от свойств пород вскрыши, в частности, кусковатости. В целях обеспечения безопасности работ на отвале, отвальные работы условно можно разделить на отвалообразование с обеспечением устойчивости отвальных ярусов на всех этапах формирования массива и отвалообразование в условиях управляемого деформирования.

В последнем случае оборудование должно располагаться вне призмы возможного обрушения или обладать достаточной мобильностью для вывода его за пределы призмы до начала деформаций, допустимая скорость протекания которых не превышает 250 мм/сут. В общем случае на отвальных массивах различают два основных вида деформации: затухающее во времени оседание (за счет уплотнения пород) и возрастающее сдвижение, часто переходящее в обрушение.

Деформации в отвале зависят от инженерно-геологических особенностей пород отвалов и их оснований, таких как:

- степень дробления пород;
- естественное разделение пород на фракции и самовыполаживание отвальных откосов;
- изменение прочностных характеристик пород в отвале во времени (сопротивление сдвигу увеличивается в связи с уплотнением или снижается при увлажнении пород насыпи и основания);
- возникновение в водонасыщенных породах отвалов и их оснований порового давления, являющегося существенным фактором развития оползней различных типов.

Важным фактором, определяющим параметры отвалов, является рельеф основания и тип породы, залегающей в подошве отвального массива. Устойчивость отвалов, размещаемых на прочном основании, определяется прежде всего сопротивлением сдвигу слагающих их пород (рисунок 2).

Рельефом местности определяется также характер поверхностного стока. В случае скопления атмосферных вод у нижней бровки отвалов, подтапливания дождевыми и паводковыми водами или размещения отвалов во впадинах, не имеющих стока, происходит увлажнение пород отвалов и их оснований, снижение сопротивления пород сдвигу, уменьшение высоты и угла откоса устойчивых отвальных откосов [3].

На устойчивость отвалов наибольшее влияние оказывают атмосферные осадки и колебания температуры воздуха.

Гидрогеологические условия непосредственно склона определяют развитие деформаций отвалов и его основания за счет гидродинамического или гидростатического давления подземных вод. Эти воды могут вызвать гидростатическое взвешивание пород или создание в них ослабленных поверхностей. Давление подземных вод на породы основания отвалов уменьшает эффективные напряжения в них или может вызвать гидравлический разрыв слоя пород покровных образований с прорывами напорных вод или пльвунов (рисунок 3).

Из технологических факторов, влияющих на устойчивость отвалов, важнейшими являются высота и конфигурация отвальных откосов, длина и скорость продвижения отвального фронта, темп отсыпки отвала. Схемами отсыпки (фронтальной или блоковой) предопределяется характер процессов уплотнения породных масс отвалов и их прочностные свойства (рисунок 4).

#### *Литература*

1. *Кожогулов К.Ч.* Основы геомеханики при открытой разработке месторождений полезных ископаемых: учеб. пособие / К.Ч. Кожогулов, С.В. Турсбеков, О.В. Никольская и др. Алматы: КазНТУ им. К.И. Сатпаева, 2016. 146 с.
2. *Кожогулов К.Ч.* Геомеханика: учебник для вузов / К.Ч. Кожогулов, О.В. Никольская. Бишкек, 2014. 224 с.
3. *Турсбеков С.В.* Геомеханическое обеспечение устойчивости карьерных откосов / С.В. Турсбеков. Алматы: КазНТУ им. К.И. Сатпаева, 2011. 213 с.