Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
1986, т. 109

УДК 624.131.1 : 622.08

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ДЕФОРМАЦИЙ НА ВНЕШНИХ ОТВАЛАХ СЕВЕРО-ОНЕЖСКОГО БОКСИТОВОГО РУДНИКА

В.Н.НОВОЖИЛОВ, В.Н.КРЫЛОВ, А.Е.ШЕВЧЕНКО

Разработка бокситовых месторождений Северо-Онежского района открытым способом потребовала создания здесь значительных по объему внешних отвалов. Наблюдаемые в настоящее время деформации на отвалах сокращают их емкость, снижают эффективность использования отведенных под отвалы площадей, осложняют систему горного производства. Для разработки и внедрения передовой технологии отвалообразования необходимо изучение механизма развития деформаций на эксплуатируемых в настоящее время отвалах.

Инженерно-геологические условия возведения внешних отвалов в районе достаточно сложные. Отвалы отсыпаются на сравнительно ровную, заболоченную поверхность. Основанием их служат верхнечетвертичные болотные и озерно-ледниковые отложения.

Болотные отложения представлены сфагновыми водонасыщенными торфами верхового типа мощностью 2,5–3,5 м. Торфяные отложения темно-бурого цвета обладают высокой влажностью (в среднем 500 %), высокой пористостью (90 %), малой плотностью (1,16 г/см^3). Плотность их минеральной части также не высока (1,80 г/см^3). Торф сильно и неравномерно сжимаем, по данным компрессионных и прессиометрических испытаний модуль общей деформации его не превышает 0,05–0,15 МПа. Сопротивление торфяных отложений сдвигу определялось по методу вращательного среза с использованием крыльчатки СК-8. Для торфа ненарушенного сложения оно составило 0,011 МПа.

Подстилают торфяные образования озерно-ледниковые отложения, представленные ленточными глинами серо-коричневого цвета, с ясно выраженной ленточной текстурой, обусловленной чередованием глинистых слоев с тонкопесчаными и пылеватыми прослоями. Мощность отложений 15–20 м.

Для ленточных глин характерны высокая естественная влажность (38 %) и пористость (51 %), невысокая плотность (1,85 г/см^3) при плотности минеральной части 2,73 г/см^3, что свойственно недоуплотненным разностям глинистых пород малой степени литификации [3]. Модуль общей деформации для озерно-ледниковых глин по данным прессиометрических испытаний в среднем составляет 4,0 МПа. Общее сопротивление сдвигу, по данным испытания этих пород на вращательный срез, равно 0,025 МПа.

Породы, поступающие в отвал, представлены глинами от текучей до тугопластичной консистенции. Тугопластичная консистенция пород присуща нижнекарбоновым глинам и моренным суглинкам, а текучая – озерным и озерно-ледниковым глинам.

Породы в отвал доставляются автотранспортом. В центральную часть отвала отсыпаются породы тугопластичной консистенции, за ее пределы породы с консистенцией, близкой к текучей. Вокруг центральной части отвала формируется обширная область растекания пород, достигающая в диаметре 700 м при высоте отвала 20–25 м. Процесс непрерывно развивается при постоянном поступлении на отвал текучего глинистого материала и затухает с очень пологим углом заложения поверхности растекающихся пород (3°).

Отвальные глинистые породы текучей консистенции обладают невысокой плотностью (I,50 г/см^3). Влажность пород (40–60 %) превышает их влажность на пределе текучести.

Общее сопротивление сдвигу этих пород в отвале крайне мало, при испытании их на вращательный срез оно в среднем составило 0,002 МПа. По данным стабилометрии сцепление 0,002 МПа, угол внутреннего трения 6°.

По инженерно-геологической классификации [3] данные отвальные образования могут быть отнесены к группе пород особого состояния и свойств.

В результате полевых исследований, включающих бурение скважин и изучение физико-механических характеристик пород отвала и основания, было установлено, что развитие оползневых деформаций, определяющих столь пологое заложение откосов отвала, не захватывает его основание.

Залегающие в основании отвала торфяные отложения подвергались значительному уплотнению. Мощность уплотненных торфяных отложений под отвалом не превышает 0,8 м при естественной их мощности 3 м. Осадка отвала за счет торфяных отложений в среднем составляет 2,2 м, влажность торфяных отложений снижается с 500 до 80 %, коэффициент пористости – от 8,50 до I,44.

Существенного уплотнения в озерно-ледниковых ленточных глинах, подстилающих торфяные отложения, не наблюдается. Влажность их под отвалом сохраняет свое естественное значение (38–40 %).

При бурении в теле отвала были вскрыты подземные воды, приуроченные к трещинам и пустотам в глинистой отвальной массе. Вскрытые воды имеют преимущественно ненапорный характер, как правило, они обнаруживаются в скважинах на глубине 0,I–I,0 м.

Таким образом, в процессе отвалообразования текучие глинистые породы укладываются непосредственно на поверхность водонасыщенных торфяных отложений. При уплотнении торфа под тяжестью отвальных пород отжимается значительное количество свободной воды, которая внедряется в трещины и пустоты отвальной глинистой массы, что создает в толще отвальных пород дополнительное гидростатическое взвешивающее и боковое давление.

В этом случае уклон, самопроизвольно формируемый отвальными породами, можно рассчитать по формуле

$$\operatorname{tg}\alpha = \left(\operatorname{tg}\varphi + \frac{2c}{H\gamma - H_в\gamma_в}\right) \Big/ \left(\xi + \frac{H^2\gamma_в}{H\gamma - H_в\gamma_в}\right), \qquad (I)$$

где α – угол, формируемый поверхностью отвальных пород с горизонтом; H – высота отвала; $H_в$ – мощность обводненной зоны в нижней части отвала; c и φ – сцепление и угол внутреннего трения в породах отвала; γ и $\gamma_в$ –

плотность пород отвала и воды; ξ – коэффициент бокового давления, для связных пород

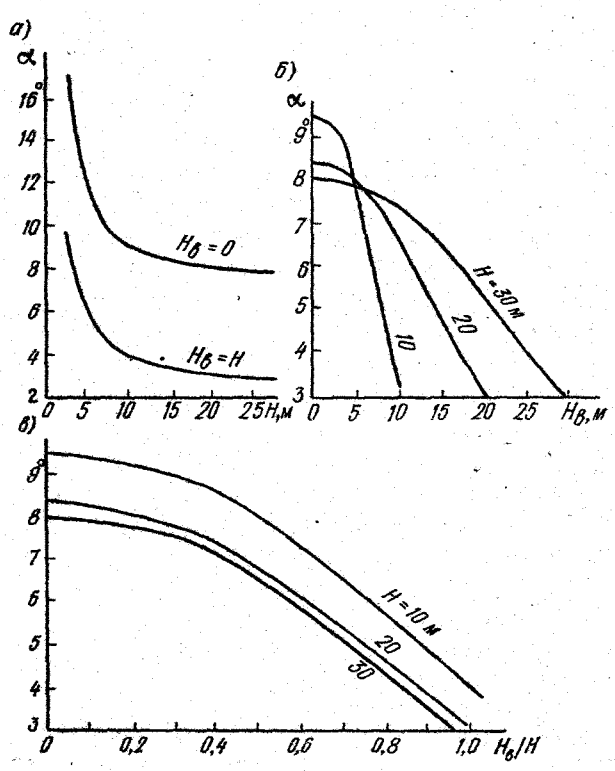
$$\xi = tg^2(45 - \varphi/2) - \frac{2c}{H\gamma - H_в\gamma_в} tg(45 - \varphi/2). \qquad (2)$$

Уравнение (I) соответствует представлениям о механизме пластического течения масс горных пород со склонов и откосов [2].

С использованием приведенных зависимостей можно проследить за изменением величины уклона, формируемого поверхностью отвальных пород, с увеличением высоты отвала, а также за изменением угла заложения откосов отвала от степени обводнения отвальных пород.

Для такой оценки использовались характеристики физико-механических свойств пород отвала, установленные при полевых и лабораторных исследованиях.

Расчеты показали (см. рисунок), что с увеличением высоты отвала уменьшается заложение откосов (рисунок, а). Первоначально оно происходит довольно резко, затем плавно и при высоте отвала более 10 м практически не изменяется. Причем для необводненных откосов заложение в 2–2,5 раза больше, чем для полностью обводненных.



Зависимость угла заложения откосов отвала α в пределах зоны растекания от высоты отвала (а), мощности зоны подтопления (б) и величины относительного подтопления отвала (в)

Заложение откосов отвала в зависимости от степени его обводнения для откосов высотой 10, 20 и 30 м (рисунок, б) с увеличением мощности зоны подтопления закономерно снижается. При мощности зоны подтопления, составляющей 1/3 от высоты отвала, это снижение весьма незначительно (0,5°), а затем резко растет (рисунок, в).

Полученные расчетные значения углов заложения откосов отвалов соответствуют их фактическим значениям [1].

Итак, обводнение нижней части отвалов водами, поступающими из основания при его уплотнении, значительно снижают устойчивость пород

и заложение откосов отвала. В рассматриваемых условиях весьма эффективным способом увеличения емкости отвалов в 2-2,5раза без увеличения площади их размещения может быть увеличение угла заложения откосов отвалов до $7-8^{0}$ за счет предварительного осушения торфяных отложений.

Подготовительные работы на площадках, где планируется размещение отвалов, могут быть ограничены сооружением сети дренажных канав со сбросом вод в ближайшие реки. Опыт мелиоративных работ в районе показывает, что торфяные отложения могут быть осушены в достаточной мере за I-I,5 года. Это также будет препятствовать формированию вокруг отвала зоны подтопления, развитие которой наблюдается в настоящее время и связано с нарушением режима естественного поверхностного стока отвальными работами.

При решении вопроса об увеличении высоты отвалов важно оценить устойчивость его центральной части, сложенной породами тугопластичной консистенции, где непосредственно расположена рабочая площадка отвала.

В настоящее время при высоте отвала не более 25 м, развития здесь оползневых деформаций не наблюдается. Устойчивость этой части отвала обеспечивается пригрузкой ее отвальными текучими породами. Высокий коэффициент запаса I,20 гарантирует безопасность работы горного оборудования при периферийном способе отвалообразования.

Однако при расширении рабочей площадки, когда тугопластичные глины укладываются на поверхность текучих пород, происходит их сдвижение совместно с нижележащей текучей массой. В зоне растекания, окружающей сплошным шлейфом центральную часть отвала, хорошо выделяются блоки глинистых тугопластичных пород, перемещенных на расстояние I00-I50 м от центральной части отвала. Подобные деформации в таких условиях неизбежны. Они исключают возможность расширения рабочей площадки отвала за счет укладки тугопластичных глин на глинистые образования зоны растекания и угрожают безопасности работы горного оборудования на отвале. Поэтому размещение отвальных пород тугопластичной консистенции целесообразно проводить только в пределах центральной части отвала, наращивая его высоту. При планировании ширины рабочей площадки необходимо учитывать ее последовательное сокращение с ростом высоты отвала.

Технологическая схема отвалообразования на Северо-Онежском руднике в данных, достаточно сложных, условиях является эффективной. Предварительное осушение площадей, отведенных под отвалы, и жесткое соблюдение принципа селективной отсыпки отвальных пород могут увеличить емкость отвалов, повысить безопасность отвальных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демин А.М. Закономерности проявления деформаций откосов в карьерах. М., Недра, 1981.

2. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л., Недра, 1977.

3. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная петрология. Л., Недра, 1984.