Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова.
т. XX, вып.2, 1976 г.

ДИНАМИЧЕСКИЕ И КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ДЕФОРМАЦИЙ ПРИОТКОСНЫХ ЗОН ОТВАЛОВ НА КАРЬЕРАХ ЮМА

Г.В.Коротаев, В.С.Жариков, А.В.Артемьев

Для отвалообразования на карьерах ЮМА характерно широкое развитие проектирования и строительства высоких многоярусных отвалов большой емкости; применение мощной высокопроизводительной техники циклического и непрерывного действия; формирование отвалов из разнообразных, во многих случаях слабых пород вскрыши на слабых основаниях. Для определения оптимальных параметров отвалов по условиям устойчивости требуется решение не только статических, но также динамических и кинематических задач.

Одним из основных путей их решения является исследование динамических и кинематических признаков деформаций приоткосных зон отвалов и факторов, влияющих на их развитие. Исследования в этом направлении выполнены при помощи методов структурного анализа, натурных наблюдений, стереофотограмметрической съемки, изучения кернов скважин, моделирования на эквивалентных материалах с тензосеткой и экспериментальных исследований.

На развитие деформаций в приоткосных зонах отвалов влияют четыре группы факторов: действующие силы, силы внутреннего сопротивления пород действующим (деформирующим) силам, время действия сил и развития деформаций и условия, определяющие их развитие.

К основным действующим силам отнесены объемные массовые силы: гравитационные статические – объемная масса пород G ; фильтрационные – результирующая гидростатического и гидродинамического давления P и поровое давление воды U .

Кроме того, на рабочих уступах учитываются внешние сосредоточенные нагрузки: статическая нагрузка от веса отвального оборудования $G_{ст}$ и динамическая нагрузка работающих механизмов $G_{д}$. В некоторых случаях необходимо учитывать сейсмические динамические силы q , возникающие в зоне влияния сейсмических колебаний от массовых взрывов в карьерах.

Силы внутреннего сопротивления пород F представлены упругими силами, силами внутреннего трения и силами вязкого сопротивления.

В качестве основных условий, определяющих развитие деформаций, выделены природные (климатические, геоморфологические, геологические, гидрогеологические), горнотехнические и гидротехнические.

Количественная оценка действующих сил, сил внутреннего сопротивления пород действующим (деформирующим) силам и изучение закономерностей их взаимодействия в определенных условиях позволили выделить три главных типа взаимодействия сил (систем сил) и соответствующие динамические типы деформаций приоткосных зон.

I. Гравитационный тип. В качестве действующих сил выделяются только гравитационные статические силы (объемная масса пород), преодолевающие силы внутреннего сопротивления горных пород $(G \geqslant F)$.

Другие силы в процессе деформирования приоткосных зон не действуют. Такой динамический тип деформаций приоткосных зон отвалов распространен при размещении их на водораздельных склонах долин рек и приурочен к нерабочим откосам отвалов, основание которых расположено выше уровня подземных вод, вне зон влияния массовых взрывов.

2. Фильтрационно-гравитационный тип. В процессе деформирования приоткосных зон отвалов участвуют гравитационные силы, фильтрационные и силы внутреннего сопротивления горных пород. Главенствующую роль играют гравитационные силы. Равнодействующая гравитационных и фильтрационных сил преодолевает силы внутреннего сопротивления горных пород $(G - P - U \geqslant F)$.

Этот динамический тип деформаций приоткосных зон распространен также на нерабочих откосах отвалов в пределах обводненных террас долин рек, ручьев и балок. Кроме того, он может проявиться в зонах подтопления хвостохранилищ при заполнении их до высоких отметок.

3. Статико-динамический и фильтрационно-гравитационный тип. В процессе деформирования участков рабочих отвальных уступов непосредственно у забоев экскаваторов и отвалообразователей участвуют не только основные объемные массовые силы, но и внешние статические и динамические нагрузки от веса оборудования и их работы, преодолевающие силы внутреннего сопротивления пород $(G - P - U) + G_{ст} + G_{д} \geqslant F$, $G + G_{ст} + G_{д} \geqslant F$).

В этом случае возникают общие деформации приоткосных частей рабочих уступов. На участках уступов, находящихся вне зоны влияния оборудования, основные действующие силы равны или несколько меньше сил внутреннего сопротивления пород $(G \leqslant F;\ G - P - U \leqslant F)$. Общее устойчивое состояние приоткосных зон здесь сохраняется.

Помимо этих основных типов взаимодействия сил выделяется сейсмо-гравитационный тип. В процессе деформирования приоткосных частей отвалов участвуют основные гравитационные статические силы и динамические сейсмические силы, преодолевающие силы внутреннего сопротивления пород

$$(G \pm q \geqslant F).$$

Этот тип деформаций изучен мало. По-видимому, его распространение ограничено зонами влияния сейсмического эффекта массовых взрывов в карьерах.

Кинематика деформаций приоткосных зон отвалов очень сложна. Во многих случаях они формируются не в один, а в два и даже в три этапа. Анализ ки-

нематики таких деформаций чрезвычайно затруднен. Поэтому изучалась кинематика деформаций, сформировавшихся в один этап, которые также представляют собой сложные деформации. В процессе их образования участвуют почти все простые деформации, известные в механике деформируемых сред и в реологии: объемные деформации, деформации формы (сдвиг, срез, скольжение), сжатие (укорочение), растяжение (удлинение), изгиб, кручение (вращение), пластическое течение, ползучесть и разрывные деформации.

Эти простые деформации и являются кинематическими признаками общих деформаций приоткосных зон отвалов. В чистом виде они наблюдаются редко, чаще в сочетании с другими простыми деформациями. То или иное сочетание простых деформаций позволяет выделить основные общие кинематические типы деформаций приоткосных зон отвалов.

По перечисленным признакам выделено 7 кинематических типов деформаций приоткосных зон отвалов.

I. Объемная деформация - уплотнение пород тела и основания (осадки и просадки поверхности откоса), приводящие к искривлению железнодорожных и конвейерных линий.

II. Деформация приоткосного послойного пластического сдвига и скольжения, изгиба, сжатия и растяжения. Основная линия скольжения по форме близка к отрезку гиперболической спирали с полюсом у подножия откоса. Этот тип деформаций характерен для экскаваторных отвалов при транспортировании пород железнодорожным транспортом. Породы оползают по плоскостям ослабления, образованным либо откосом предыдущей отвальной отсыпки, либо наличием внутри откоса наклонных слоев из разнопрочных пород при валовом способе их размещения по различным ярусам отвала.

Деформации поверхностного послойного сдвига и скольжения проявляются систематически на всех отвалах КМА, особенно в осенне-весенний период.

III. Деформация секущего приоткосного и послойного подошвенного сдвига (скольжения) по форме состоит из трех отрезков - двух дуг окружностей и прямой. В теле оползня имеются два семейства сопряженных линий скольжения (сдвига).

Этот тип деформации лучше всего представляет оползень на северном борту гидроотвала Лебединского карьера.

IV. Деформация секущего приоткосного и подподошвенного среза (сдвига) с вращением. Основная линия скольжения по форме приближается к отрезку логарифмической спирали. Тело оползня расчленяется трещинами отрыва на отдельные блоки. Типичным представителем этого вида деформации является оползень откоса нижнего яруса железнодорожного отвала Лебединского карьера.

V. Деформация послойного и секущего сдвига (скольжения), надвига и изгиба, затухающего книзу (оползень выдавливания слабых поверхностных четвертичных пород основания). Примером этого кинематического типа деформаций является оползень восточного борта отвала $3^{а}$ Михайловского карьера.

VI. Деформация изгиба, секущего сдвига и растяжения (оползень глубокого выдавливания четвертичных и дочетвертичных пород основания).

Высота валов выдавливания изменяется от 0,2 м до 3-7 м. Широкий диапазон высот валов на одном и том же откосе объясняется неоднородным составом и разной прочностью грунтов основания. Размеры валов выпирания зависят от интенсивности ведения отвальных работ в оползневой зоне: чем больше пород отсыпается в откос с одного рабочего положения отвалообразователя, тем больше размер вала, образованного впереди деформированного откоса. Валы увеличиваются в размерах как за счет выдавливания грунта из-под откоса в вертикальной плоскости („чистое" выдавливание), так и за счет смятия в складки сжатого и сдвинутого грунта в горизонтальной плоскости.

В результате динамического эффекта при смещении пород в горизонтальной плоскости сдвинутые глыбы грунта надвигаются одна на другую, запрокидываются, переворачиваются и сминаются в сложные складки. Конечная часть цирка оползания характеризуется сложным строением. Грунты, смятые в складки, содержат множество радиальных глубокораскрытых трещин растяжения, в большинстве случаев заполненных водой, отжатой из грунта.

Примером глубокого выдавливания грунтов основания является оползень на отвале 4 роторного комплекса „Лаухгаммер".

УП. Деформация поверхностного пластического течения отвальных пород на крутых откосах конвейерных отвалов, нередко распространяющаяся в виде рукавообразных потоков по оврагам и балкам. Она возникает в развивается при значительном уменьшении сил внутреннего сопротивления отвальных пород повышенной влажности вследствие их тиксотропного разжижения при отработке, транспортировании и складировании.