Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLVIII, вып. 1, 1963 г.

УДК 622.271.3 . 622.349.2

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ КАРЬЕРОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТИХВИНСКИХ БОКСИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В. Н. Новожилов

При открытой разработке Тихвинских бокситовых месторождений, где добыча в ближайшее время должна значительно возрасти, на ряде карьеров происходят нарушения бортов и внешних отвалов. На некоторых рудниках (9, и в меньшей мере 6, 13 и 3) оползни и сплывы значительно усложняют организацию работ на карьерах и удорожают себестоимость боксита [4].

На Тихвинских бокситовых месторождениях, кроме экскаваторов ЭШ-4/40 и ЭШ-6/60, с 1962 г. работают более мощные и тяжелые драглайны ЭШ-15/90, а в ближайшие два-три года предполагается введение роторных экскаваторов.

Разрабатываемые месторождения представлены в виде узких и вытянутых линзообразных залежей, предопределяющих перевалку значительной части покрывающих бокситы пород непосредственно на борта карьеров-участков. Для вновь проектируемых карьеров характерны более сложные горногеологические условия, чем для действующих и со значительно увеличенной глубиной (до 50—60 *м*). На таких карьерах необходимы более высокие внешние бортовые отвалы (до 35—40 *м*), что увеличит удельную нагрузку на борт. Все это предопределяет проявление оползней и других деформаций бортов карьеров, возможно, в большей мере, чем при отработке существующих месторождений. В этих условиях особенно существенна правильная оценка устойчивости горных пород, а мероприятия по предупреждению оползневых явлений должны решаться в комплексе с дренажными и горными работами.

Анализ оползневых явлений на бортах и отвалах существующих карьеров показал, что условия устойчивости песчано-глинистых пород в откосах горных выработок определяются двумя взаимообусловленными факторами — естественно-геологическими условиями толщи вскрышных пород и горнотехническими решениями по вскрытию и отработке бокситовых залежей.

В геологическом строении центральной части бокситоносного района, где сосредоточена основная часть месторождений, подлежащих разработке в ближайшие годы, принимают участие палеозойские осадочные породы, которые перекрыты сплошным чехлом моренных четвертичных образований [1].

Палеозойские осадочные толщи породы представлены преимущественно мягкими песчано-глинистыми породами нижнего карбона: глинами песчаными, пластичными и углистыми, мелко- и тонкозернистыми

песками, глинистыми песками с постепенными переходами к глинам. В толще этих пород прослеживаются прослои известняков подчиненного по сравнению с глинами развития. Моренные четвертичные образования слагаются валунными суглинками и супесями с редкими линзами гравийно-галечных пород. Трещиноватые известняки, пески и бокситовые породы, а также гравийно-галечные отложения являются породами водоносными и служат основными источниками обводнения горных выработок.

Изучение состава, состояния и физико-механических свойств песчано-глинистых пород, слагающих основную часть толщи вскрышных пород, показало, что все они с точки зрения прочностных показателей являются породами довольно слабыми. Так, для песчаных и пластичных глин и валунных суглинков среднее арифметическое значение угла внутреннего трения находится в интервале 17—24°, а сцепления — от 0,250 до 0,340 *кг/см*^{2}. Наиболее слабыми являются углистые разности пластичных глин. Свойства литологически исследованных разностей песчано-глинистых пород неоднородны. Это обусловлено генезисом пород, их гранулометрическим составом и плотностью.

Деформации бортов карьеров и породных отвалов. При вскрышных и добычных работах на ряде карьеров происходят деформации бортов и отвалов.

За период наблюдений (с 1957 г. по настоящее время) детально обследовано более 25 оползневых участков. Кроме того, на одном из наиболее интересных оползневых массивов — на карьере рудника 9 в течение трех лет проводились стационарные наблюдения систематическими инструментальными съемками.

Все прослеженные на карьерах нарушения можно разделить на 4 вида деформаций: 1) бортов, сложенных песчано-глинистыми породами; 2) бортов, представленных бокситовыми породами; 3) внешних отвалов из песчано-глинистых пород и 4) смешанные (борта и отвала).

Деформации бортов карьеров, сложенных глинистыми и песчаными породами, наблюдаются в виде: а) оползней; б) нарушений, связанных с выносом песков из откосов и последующим обрушением вышележащих пород; в) выпирания глинистых пород пластичной консистенции из откоса с последующим обрушением вышележащих пород; г) сплывов.

Оползни характерны как для откосов бортов, сложенных однородными породами, например валунными суглинками, так и для слоистой песчано-глинистой толщи карбона.

Оползни бортов, сложенных валунными суглинками, по характеру проявления подразделяются на два типа. Оползни первого типа возникают обычно при проходке вскрывающих и разрезных траншей на рабочем борту первого уступа при углах наклона бортов более 60°, когда в откосе создается перенапряженное состояние пород под действием собственного их веса и затем — обрушение. Обычно поверхности скольжения, по которым происходит смещение пород, носят приближенно круглоцилиндрический характер. Обрушение в ряде случаев происходит в виде последовательных срезов толщи, приуроченных к определенным линиям скольжения (рис. 1). Почти всегда верхняя часть сдвинутого блока запрокинута к откосу. Обычно срезу очередного блока, который происходит очень быстро, предшествует развитие трещин на поверхности уступа (рис. 2)*.

Оползни второго типа возникают на первом уступе при углах откоса борта 30—40°. При таких углах откосов и высоте уступа 15—20 *м* борт в статическом состоянии обычно устойчив. Однако иногда причиной оползней, по-видимому, является динамическое воздействие шагающих

* На рис. 2 зафиксирована трещина спустя 24 *ч* после начала ее образования.

экскаваторов на валунные суглинки. Во время работы шагающих драглайнов давление перераспределяется на верхнюю площадку уступа и база периодически наклоняется в сторону черпания и в сторону разгрузки. Как показали исследования И. М. Норкина, динамический коэффициент при работе драглайнов ЭШ-4/40 достигает 6, и удельное давление на грунт возрастает от 0,417 *кг/см*^{2} в нерабочем состоянии до 2,47 *кг/см*^{2} во время работы.

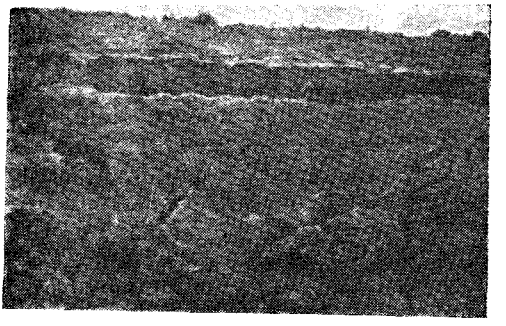


Рис. 1. Оползень на борту разрезной траншеи. Рудник 9

Под воздействием часто повторяемых переменных динамических нагрузок в зоне базы экскаватора нарушается структурная прочность пород: валунные суглинки размягчаются, а иногда при высокой естественной влажности даже несколько разжижаются, что ведет к постепенному погружению базы экскаватора на 0,3—0,4 *м*. Иногда вслед за погружением экскаватора образуются 2—3, и даже 5—6 трещин вблизи базы или под ней. Трещины протягиваются на 20—50 *м* и более. Ширина трещин изменяется от 1—2 до 10—12 *см*, а глубина достигает 1,5—2,5 *м*. При развитии трещин работы прекращаются и экскаватор обычно переводят в новое положение.

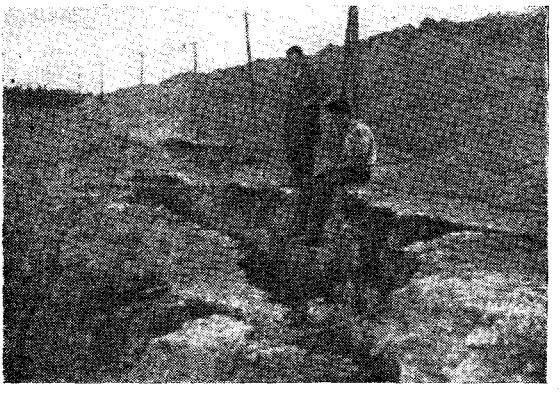


Рис. 2. Восточный борт. Трещины на поверхности бермы (возраст трещины — одни сутки). Рудник 9

После прекращения динамического воздействия шагающего экскаватора валунные суглинки упрочняются. Явление разупрочнения под динамической нагрузкой и восстановления структурной прочности пород после снятия динамических нагрузок хорошо согласуются с характером тиксотропных превращений в глинистых грунтах, установленным Б. М. Гуменским [2].

Когда под динамическим воздействием развиваются глубокие трещины, образуются оползни с поверхностью скольжения, близкой к круглоцилиндрической. Этот вид нарушений откосов бортов обусловлен особенностями свойств породы и может быть назван тиксотропными оползнями.

Толща вскрышных пород второго уступа представлена в основном пестрым переслаиванием карбоновых песчаных, пластичных и углистых разностей глин с мелкозернистыми песками. Наиболее слабыми с пониженным сопротивлением сдвигу (минимальное сцепление 0,050—0,100 *кг/см*^{2} и угол внутреннего трения 8—10°) являются углистые разности алексинско-михайловских глин. По контактам углистых разностей пластичных глин с надбокситовыми пластичными глинами и с пес-

чаными глинами коэффициент сдвига при удельной нагрузке 3 *кг/см*² был почти в два раза ниже, чем коэффициент сдвига, определенный по глинам пластичным углистым, песчаным и пластичным тульским [6].

Оползни в слоистых песчано-глинистых толщах карбона зафиксированы на ряде рудников при отработке второго уступа. Поверхность скольжения оползневых тел чаще приурочена к ослабленным контактам пород, слабым прослоям и зонам гляциодислокаций и обычно имеет слабый наклон (5—10°) в сторону выработанного пространства. В целом поверхность скольжения характеризуется сложной формой: в верхней части она совпадает с вертикальными трещинами отрыва, глубина которых достигает 3—5 *м*, далее идет по нисходящей крутой ветви вниз до пересечения со слабым прослоем, по которому и выходит на откос. Скорость смещения оползневых тел этого типа изменяется сантиметрами в сутки.

Деформации откоса резко возрастают при его подрезке или уборке оползших масс. Деформации скольжения развиваются последовательно — при сдвижении одного блока образуются вертикальные трещины на рабочей площадке, создающие благоприятные условия для дальнейшего развития оползней; попадающие в эти трещины дождевые и талые воды способствуют размоканию и раскисанию оползневого тела. В дальнейшем деформации носят уже другой характер и проявляются в форме сползания.

На некоторых участках карьерных полей рудников 9, 13 и 3 оползни проявляются в виде перемещения по заранее фиксированной поверхности скольжения, которыми являются контакты углистых разностей глин с вышележащими обводненными песчаными породами. Такие глины нередко падают в сторону карьера под углом до 10—18°, что несколько выше угла внутреннего трения этих глин. Наличие сильно влажных глинистых пород и обводненных песков способствует значительному понижению сопротивления сдвига по контактам этих пород. Перемещение таких оползней происходит с различной скоростью и зависит от угла наклона поверхности скольжения к горизонту. Так, например, оползень восточного борта рудника 9 летом 1958 г. перемещался со скоростью до 0,5 *м/сутки*.

Нарушения, связанные с выносом песков из откосов горных выработок, прослежены в виде образования небольших «языков» оплывания и вытекания песков из откосов, которые ведут к образованию оползней. Когда водоносные линзы песков вскрываются быстро и на всю мощность, вслед за вытеканием песков наблюдается отседание, а затем и обрушение вышележащих толщ пород. Эти деформации, хотя и имеют локальное развитие, часто усложняют ведение горных работ.

Когда пластичные глины выходят в нижнюю часть откоса в виде прослоев мощностью 2—3 *м*, а углы заложения на уступах рабочих бортов достигают 75—85°, под влиянием напряжений, возникающих в откосе, эти глины выдавливаются и в результате на поверхности рабочих площадок образуются трещины, а затем и оседание пород. Единичные замеры этого вида деформации показали скорость перемещения до 0,25—0,50 *см/сутки*. Аналогичные деформации прослежены и в верхней части борта под действием веса вышележащих пород, а также внешних отвалов. Так, например, на одном из участков рудника 13 на протяжении 60 *м* по нерабочему борту отмечено выдавливание михайловских пластичных глин, залегающих под валунными суглинками. Здесь на контакте суглинков и глин залегает тонкий, в несколько сантиметров, песчаный прослой, по которому происходило систематическое смачивание глин. Нижняя же часть борта, сложенная песками, оставалась устойчивой. В результате выдавливания пластичных глин вышележащие валунные суглинки растрескивались и оседали, берма борта

нарушалась и отвалы вскрышных пород пришли в движение, заполнили берму и частично сползли в карьер.

Сплывы характерны почти для всех действующих рудников. Они по своему характеру близки к грязевым потокам, напоминают медленное течение вязкой жидкости и образуются на локальных участках переувлажнения песчано-глинистых пород. Обычно они приурочены к местам выхода подземных вод на откос (или оползневое тело) или образуются во время длительных дождей и снеготаяния, захватывая наиболее пониженные участки склона. В ряде случаев сплывы образуются в результате оттаивания пород вскрыши, отсыпанной в зимнее время на сильно заснеженную поверхность.

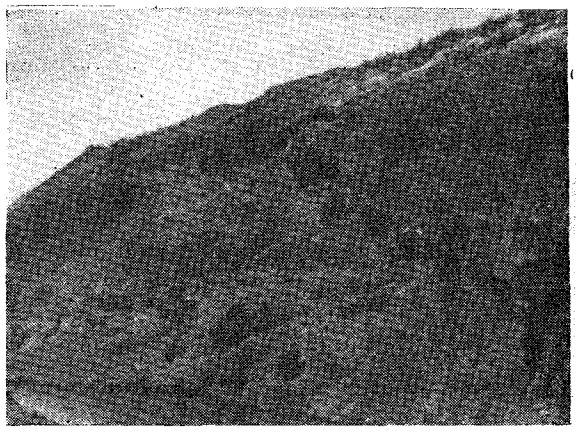


Рис. 3. Трещины отпора в бокситовых породах. Рудник 13. Разрезная траншея

Деформации разрезных траншей, пройденных по бокситовым породам, не имеют широкого распространения и проявляются в виде оползней, вывалов и осыпей.

Наиболее значительное оползание борта в бокситовых породах произошло на борту дренажной траншеи рудника 13 при угле откоса около 65° и глубине траншеи 16—17 *м*. Причиной оползня явилась потеря равновесия пород на склоне, чему значительно способствовала повышенная трещиноватость пород и нарушенность участка. Здесь бокситовая залежь нарушена ледником: прослеживается небольшая антиклинальная складка и отмечается повышенная трещиноватость бокситовых пород, особенно в шарнире складки. Деформации борта начались с образования на рабочей площадке почти вертикальной со слабым наклоном в сторону выработки трещины отпора (рис. 3) глубиной от 1 до 4,5 *м* и шириной до 4 *м*, которая прослежена вдоль борта на 50—60 *м* — в 18—20 *м* от бровки выработки. Оползание произошло по поверхности, верхней частью которой была трещина отпора. Она довольно быстро выположилась на откос выработки. Поверхность скольжения на откосе и борта оползня нечеткие, хотя стенка срыва в средней части четкая, достигающая высоты 0,25—0,4 *м*. Оползень стабилизировался быстро и в последующие два года на этом участке деформации не обнаружено.

Деформации внешних отвалов вскрышных пород, отсыпанных на борт карьера, встречаются на ряде рудников, но наиболее интенсивно проявляются на руднике 9. Часто они проявляются в виде оползней, иногда — в виде сплывов. Внешние отвалы обычно отсыпаются в форме двух-трех параллельно расположенных гряд вдоль борта. Такая форма благоприятна для скопления атмосферных осадков. Небольшие искусственные озерки, возникающие между грядами отвалов, служат источниками переувлажнения.

При неоднократном перелопачивании пород отвалов во время осенне-летних дождей, а также при их отсыпке на сильно заснеженные рабочие площадки отвалы обогащаются влагой. Кроме того, отсыпка пород на переувлажненный почвенно-растительный слой, а порой и на заболоченную поверхность способствует неравномерной осадке отвалов и выжиманию почвенных и болотных вод в тело отвалов. Все это вместе

взятое и обусловливает неустойчивое состояние отвалов, отсыпаемых преимущественно глинистыми породами.

Довольно часто на отвалах, представленных валунными суглинками и карбоновыми глинами, образуются многоступенчатые оползни. Наблюдается последовательное обрушение со срывом и вращением отдельных блоков. В дальнейшем создаются благоприятные условия для переувлажнения оползших блоков, глинистые породы «раскисают» и земляные массы сползают. На руднике 9 в течение суток было зафиксировано до трех ясно выраженных нарушений в пределах одного отвала с захватом пород по фронту на 80—100 *м* и ширине оползневого массива до 35—40 *м* (рис. 4).



Рис. 4. Оползень внешних отвалов восточного борта. На переднем плане скопление атмосферных осадков между грядами отвалов. Рудник 9

Деформации внешних отвалов приводят к заполнению бермы оползшими породами, а иногда, как на руднике 9, перекрывают борт и заполняют выработанное пространство. Все это ведет к усложнению организации горных работ, а иногда и к небольшим потерям полезного ископаемого.

Смешанные деформации, когда оползает борт карьера и внешние отвалы, являются наиболее опасными из всех нарушений на карьерах бокситовых месторождений. На руднике 9 этот вид деформаций отмечался на протяжении более 500 *м* вдоль западного борта карьера.

Нарушения устойчивого состояния нерабочего борта, обусловленные одной из указанных ранее причин, в той или иной форме обычно приводят к нарушению устойчивости отвалов вскрышных пород. Главной формой деформации в этом случае является сползание. Здесь нет фиксированной поверхности скольжения, секущей массив. Роль ее выполняет поверхность ненарушенных пород. Сползающие породы обычно представлены землистой массой в виде продуктов обрушения откосов борта и отвалов. В результате переувлажнения пород под действием дождевых вод, снеготаяния, а также за счет подземных вод, высачивающихся по бортам, сползающие толщи приобретают характер вязкого течения. Скорость сползания непостоянна и обусловлена формой поверхности сползания, глубиной карьера, высотой отвалов и состоянием пород.

Оценка устойчивости бортов карьеров и отвалов вскрышных пород. Мероприятия по борьбе с оползнями. Анализ оползневых явлений на бокситовых рудниках позволил выделить две основные группы факторов, которые определяют устойчивость горных пород в откосах горных выработок: 1) естественно-геологические условия карьерного поля; 2) горнотехнические условия вскрытия и отработки бокситовых залежей.

1. К естественно-геологическим условиям относятся: геологическое строение и литологический состав пород; гидрогеологические условия; нарушения в залегании пород; физико-механические свойства пород; рельеф и его изменение в процессе горных работ; климатические условия.

Как отмечено выше, в строении бортов существующих и проектируемых карьеров принимают участие четвертичные валунные суглинки

и комплекс песчано-глинистых пород и известняков каменноугольного возраста. Если валунные суглинки, слагающие верхнюю часть породной толщи в какой-то мере однородны по составу и свойствам, то подстилающие их каменноугольные отложения можно характеризовать как толщу переслаивания, представленную песками, песчаными, пластичными углистыми и пластичными глинами, известняками и значительно реже — песчаниками. На ряде месторождений песчаные породы преобладают, а глинистые разности играют подчиненную роль.

Почти всюду наблюдаются постепенные фациальные переходы одной разности пород в другую: пески постепенно переходят в пески глинистые, а затем в песчаные глины. Литологический состав пород сменяется не только по вертикальному разрезу борта, но и по простиранию. На некоторых месторождениях отдельные прослои и линзы песчаных и пластичных углистых разностей глин наклонены в сторону будущих карьеров, т. е. их напластование будет совпадать с возможными поверхностями скольжения оползневых массивов. Это обстоятельство с точки зрения поведения пород в откосах горных выработок может иметь важное значение. Как следует из опыта отработки рудника 9, такие участки отмечены наиболее активным проявлением оползневых явлений.

Таким образом, особенности геологического строения карьерных полей бокситовых месторождений — слоистое строение толщи вскрышных пород, смена литологического состава в поперечном и продольном направлениях, падение на отдельных участках глинистых слоев в сторону карьера — важные природные факторы, которые в той или иной мере определяют устойчивость бортов карьеров.

Опыт ведения горных работ показывает, что участки, слагаемые однородными породами, более устойчивы, чем участки с пестрым переслаиванием, особенно с двумя-тремя пластами углистых разностей пластичных глин, разделенных обводненными породами. Иными словами — элементы различной устойчивости пород уже занижены в неоднородном строении толщи вскрышных пород.

Гидрогеологические условия в пределах различных участков одного и того же карьерного поля обычно неодинаковы. Влияние подземных вод, выходящих на откос, на различные литологические разности песчано-глинистых пород также различно. Подземные воды четвертичных пород, приуроченные к песчаным линзам и гравийно-галечным отложениям толщи валунных суглунков, обычно слабо водообильны и их влияние сказывается только на переувлажнении вмещающих глинистых пород и снижении их сопротивления сдвигу. Иногда эти воды являются причиной образования сплывов, которые, широко не распространяясь, приводят к местному ослаблению борта.

Обводнение толщи вскрышных пород за счет михайловских известняков слоев a_6 и a_5, алексинских известняков слоя a_4 и песков обычно отмечается только в первые 2—3 месяца после вскрытия горными выработками [7]. В дальнейшем водопритоки из известняков резко снижаются, а в нижней части песчаного слоя отмечается небольшое высачивание. Поскольку водоносные породы этих двух горизонтов не имеют сплошного распространения, то их влияние на ослабление глинистых пород, особенно на переувлажнение пластичных углистых разностей глин, носит локальный характер. Тем не менее на ряде действующих карьеров оползни и сплывы образовывались при активном воздействии именно этих водоносных горизонтов на песчано-глинистую толщу карбона.

Как показал опыт отработки бокситовых месторождений, под действием подземных вод борта карьера ослабляются, но главным образом в местах интенсивного выхода или длительного высачивания подземных вод.

Хотя разведочными работами на месторождениях второй очереди отработки не зафиксировано нарушений в залегании пород, связанных с ледниковой деятельностью, тем не менее островное залегание михайловских, а иногда и веневских известняков, отсутствие вблизи карбонового глинта алексинско-михайловских отложений, а в ряде случаев и тульских надбокситовых глин — свидетельствуют о значительной эрозионной деятельности ледника. По аналогии с отрабатываемыми месторождениями это также наводит на предположение о наличии нарушений в толще песчано-глинистых пород карбона.

Изучение физико-механических свойств вскрышных пород показало, что типичные разности песчаных и глинистых пород несколько отличны друг от друга. Отмечается неоднородность свойств и отдельных разностей пород, которая особенно четко проявляется при частой смене и переходах от одних фациальных разностей пород к другим. Как отмечено выше, сопротивление сдвигу по контактам углистых разностей пластичных глин с надбокситовыми пластичными и песчаными глинами значительно ниже, чем сопротивление сдвигу по толще этих пород.

Характер рельефа местности, количество и интенсивность атмосферных осадков, а также особенности и свойства песчано-растительного слоя оказывают в ряде случаев решающее влияние на устойчивость отвалов вскрышных пород, а иногда и на устойчивость бортов карьеров, особенно при плохом регулировании поверхностного стока.

2. К горнотехническим факторам относятся: глубина карьера; угол откоса борта; число и высота уступов; углы откоса уступов; ширина берм, способ вскрытия и порядок отработки; подготовка рабочих площадок под отвалы; осушительные мероприятия.

При системе горных работ, принятой на рудниках, вскрышные работы опережают добычу на 1—2 года и более и, следовательно, нерабочие борта должны быть в устойчивом состоянии не менее 3—4, а иногда и 6—7 лет. При этих условиях подход к оценке устойчивости бортов будет иным. Известную роль будут играть факторы выветривания и размыв породы атмосферными осадками.

При проектировании углов откосов нерабочего борта, как правило, принимают средние условия, не дифференцируя участки по сложности — составу пород и высоте борта. Однако, как указано выше, поведение пород в откосах неодинакового литологического состава — различно. Так, песчаный борт высотой 30—35 *м* при углах откоса 35° обычно устойчив, а борт такой же высоты, но с переслаиванием песчаных и пластичных углистых разностей глин неустойчив. Необходимо, по-видимому, предварительное инженерно-геологическое районирование карьерных полей в зависимости от природной обстановки (естественно-геологических факторов) с учетом горнотехнических условий вскрытия и отработки. При этом участки должны выделяться более или менее крупные, сходные по условиям устойчивости. Для каждого из них необходимо принимать свою конфигурацию борта. При отработке участков, наиболее опасных с точки зрения развития оползней, следует в плане горных работ предусмотреть мероприятия, обеспечивающие устойчивость пород в горных выработках.

Толща вскрышных пород вынимается в настоящее время в 2—3 уступа. На правом уступе работают шагающие экскаваторы ЭШ-4/40 или ЭШ-6/60, переваливающие породу на борт во внешние отвалы. Высота первого уступа соответственно 10—12 или 18—23 *м*, конечный борт карьера на правом уступе заоткашивается под углом 28—30°. На втором и третьем уступах работают лопаты ЭКГ-4 с погрузкой породы на автомобильный или железнодорожный транспорт. Рабочие углы откоса второго и третьего уступов высотой 8—12 *м*, как правило, более 60—70, иногда 80°. При подходе к контуру карьера они специально не выполаживаются. В результате конечный борт карьера по породе

имеет выпуклую форму (рис. 5). Если принять угол откоса первого уступа $\alpha_1=30°$ при высоте уступа $H_1=14$ *м*, а углы откоса второго и третьего уступов α_2 и α_3, равными 50° при высоте уступов H_2 и H_3 по 8 *м*, то общий угол откоса породного борта α_0 при высоте борта $H_0=30$ *м* будет равен 40°.

Угол откоса нерабочего борта, сложенного глинистыми породами карбона и четвертичными валунными суглинками, при коэффициенте запаса 1,4, рассчитанный по методу ВНИМИ [9] для плоского откоса при высоте 30 *м* не превышает $\alpha=30°$. При угле в 40° коэффициент запаса будет несколько меньше 1. Таким образом, образование оползней на бортах карьеров связано с потерей равновесия пород.

При отсыпке отвалов на борт карьера большое значение имеет ширина бермы между внешним контуром карьера и отвалом. Как изве-

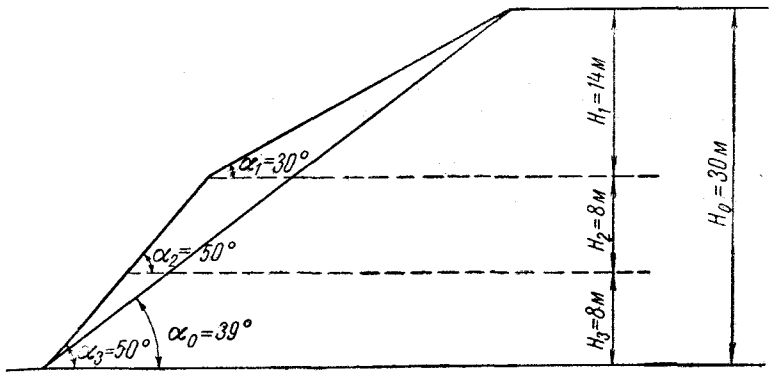


Рис. 5. Схема поперечного профиля борта при ведении вскрышных работ тремя уступами

стно, от ширины этой бермы зависит влияние веса отвалов на устойчивость борта. На действующих карьерах при глубине их до 42 *м* ширина бермы принята по проекту 15—20 *м*. Расчет ширины бермы и безопасного расстояния от центра базы экскаватора ЭШ-40/40 до верхней бровки карьера, выполненный по методу Г. Л. Фисенко и Н. В. Пашкевича [10] для борта высотой 45 *м* при угле отвалов 30°, дает берму шириной около 20 *м*. При этом центр базы — экскаватора должен находиться не ближе 11 *м* от верхней бровки карьера. Только в этом случае отвалы и экскаватор будут находиться вне пределов призмы обрушения.

Однако на практике ширина бермы в 20 *м* часто не выдерживается. Берму уменьшают до 10—12 *м*, а экскаватор часто работает на борту на расстоянии значительно меньшем безопасного расчетного. Отвалы и экскаватор, располагаясь в пределах призмы обрушения, оказывают влияние на устойчивость борта и в ряде случаев, несомненно, способствуют образованию оползней.

Устойчивость отвалов во многом определяется мероприятиями профилактического порядка: регуляцией поверхностного стока и подготовкой рабочих площадок в пределах отвальных площадей и мест работы шагающих экскаваторов.

На действующих карьерах отвальные площади по существу не готовятся, если не считать одной-двух опоясывающих нагорных канав. Почвенно-растительный слой даже в пределах площадок под шагающие экскаваторы крайне редко снимается, хотя такие площадки нередко заболочены и иногда содержат линзы торфа мощностью до 1—1,5 *м*. Скопление поверхностных вод за наружной границей отвалов привело

на руднике 9 к сильному переувлажнению отвалов, а в ряде мест при подтоплении — к раскисанию. В результате крайняя часть отвалов перестала играть роль призмы упора, и отвалы пришли в движение.

Наличие переувлажненного почвенно-растительного слоя, залегающего на валунных суглинках, при отсыпке отвалов приводит к выдавливанию почвенных и болотных вод в валунные суглинки и тело отвалов.

Осушение Тихвинских бокситовых месторождений в настоящее время проводится посредством передовых дренажных траншей в сочетании с открытым водоотливом из карьера [6, 7]. Опыт отработки обводненных месторождений, где толща вскрышных пород представлена преимущественно песчаными породами (рудник 11 и частично 13), показывает, что устойчивость откосов горных выработок в основном определяется степенью обводнения. В момент вскрытия песчаных пород, особенно на участках, где напор достигает 3—5 *м* под кровлей пласта, выработки заплывают. Откосы горных выработок даже при высоте уступа 5—6 *м* самовыполаживаются до 10—12° реже до 15—18°. Затем при постепенном снижении уровня подземных вод осушенная часть песчаной толщи становится устойчивой при углах откоса уступов до 25—30°, а спустя 3—3,5 месяца, когда высота уступа достигает 10—12 *м*, осушенные песчаные породы устойчивы при углах откоса до 45—50°. Нерабочий борт при глубине карьера до 35 *м*, представленный толщей переслаивающихся мелкозернистых песков и глинистых песков, заоткошенный под углом 30°, обычно устойчив. На участках, где высачивание подземных вод было длительным и непрерывным, борт карьера менее устойчив и при углах заложения 25—30° отмечались оползни суффозионного происхождения.

Любопытно, что при разведке таких месторождений всю толщу песчаных пород отнесли к типу плывунов и, соответственно, предлагали сложный комплекс мероприятий по разработке.

При наличии в толще вскрышных пород преимущественно глинистых разностей с прослоями водоносных песков и известняков дренажные траншеи, хотя и перехватывают основные массы воды на пути подхода к фронту горных работ, но не решают главной задачи — недопуска подземных вод к откосам бортов. В этих случаях, помимо дренажных траншей (в зависимости от конкретных гидрогеологических условий месторождений), необходимым условием обеспечения устойчивости будет хорошая организация предварительного осушения посредством водопонижающих и водопоглощающих скважин [6, 3]. Весьма перспективны горизонтальные скважины.

В условиях принятой системы вскрытия и отработки бокситовых залежей мероприятия по предупреждению оползней сводятся к следующему [4]: регулированию поверхностного стока; подготовке рабочих площадок в пределах отвальных площадей и мест работы шагающих экскаваторов; осушительным работам; некоторому выполаживанию бортов и устройству фильтрующих контр-банкетов; дифференцированному выбору угла наклона бортов в зависимости от состава пород, степени их обводненности и нарушенности; некоторому ограничению взрывных работ.

В ряде случаев, по-видимому, возможно искусственное закрепление глинистых грунтов. Однако оно должно быть обосновано предварительными опытными работами.

На Тихвинских бокситовых месторождениях мероприятия по борьбе с оползневыми явлениями могут принять несколько иное направление, если изменить порядок развития фронта работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вишняков С. Г. Литологический очерк Тихвинского района. Тр. Ленингр. геологич управл. Ч. I. 1940, вып. 21.
2. Гуменский Б. М. и Новожилов Г. Ф. Тиксотропия грунтов и ее учет при строительстве автомобильных дорог и мостов. Автотрансиздат, 1961.
3. Лехтимяки Э. В. Использование водопоглощающих скважин в целях осушения Тихвинских бокситовых месторождений. Известия вузов, «Геология и разведка», 1959, № 12.
4. Новожилов В. Н. Оползни на рудниках Тихвинского глиноземного завода. Сб. «Вопросы инженерной геологии Ленинградского экономического района». КБТИ, 1960.
5. Новожилов В. Н. Физико-механические свойства вскрышных пород Тихвинского месторождения бокситов. Записки ЛГИ, 1962, т. XLIV, вып. 2.
6. Новожилов В. Н. и Лехтимяки Э. В. О направлении осушительных мероприятий на месторождениях Тихвинского района. Записки ЛГИ, 1962, т. XLIV, вып. 2.
7. Сердюк К. Ф. и Снигирев А. Е. Опытная разработка Губского месторождения бокситов в обводненных породах. «Горный журнал», 1958, № 10.
8. Фисенко Г. Л. Устойчивость бортов угольных карьеров. Углетехиздат, 1956.
9. Фисенко Г. Л. и Пашкевич А. В. К вопросу определения ширины призмы возможного обрушения уступов карьеров. Сб. статей ВНИМИ, 1959, т. XXXIV.