МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА (ВНИМИ)
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНЫЙ
ИНСТИТУТ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УкрНИИпроект

РУКОВОДСТВО

ПО ДРЕНИРОВАНИЮ КАРЬЕРНЫХ ПОЛЕЙ

Раздел I

ВЛИЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НА УСЛОВИЯ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Раздел II

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ СПОСОБОВ И СХЕМ ОСУШЕНИЯ КАРЬЕРНЫХ ПОЛЕЙ

Ленинград 1968

gost.e-ecolog.ru

РУКОВОДСТВО

ПО ДРЕНИРОВАНИЮ КАРЬЕРНЫХ ПОЛЕЙ

Раздел I

ВЛИЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НА УСЛОВИЯ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Раздел II

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ СПОСОБОВ И СХЕМ ОСУШЕНИЯ КАРЬЕРНЫХ ПОЛЕЙ

Ленинград 1968

А Н Н О Т А Ц И Я

В "Руководстве", на основе анализа опыта осушения большого числа карьеров, рассмотрены вопросы о влиянии подземных и поверхностных вод на условия ведения открытых горных работ, в том числе - на устойчивость бортов карьеров, а также излагаются принципы выбора и обоснования оптимальных способов и схем осушения карьерных полей. "Руководство" предназначается для использования при проектировании, строительстве и эксплуатации карьеров, а также при разведке месторождений, намечаемых к открытой разработке.

В составлении "Руководства" принимали участие: от ВНИМИ - доктор геолого-минералогических наук Мироненко В.А., доктор технических наук Фисенко Г.Л., кандидат геолого-минералогических наук Норватов Ю.А., инженер Бокий Л.Л.; от института "УкрНИИпроект" - доктор геолого-минералогических наук Жернов И.Е. и кандидат геолого-минералогических наук Устинов С.А. Глава УII и § 2 гл. II разд. II написаны с участием инж. Невельштейна Ю.Г., а гл. У1 разд. II - при участии инж. Каменца Б.А.

ВВЕДЕНИЕ

Решение задачи развития минерально-сырьевой базы народного хозяйства СССР связано с дальнейшим увеличением роли открытого способа разработки месторождений полезных ископаемых. Значительная доля эксплуатируемых и намеченных к разработке месторождений характеризуется сложными гидрогеологическими условиями; достаточно упомянуть месторождения КМА, Соколовско-Сарбайской группы, Южно-Уральского и Канско-Ачинского угольных бассейнов, месторождения серы в Прикарпатье и др. Нормальные условия ведения открытых горных работ на месторождениях такого типа обычно могут быть гарантированы лишь при осуществлении широкого круга мероприятий по осушению карьерного поля. Поэтому специалисты-гидрогеологи, связанные с проектированием, строительством и эксплуатацией карьеров, сталкиваются с необходимостью решения ряда задач специальной (шахтной) гидрогеологии применительно к требованиям осушения открытых горных выработок; при этом первостепенное значение имеют следующие взаимосвязанные вопросы:

а) оценка влияния подземных и поверхностных вод на условия ведения открытых горных работ и, в первую очередь, – на устойчивость бортов карьеров;

б) выбор и обоснование рациональной схемы осушения карьерного поля в конкретных гидрогеологических, инженерно-геологических и горно-технических условиях;

в) фильтрационный расчет процесса осушения месторождения;

г) моделирование процесса осушения,

д) обоснование требований к гидрогеологической изученности месторождений.

Перечисленные вопросы занимают центральное место в проблеме осушения месторождений полезных ископаемых, разрабатываемых открытым способом; от правильного их решения зависит, в основном, технико-экономическая эффективность

дренажных работ на карьерах. Между тем, анализ опыта проектирования и эксплуатации карьеров показывает, что на одних карьерах имеют место многочисленные осложнения в ведении горных работ, вызванные природными водами, а на других- объем и стоимость дренажных работ необоснованно завышаются на десятки, а иногда и на сотни процентов.

В связи с этим в 1962 г. ВНИМИ были начаты исследования с целью составления специального методического пособия по дренажу карьерных полей. Основные результаты первого этапа этих исследований опубликованы в вышедших в 1965 г. работах "Осушение карьерных полей" и "Фильтрационные расчеты осушения карьерных полей".С 1964 года исследования вопросов осушения карьеров проводятся ВНИМИ совместно с УкрНИИпроектом по расширенной программе, они охватили месторождения КМА, Соколовско-Сарбайскую группу, Никопольский марганцево-рудный бассейн, Канско-Ачинский, Северо-Уральский, Днепровский, Подмосковный, Челябинский и Башкирский буроугольные бассейны, Уфалейские (никелевые), Роздольское (серное), Реттиховское, Ангренское, Харанорское и Тигнинское угольные, Бакчарское и Качарское железорудные, Зыряновское полиметаллическое, Завальевское графитовое, Боровичское месторождение огнеупорных глин и ряд других месторождений. Учтена практика осушения таких месторождений, как Тихвинские бокситовые, Высокогорское железорудное, Янтарненское и Калушское соляное, Сибайское, Гайское и Учалинское меднорудные и др. Наконец, принят во внимание богатый опыт водопонижения в гидротехническом строительстве, а также опыт осушения подземных горных выработок. Результатом проведенных исследований является настоящее "Руководство", отдельные разделы которого имеют целью осветить весь круг поставленных выше вопросов. "Руководство" распадается на следующие пять разделов:

раздел I - Влияние подземных и поверхностных вод на условия открытой разработки месторождений полезных ископаемых;

раздел II - Выбор и обоснование рациональных способов и схем осушения в различных гидрогеологических и

горно-технических условиях ;

раздел III - Фильтрационные расчеты осушения карьерных полей (намечено к изданию в 1968 г.);

раздел IУ - Моделирование процессов осушения карьерных полей (намечено к изданию в 1968 г.)

раздел У - Требования к гидрогеологической изученности месторождений полезных ископаемых при разведке, вскрытии и отработке карьерных полей (намечено к изданию в 1970 г.).

Предварительные редакции "Руководства" на разных стадиях рассматривались и обсуждались рядом научных, проектных и производственных организаций: "Гипрошахт", "Гипроруда", "Уралгипрошахт", "Союзшахтоосушение", МГУ, ВСЕГИНГЕО, ЛГИ, Соколовско-Сарбайский обогатительный комбинат, комбинат"КМАруда", Лаборатория гидрогеологических проблем, "Фундаментпроект", ЦНИИгоросушение. При обсуждении работы был сделан ряд замечаний, которые были учтены при подготовке "Руководства" к печати.

Авторы приносят свою благодарность за полезные советы и замечения В.М.Шестакову, В.Д.Бабушкину, С.В.Троянскому, Н.Н.Маслову, Н.И.Плотникову, Д.Ф.Борисову, Е.Е. Керкису, О.Б.Скиргелло,Ю.Г.Невельштейну, Л.В.Крупкину и И.П.Твердохлебову. Возможные дополнительные пожелания и замечания по настоящей работе будут приняты авторами с вниманием и признательностью.

РАЗДЕЛ 1

ВЛИЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НА УСЛОВИЯ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Практика строительства и эксплуатации карьеров показывает, что подземные и поверхностные воды часто вызывают существенные осложнения при открытой разработке месторождений полезных ископаемых. Влияние природных вод проявляется в деформациях бортов, откосов уступов и отвалов, в снижении производительности горно-транспортного оборудования, а также в снижении качества и полноты выемки полезного ископаемого.

ГЛАВА 1

ВЛИЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НА УСТОЙЧИВОСТЬ БОРТОВ, ОТКОСОВ УСТУПОВ И ОТВАЛОВ

Влияние подземных и поверхностых вод на устойчивость откосов проявляется в изменении напряженного состояния пород, в фильтрационных деформациях, в процессах выщелачивания и растворения горных пород, а также в изменении их механических свойств.

§ 1. Влияние подземных и поверхностных вод на развитие оползневых деформаций за счет изменения напряженного состояния пород

Одной из главных причин оползневых деформаций обводненных откосов является изменение напряженного состоя-

ния пород под воздействием гидростатических, гидродинамических и капиллярных сил, а также вследствие увеличения объемного веса пород в зоне аэрации при увлажнении.

А. Значение гидростатического взвешивания

1. Горные породы, залегающие ниже уровня подземных вод, испытывают воздействие сил гидростатического взвешивания. Объемный вес пород с учетом взвешивания ($\gamma_п$) выражается формулой:

$$\gamma_п = (\Delta - \Delta_0)(1-n), \qquad (1,1)$$

где: Δ, Δ_0 – соответственно, удельный вес породы и воды,
n – пористость.

Влияние сил взвешивания сводится, в конечном счете, к уменьшению сил трения вдоль потенциальной "поверхности скольжения", поэтому оно проявляется наиболее существенно в породах с большим углом внутреннего трения.

2. В результате действия гидростатических сил откос, находящийся до подтопления в состоянии, близком к предельному равновесию, становится неустойчивым и деформируется. Такова, например, природа многих оползней, наблюдающихся при затоплении отработанных карьеров, при заполнении водохранилищ и т.п. Наихудшие условия отмечаются при подтоплении откоса примерно на 0,2–0,3 его высоты /10/.

Отметим, что после обрушения и оползания песчаных подтопленных откосов масса нарушенных песков осаждается в подводных условиях под пологим углом (порядка 10–15°), гораздо меньшим, чем предельно допустимый угол подтопленного откоса в ненарушенных песках. Такая же картина имеет место при намыве песков под воду. Это обстоятельство необходимо учитывать при проектировании параметров отвалов, отсыпаемых в воду.

3. Наряду с подтопленными откосами, действие гидростатических сил ярко проявляется в бортах карьеров, в основании которых находятся недренируемые напорные водо-

носные горизонты [x], оказывающие подчас решающее влияние на устойчивость, особенно при наклонном залегании слоев. Таков же механизм влияния не вскрытых карьером водоносных линз и прослоев, выклинивающихся вблизи откоса.

4. Действием сил гидростатического взвешивания (в сочетании с набуханием - см.§ 4) обусловлены также оползни уступов, которые возникают на многих карьерах при пригрузке участков высачивания подземных вод глинистым материалом, образующимся за счет осыпания или оплывания вышележащих пород: пригрузка постепенно приводит к подпору фильтрующихся к откосу вод и к увеличению гидростатических сил.

5. Влияние гидростатического взвешивания на устойчивость бортов иногда следует принимать во внимание и для карьеров, вскрывающих твердые трещиноватые породы: в этих условиях в прибортовой зоне, за экранирующими слоями, могут сохраняться высокие напоры, способствующие оползневым деформациям откоса. Ввиду того, что порозность скальных пород обычно невелика, поступление в них дождевых и талых вод приводит к значительному повышению уровня подземных вод и, соответственно, к росту гидростатического давления на стенки трещин. Именно поэтому многие оползни естественных склонов в скальных породах происходят в периоды интенсивного выпадения осадков.

6. Гидростатическое давление является одной из причин оползней отвалов, возникающих в период интенсивных дождей. В этом случае атмосферные осадки могут существенно увеличить мощность зоны полного водонасыщения в нижней части отвала. Аналогичное влияние оказывают на устойчивость отвалов, "прислоненных" к нерабочему борту, подземные воды, поступающие в карьер. Наконец, гидростатические силы должны обязательно приниматься во внимание при оценке устойчивости дамб гидроотвалов.

---

x) В этом случае обычно существенную роль играет также и гидродинамическое давление (см.ниже,пункт "Б").

Б. Значение гидродинамических сил

1. Фильтрующаяся вода, встречая сопротивление породы, оказывает на нее гидродинамическое давление. Это давление направлено вдоль линий тока и является объемной силой, удельная (на единицу объема) величина которой определяется формулой:

$$D_0 = \gamma_0 J, \qquad (1,2)$$

где J - градиент напора, и γ_0 - объемный вес воды.

При больших перепадах напоров сила D_0 может достигать значительных величин, снижая коэффициент запаса устойчивости откоса на десятки процентов. Оползневые деформации, вызванные действием гидродинамического давления, неоднократно наблюдались как на естественных склонах, так и на различных земляных сооружениях (дамбы, плотины и т.п.). Наиболее часто деформации здесь возникают при быстром спаде уровня (в условиях подтопленного откоса), так как в этом случае градиенты напора значительно возрастают. Конечно, гидродинамические силы оказывают отрицательный эффект на устойчивость при фильтрации в сторону откоса; в противном случае (фильтрация вглубь массива) они, наоборот, могут способствовать повышению степени устойчивости.

2. Роль гидродинамического давления в изменении напряженного состояния особенно существенна для глинистых пород, где градиенты могут измеряться значительными величинами. Так, при наличии в подошве карьера напорных недренируемых горизонтов восходящая (в сторону выработанного пространства) фильтрация через относительно "водоупорные" слои приводит к уменьшению "эффективных" напряжений на скелет глинистых пород; с учетом гидродинамических сил, эти напряжения могут определяться по формуле (рис.1):

$$\sigma_{AA} = \left[\gamma_{\text{п}}(m-y) + \gamma_{\text{отв.}} m_1\right]\cos\alpha - \gamma_0 (m-y)\frac{H_0 - H_6}{m}, \qquad (1,3)$$

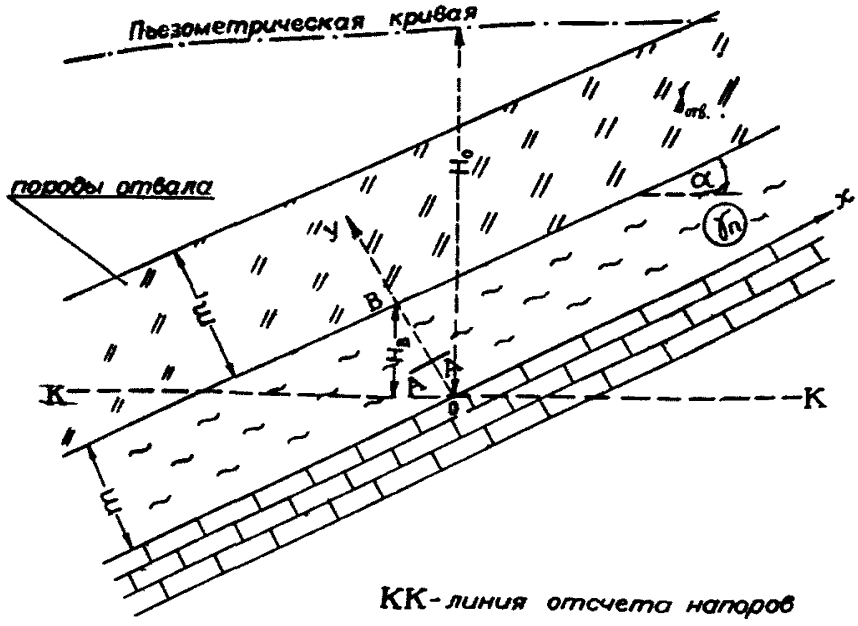


Рис. 1. Схема к определению "эффективных напряжений.

где $\gamma_{отв}$ – объемный вес пород в отвалах, $\gamma_{п}$ – объемный вес глинистых пород, с учетом взвешивания, и σ_{AA} – "эффективное" нормальное напряжение по площадке А-А.

Снижение эффективных напряжений, приводящее к уменьшению сил трения и падению прочности пород (§ 4), является одной из причин возникновения оползней пород лежачего бока на многих карьерах (например, карьеры Северо-Уральских буроугольных месторождений).

Отсюда, в частности, следует необходимость детального изучения водоносных горизонтов, залегающих ниже пласта полезного ископаемого, которым изыскатели в период разведки месторождения часто не уделяют достаточного внимания.

3. Гидродинамическое давление (наряду с гидростатическими силами) может проявляться также на отдельных участках откосов уступов, сложенных глинисты-

ми породами после возникновения на бермах скоплений атмосферных или технических вод. Фильтрация из этих скоплений вызывает переход воды в глинах из капиллярно-натяженного состояния в гравитационное, в результате чего условия устойчивости откоса на этом участке резко ухудшаются.

В. О целесообразности снижения гидростатических и гидродинамических сил посредством дренажных работ

1. Гидростатическое взвешивание и гидродинамическое давление, как силовые факторы, оказывают существенное воздействие на устойчивость бортов и уступов при условии, что значительная часть "призмы возможного оползания" находится ниже депрессионной (пьезометрической) кривой или же при больших перепадах напоров в прибортовой зоне. Поэтому особенно важно учитывать эти силы в следующих случаях:

а) в условиях частично подтопленного откоса, например, при работе плавучих земснарядов или при затоплении отработанных карьеров;

б) при разработке карьера вблизи реки или открытого водоема [x], если расстояние до реки сопоставимо с глубиной залегания горизонта;

в) в откосах гидроотвалов;

г) при наличии в прибортовой зоне несдренированных напорных вод;

д) при вскрышной толще, представленной, в основном, слабофильтрующими глинистыми песками или песчаными глинами, при отсутствии хорошо фильтрующих прослоев: наличие таких прослоев приводит к появлению вертикальной нисходящей фильтрации в глинистых слоях и к заметному снижению отрицательного влияния гидро-

---

x) Имеется в виду, что слагающие ложе реки или водоема породы достаточно проницаемы, так что под ними образуется зона "сплошной" фильтрации.

статических и гидродинамических сил;

е) при наличии скоплений воды на площадках уступов;

ж) при подпоре фильтрующихся вод на участках высачивания глинистым материалом, образующимся при осыпании и оплывании вышележащих пород.

2. Роль дренажа, как способа борьбы с отрицательным влиянием гидростатических и гидродинамических сил на устойчивость откосов будет в перечисленных случаях различной. В случае "а" дренаж не может оказать заметного воздействия на общую устойчивость борта [x]. В случаях "б", "в" и "г" снижение уровней (напоров) вблизи откоса может существенно повысить устойчивость. В случае "д" заметный эффект могут дать лишь специальные средства дренажа, так как водоносные породы с трудом отдают воду. В случае "е" основное значение имеет организация внутрикарьерного стока, а в случае "ж" - предотвращение возможности пригрузки промежутков высачивания глинистым материалом.

3. Часто встречаются такие условия, когда вокруг карьера образуется пологая депрессионная воронка, так что взвешиванию относительно "поверхности скольжения" подвергается лишь небольшая часть пород прибортовой зоны, а градиенты напора невелики. В таких условиях роль гидростатических и гидродинамических сил обычно незначительна - коэффициент устойчивости (по сравнению с этим коэффициентом для осушенного борта) снижается всего на 3-5%. Еще меньше оказывается разница в степени устойчивости откосов в условиях заградительного дренажа и в условиях открытого водоотлива /10/.

---

x) Если в процессе затопления отработанного карьера восстановление напоров в прибортовой зоне значительно опережает подъем уровня воды в карьере, то дренаж может оказаться достаточно эффективным

Г. Расчет устойчивости откосов при наличии гидростатических и гидродинамических сил

1. Расчет ведется в следующей последовательности (рис.2).

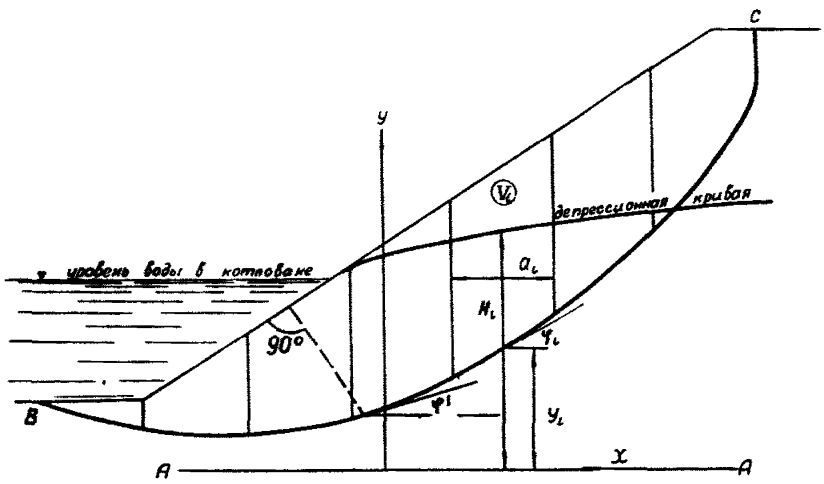


Рис. 2. Схема к расчету устойчивости обводненного откоса.

а. Определяется положение "наиболее опасной поверхности скольжения" необводненного откоса; методы отыскания ее описаны в работе /9/.

б. Определяется положение депрессионной кривой и линий равных напоров, для чего используются аналитические и графические приемы или моделирование на приборе ЭГДА. Отсчет напоров может вестись от произвольной горизонтальной плоскости (АА). Если в откосе ожидается возникновение порового давления, которое можно заранее рассчитать (п.Д), то оно учитывается путем увеличения напоров в данной точке на величину водного столба соответствующей высоты.

в. Участок, заключенный между линией откоса и "поверхностью скольжения", разбивается на отдельные блоки (рис.2). Фиктивная сила, учитывающая совокупное влияние гидростатического и гидродинамического давлений, определяется из выражения /10/:

$$\Phi_i = \gamma_0 (H_i - y_i) \frac{a_i}{\cos \varphi_i}, \qquad (1,4)$$

где H_i - средний напор вдоль поверхности скольжения в пределах блока, y_i - средняя ордината кривой скольжения в пределах блока (отсчитывается от А-А), a_i - ширина блока. γ_0 - объемный вес воды, φ_i - угол наклона касательной к "поверхности скольжения". Сила Φ_i направлена нормально к "поверхности скольжения" и приложена в средней точке ее в пределах блока.

Если часть расчетной "поверхности скольжения" проходит внутри мощного слоя плотных жирных глин, не передающих гидростатического давления, то сила Φ_i в пределах соответствующих блоков может приниматься равной 0. Однако, для этого необходимо удостовериться в том, что в глинах отсутствует трещиноватость и что вся вода в них представлена лишь молекулярно связанными разностями (полная влагоемкость равна максимальной молекулярной влагоемкости) /1/.

г. Коэффициент запаса устойчивости откоса определяется по формуле:

$$n = \frac{\sum_{i=1}^{p} [(P_i \cos \varphi_i - \Phi_i) \operatorname{tg} \rho_i + K_i L_i}{\sum_{i=1}^{p} P_i \sin \varphi_i}, \qquad (1,5)$$

где P_i - вес блока пород вместе с заключенной в них водой, (объемный вес водонасыщенных пород $\gamma_{нас} = \Delta (1 - n) + \Delta_0 n$), ρ_i - угол трения, K_i - коэффициент сцепления, L_i - длина участка "поверхности скольжения" в пределах блока и p - число блоков.

В случае подтопленного откоса формула принимает вид:

$$n=\frac{\sum_{i=1}^{p}\left[P_i\cos\varphi_i+P_{\delta,i}\frac{\cos(\alpha-\varphi_i')}{\cos\alpha}-\Phi_i\right]\operatorname{tg}\rho_i+\sum_{i=1}^{p}K_iL_i}{\sum_{i=1}^{p}\left[P_i\sin\varphi_i-P_{\delta,i}\frac{\sin(\alpha-\varphi_i')}{\cos\alpha}\right]}\,, \qquad (1,5а)$$

где: α – угол откоса; угол φ_i' показан на рис. 2;
$P_{\delta,i}$ – вес "свободной" (находящейся выше поверхности откоса) воды в пределах блока.

д. Для повышения точности расчета положение наиболее опасной "поверхности скольжения" уточняется путем подбора.

Примеры расчета приведены в приложении № 1.

Аналогично рассчитывается устойчивость откоса и в случае напорных водоносных горизонтов, а также при наклонном залегании слоев x).

2. Из выражения (1,4) следует, что для учета гидростатических и гидродинамических сил достаточно знать распределение напоров вдоль "поверхности скольжения". Рассмотрим с этой точки зрения три основных случая, наиболее интересных для расчета устойчивости неоднородных (слоистых) откосов (рис.3).

а. Слой песчаных глин залегает между двумя слоями с относительно большей проницаемостью. Распределение напоров в слое песчаных глин может приближенно считаться линейным – от H_1 – по кровле пласта, до H_3 (или до 0) – по подошве пласта. Такое предположение дает заметную ошибку в определении напоров в слое II лишь в точках, удаленных от откоса на расстояние, меньшее мощности слоя m_2 .

б. Слой песчаных глин подстилается слоем жирных глин с относительно меньшей проницаемостью. С достаточной степенью точности можно считать, что фильтрация в

---

x) Методы расчета устойчивости откосов подробно изложены в работе /9/.

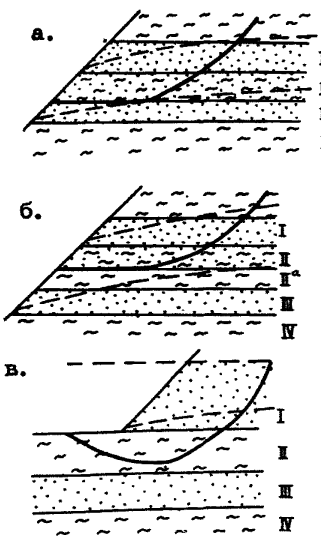


Рис. 3.

слое II идет в горизонтальном направлении, и определять напоры в слое II по депрессионной кривой слоя 1. Что же касается слоя жирных глин (IIа), то в нем напоры определяются аналогично п."а".

в. Наличие напорного горизонта в подошве карьера приводит к образованию восходящего потока в слое II по направлению, близкому к нормали к напластованию. Изменение величины напора в пределах слоя II описывается линейным законом – от $H_з$ – по подошве слоя, до H_1 – по его кровле.

Д. Роль порового давления

1. Своеобразным проявлением гидростатических и гидродинамических сил является поровое давление, возникающее при дополнительном уплотнении водонасыщенных пород глинистого состава, а также и неводонасыщенных – при переходе породы из трехфазного состояния (вода + свободный газ + минеральный скелет) в двухфазное (вода + минеральный скелет) [x].

2. Ввиду того, что на контактах глинистого слоя с более проницаемыми породами гидростатическое давление остается неизменным, возникновение порового давления вызывает фильтрацию от срединных зон глинистого слоя, где поровое давление максимально, к краевым зонам. Это приводит к постепенному уменьшению порового давления; при

x) Такое представление является в известной мере условным, так как на самом деле поровое давление возникает уже в трехфазной среде – при сжатии газообразных компонентов, которые в процессе дальнейшего нарастания нагрузки растворяются в поровой воде.

этом общее сопротивление сдвигу возрастает как за счет роста эффективных напряжений, так и за счет уплотнения пород. Следовательно, влияние порового давления на устойчивость откоса будет максимальным в первые моменты после приложения дополнительной нагрузки, когда эффективные напряжения минимальны.

3. Одной из причин возникновения порового давления в глинистых породах является снижение уровня подземных вод в процессе дренирования месторождения: такое снижение ΔH приводит к уменьшению сил гидростатического взвешивания на величину $\Delta P = \gamma_0 \Delta H$ и к соответствующему росту нагрузки на глинистый пласт от веса вышележащих пород.

4. Поровое давление является одной из главных причин оползневых деформаций земляных - насыпных и намывных - гидротехнических сооружений. В бортах карьеров при отсутствии дополнительных нагрузок поровое давление возникает редко, так как напряжения в пределах призмы возможного оползания, вследствие выемки грунта, как правило, меньше природных. Исключения из этого правила обычно отмечаются лишь для весьма глубоких карьеров (200-400 м), на которых "призма возможного оползания" захватывает борт на большую глубину. В этом случае в пределы "призмы возможного оползания" попадают глинистые породы, претерпевающие дополнительное уплотнение при уменьшении гидростатического взвешивания за счет дренирующего эффекта карьера и водопонизительной системы; соответствующая схема сил отражена на рис.4.

5. Поровое давление возникает также в тех случаях, когда на какой-либо участок глинистого пласта действуют дополнительные внешние нагрузки. Такие условия характерны, например, для глинистых пород лежачего бока, пригружаемых внутренними отвалами.

6. Поровое давление часто возникает в откосах отвалов - при переходе пород отвалов из трехфазной среды в двухфазную.

7. Влияние порового давления на устойчивость откосов можно приближенно учесть соответствующим изменением

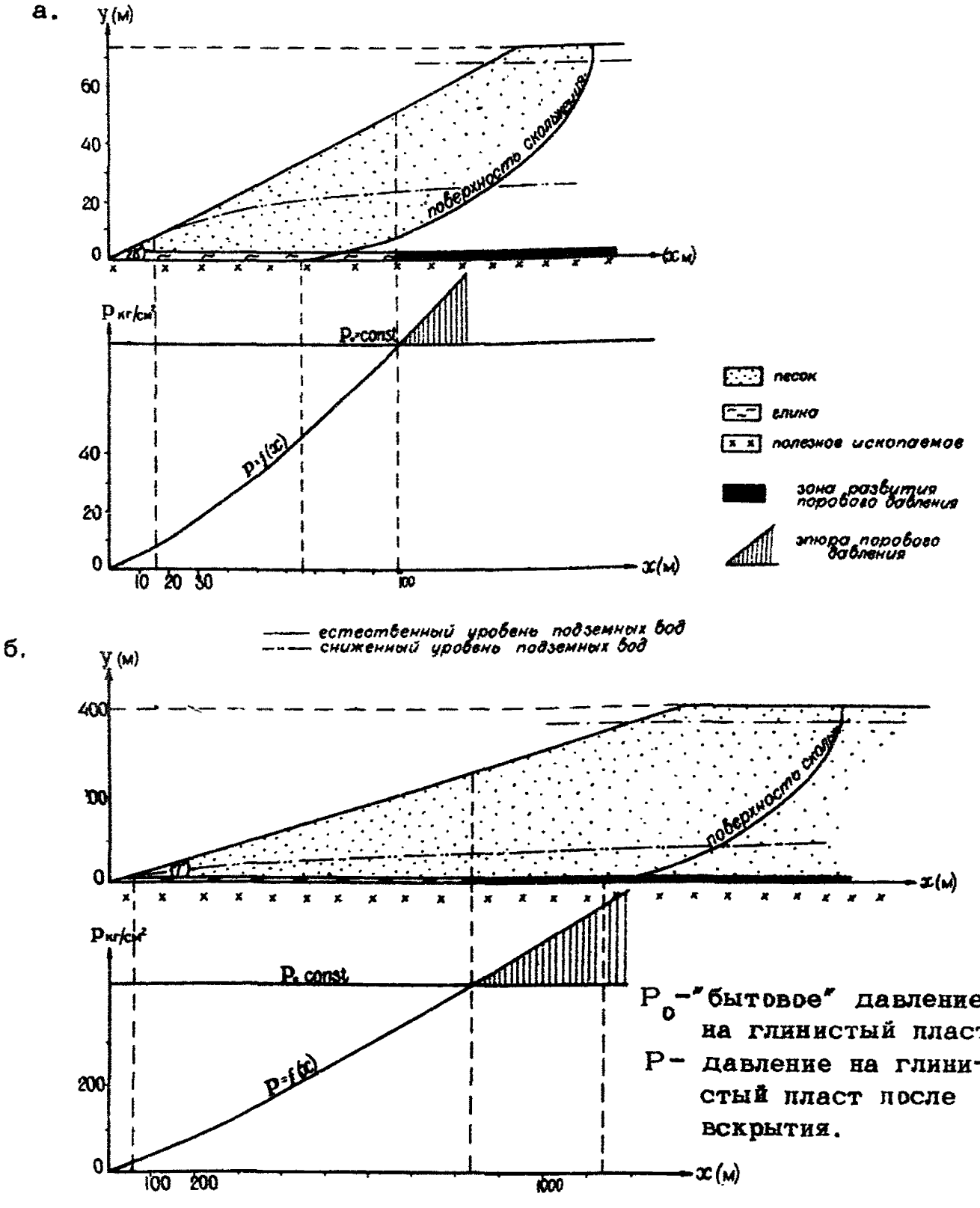


Рис. 4. Эпюры распределения давлений на глинистый пласт:

а – при малой глубине карьера,
б – при большой глубине карьера.

расчетных характеристик сопротивления сдвигу – на основании проведения испытаний в стабилометре по закрытой системе или, менее точно – испытаний на одноплоскостных приборах по схеме " быстрого сдвига" /11/. В последнем случае рабочая коробка срезного прибора должна иметь, по возможности, большее сечение (для пород отвалов – до 500-700 $см^2$). Схема нагружения образцов должна соответствовать природной.

При наличии достаточно ясного представления о строении откоса, когда четко выделяются отдельные разности пород, величина порового давления на отдельные моменты времени может быть заранее рассчитана в соответствии с уравнением теории консолидации /1/. Для плотных жирных глин в этих расчетах должен обязательно приниматься во внимание начальный градиент фильтрации. Фактическое распределение порового давления в массиве горных пород или в отвалах может контролироваться наблюдениями по специальным датчикам.

8. Скорость "рассеивания" порового давления, при прочих равных условиях, тем меньше, чем меньше фильтрационная способность пород. Поэтому для отвалов глинистых пород иногда целесообразно осуществлять дренажные мероприятия, направленные на увеличение скорости фильтрации воды (устройство песчаных подушек в основании отвалов). Однако, дренаж не может рассматриваться как эффективное средство для снижения порового давления в бортах карьеров, так как глинистые породы практически не осушаются обычными средствами дренажа.

Е. Роль капиллярных сил

1. В пределах капиллярной каймы на водосодержащие породы, кроме сил веса, оказывают дополнительное действие объемные силы капиллярного натяжения. В каждой точке капиллярной каймы это действие измеряется величиной:

$$F_{кап} = \gamma_0 (h_к - Z), \qquad (1,6)$$

где: $h_к - Z$ – превышение верхней границы капиллярной каймы над рассматриваемой точкой;

$h_к$ – высота капиллярного поднятия.

Для точек массива, расположенных ниже уровня грунтовых вод, действие капиллярных сил можно учесть, прибавляя к силам веса величину $\gamma_0 h_к$

2. Капиллярные силы оказывают заметное (положительное) влияние на устойчивость откосов небольшой высоты, когда величина $h_к$ соизмерима с высотой откоса. Это относится, прежде всего, к откосам уступов, сложенных глинистыми породами, в которых высота капиллярного поднятия может измеряться несколькими метрами.

Обычно капиллярные силы несколько повышают степень устойчивости откоса. Однако на это обстоятельство не следует ориентироваться при определении допустимых параметров уступов карьера, так как под действием вод (атмосферных, технических и т.п.), стекающих по поверхности откоса, вода в глинистых породах легко переходит из капиллярно-натяженного состояния в нормальное.

3. Капиллярные силы обычно следует учитывать лишь при производстве обратных расчетов устойчивости фактических откосов небольшой высоты.

Ж. Увеличение объемного веса пород при увлажнении

Если породы залегают выше уровня грунтовых вод, то дополнительное поступление воды извне (например, за счет атмосферных осадков) приводит к возрастанию их объемного веса. В большинстве случаев это вызывает относительное увеличение сдвигающих сил и уменьшение степени устойчивости откоса. Увеличение объемного веса пород при дополнительном поступлении в них атмосферных вод является, например, одной из причин оползней откосов отвалов, а также оползней-оплывин (§ 2, п. Г). Для ограничения влияния этого фактора основное значение имеет организация поверхностного и внутрикарьерного стока. Необходимо учитывать,

что при увлажнении глинистых пород увеличение объемного веса играет подчиненную роль; большее влияние оказывают другие факторы: уменьшение сопротивления сдвигу (§ 4), исчезновение капиллярных сил, гидростатические и гидродинамические силы.

§ 2. Фильтрационные деформации и поверхностная эрозия откосов

Деформации, вызванные процессами механического выноса и сноса частиц горных пород под действием подземных (фильтрующихся) вод, называются фильтрационными. Сюда относятся механическая суффозия, выпор, фильтрационный вынос вдоль трещин, "разжижение" [x], оплывание и деформации сложного типа. Фильтрационные деформации обычно носят локальный характер, но при неблагоприятных условиях они могут, постепенно прогрессируя, привести к нарушению устойчивости борта в целом. Эффективными средствами ограничения подобных деформаций являются заградительный дренаж или пригрузка фильтрующей части откоса дренажным материалом.

А. Механическая суффозия

При фильтрации воды через массив горных пород из последнего, под влиянием гидродинамических сил, может происходить вынос мелких частиц (механическая суффозия).

1. Согласно исследованиям В.С.Истоминой /3/, суффозионные явления наблюдаются в песчаных породах с коэффициентами неоднородности $\eta > 15$–20. Построенный В.С.Истоминой опытный график (рис.5) зависимости между коэффициентами неоднородности и критическими (с точки зрения

---

x) "Разжижение" отнесено к данному разделу, до некоторой степени, условно.

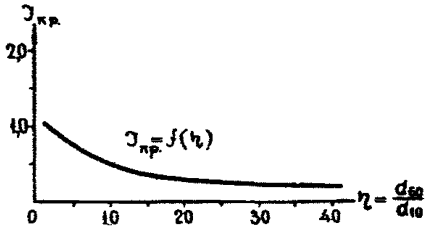


Рис. 5. График зависимости $J_{кр}=f(\eta)$

возникновения прогрессирующего выноса) градиентами $J_{кр.}$ показывает, что при величинах $\eta <$ 15–20 разрушение пород в результате суффозионных явлений возникает лишь при градиентах порядка нескольких десятых. Столь значительные градиенты фильтрации в песчаных породах в практике эксплуатации карьеров встречаются крайне редко и лишь на ограниченных участках, где они вызывают местный выпор (п.Б).

2. Оценку возможности снижения прочности в результате суффозии следует проводить лишь для несвязных пород с коэффициентами неоднородности $\eta > 15$–20. Для этого вычисляются ожидаемые градиенты потока в прибортовой зоне; в простейших случаях их можно определить, исходя из аналитических решений, а в более сложных случаях следует пользоваться моделированием. Полученные градиенты сравниваются с критическими величинами, которые можно определить путем эксперимента или приближенно – по графику В.С.Истоминой; суффозионное разрушение пород возможно лишь на тех участках, где $J \geqslant J_{кр}$. Как правило, даже в неоднородных песках суффозия может развиваться (в существенных для снижения прочности масштабах) лишь в ограниченных зонах (обычно не более 1–2м), вблизи промежутка высачивания подземных вод. К этому следует добавить, что ограниченный вынос мелких частиц, который может иметь место и при малых градиентах, не приводит к ощутимому снижению прочности.

3. В связных породах, благодаря наличию сцепления, суффозионные явления не получают существенного развития /3 /.

4. В целом, суффозионное разрушение можно охарактеризовать как весьма редкий тип фильтрационных деформаций на карьерах.

Б. Фильтрационный выпор

Фильтрационный выпор - разрушение породы под влиянием гидродинамических сил, при котором приходят в движение все слагающие породу фракции.

1. Для затопленного откоса критерий возникновения выпора определяется формулой:

$$\operatorname{tg}\alpha \approx (1-J)\operatorname{tg}\rho, \qquad (1.7)$$

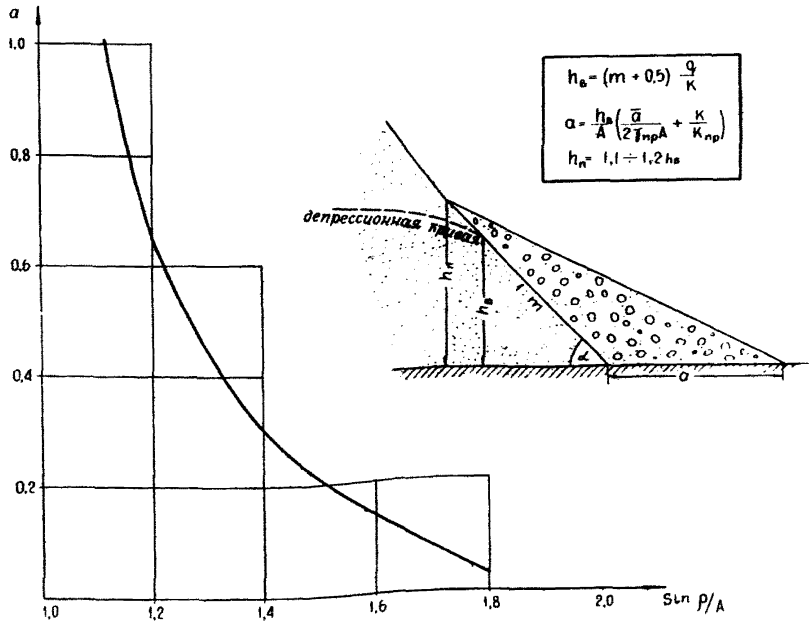
где ρ - угол трения, α - угол откоса, устойчивого на выпор, и J - градиент высачивания, определяемый на модели ЭГДА или по специальным графикам /13/.

Обычно градиенты оказываются значительными по величине в небольшой зоне подтопленного откоса, прилегающей к линии уреза воды (мощностью порядка высоты промежутка высачивания). В этой зоне имеет место локальный выпор, в результате которого угол подводного откоса уменьшается на небольшом участке; деформации носят местный характер и в подавляющем большинстве случаев не вызывают каких-либо осложнений в ходе горных работ.

Однако возможность выпора следует учитывать при расчете пропускной способности открытых дренажных траншей и канав, ибо именно выпором определяется устойчивый профиль их подводного откоса.

2. В условиях незатопленного откоса, в пределах промежутка высачивания, подобные деформации не наблюдаются, так как здесь решающее значение приобретает уменьшение угла откоса за счет оплывания (п.Г). Поэтому проверку песчаных незатопленных откосов на выпор (при отсутствии фильтрующей пригрузки) обычно можно не делать. Если же откос пригружается дренажной призмой, то толщина ее, обеспечивающая устойчивость откоса, может быть найдена с помощью графика, представленного на рис.6.

3. Особым видом выпора являются деформации, вызванные прорывом напорных вод через "водоупорные" слои. В результате прорыва некоторый объем водоносных (несвязных) пород подвергается выпору и приходит в движение,



q – расход, притекающий к откосу,

$K, K_{пр}$ – коэффициенты фильтрации грунта и материала пригрузки,

$\gamma_{пр}$ – объемный вес материала пригрузки,

ρ – угол трения грунта,

$$A = \sin\alpha\left(1 - \frac{K}{K_{пр}}\cos\alpha\right)$$

Примечания:

1) Для величины a рекомендуется коэффициент запаса $\eta = 1{,}2 \div 1{,}4$

2) Для откосов на проницаемом основании величина a дополнительно увеличивается на 15%.

Рис. 6. Схема для определения параметров пригрузочной призмы.

что, в свою очередь, вызывает подводное оплывание пород в некоторой соседней зоне (рис.7).

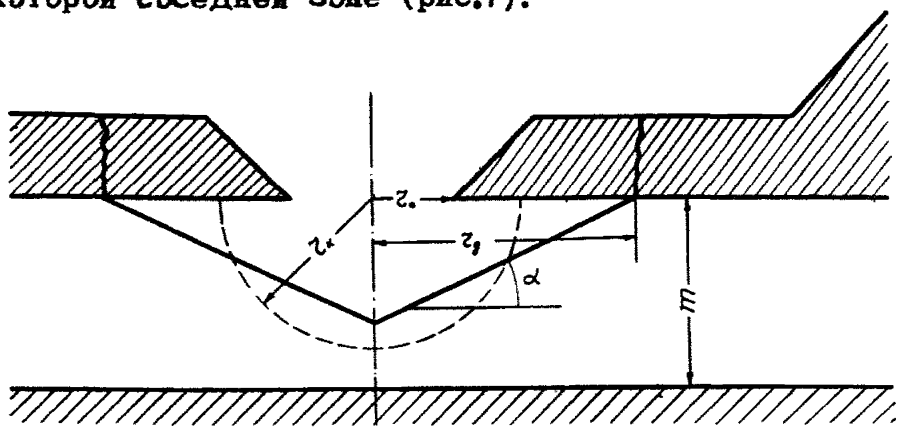


Рис. 7. Схема к расчету размеров деформированной зоны

Условие отсутствия прорыва в подошве карьера выражается формулой:

$$H = \frac{\gamma}{\gamma_0} m \cos\beta + \frac{\tau_{cp} mp}{\gamma_0 F} \qquad (1,8)$$

где H - напор, P - периметр вскрытого участка, F - его площадь, m - мощность водоупорного слоя, β - угол падения слоя, τ_{cp} - среднее сопротивление породы сдвигу, γ и γ_0 - соответственно, объемный вес породы и воды.

Если расчетный участок подошвы пригружается внутренними отвалами, то в формуле (1.8) должен дополнительно учитываться вес отвалов, противодействующий прорыву.

Прорыв напорных вод в подошве карьера обычно не должен вызывать опасений с точки зрения устойчивости его бортов.

4. Существенное влияние на устойчивость отдельных уступов могут оказывать прорывы напорных вод из водоносных линз и слоев, выклинивающихся вблизи поверхности откоса. Для оценки опасности прорыва в этом случае необходимо провести расчеты устойчивости откоса (с учетом гидростатических и гидродинамических сил) вдоль нескольких "поверхностей скольжения", которые проходят по водоупор-

ным породам, отделяющим водоносный комплекс от выработанного пространства; наиболее опасная "поверхность скольжения" определяется подбором. Отметим, что в результате такого прорыва и последующего оплывания водоносных песчаных пород оползневые деформации могут захватить значительные объемы вышележащих глинистых пород (п.Г).

5. Деформации типа выпора могут иметь существенное значение и для фильтрующих пород, обладающих сцеплением, типа песчаных глин и глинистых песков, в которых эти деформации развиваются параллельно с процессами набухания-разупрочнения (§ 4). Расчет угла откоса, устойчивого на выпор, в таких случаях должен производиться подбором по круглоцилиндрическим "поверхностям скольжения", в соответствии с методами, изложенными в § 1, с использованием графиков сопротивления сдвигу, учитывающих набухание (§ 4). Для такого расчета необходимо иметь сетку движения грунтовых вод вблизи откоса, построенную на приборе ЭГДА. В приближенных расчетах можно (с запасом) считать, что напоры отвечают отметкам поверхности откоса, а линии тока параллельны поверхностям напластования. Расчеты откосов связных пород на выпор следует производить при выборе углов откосов нерабочих уступов, сложенных обводненными песчаными глинами и глинистыми песками.

В. "Разжижение"

Песчаные породы, характеризующиеся невысокой плотностью, под влиянием дополнительных нагрузок склонны к резким внезапным нарушениям структуры ("разжижение"), с тенденцией к уменьшению пористости и последующему переходу в более плотное состояние.

1. Такие процессы чаще всего отмечаются под влиянием динамических нагрузок в рыхлых несвязных породах (особенно пылеватых) с достаточно высокой пористостью: в них развивается большое гидродинамическое давление,

которое резко уменьшает силы трения между частицами грунта; при этом "эффективный" угол трения оказывается близким к нулю, т.е. грунт становится подобным жидкости и растекается. Деформации типа "разжижения" наблюдались, например, при строительстве ряда гидротехнических и портовых сооружений.

2. Исследованиями Н.Н.Маслова / 5 / установлено, что "разжижение" песков наступает лишь после того, как ускорение колебаний породы достигает некоторой критической величины, определяемой опытным путем. На рис. 8 показан график критических ускорений, полученный Н.Н. Масловым. Сравнивая ускорения, ожидаемые в момент взрыва x), с критическими, можно оценить степень опасности "разжижения".

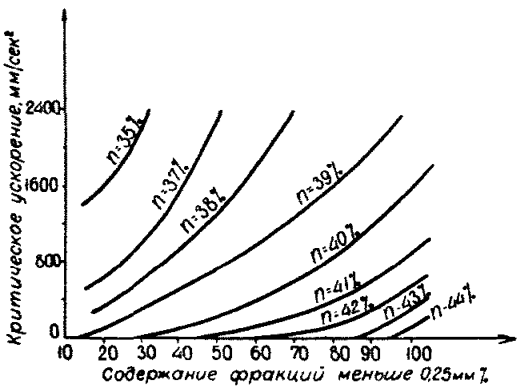


Рис. 8. Зависимость критического ускорения $\alpha_{кр}$ от механического состава и пористости песков (n)

3. В условиях карьеров "разжижение" может иметь место, очевидно, лишь в редких случаях, так как пески естественного сложения чаще всего являются достаточно плотными; возможность "разжижения" обычно следует учитывать лишь для отвалов водонасыщенных несвязных пылеватых грунтов с достаточно высокой пористостью (более 42-43%) и для гидроотвалов, попадающих в зону влияния взрывных работ.

Г. Оплывание и некоторые деформации сложного типа

Под оплыванием понимается перенос и переотложение

---

x) Ожидаемые ускорения определяются по известным формулам динамики взрыва (см.,например, Медведев С.В. "Сейсмика горных взрывов", "Недра", М., 1964).

грунтовых частиц подземными водами, вытекающими на откос в пределах промежутка высачивания.

1. Процесс оплывания развивается наиболее широко в песчаных породах. Именно оплывание песков на рабочем борту часто вызывает основные трудности при работе вскрышного оборудования. При этом зона оплывающего песка может иногда захватить весьма широкую полосу и привести к нарушению общей устойчивости борта. Меньшее значение оплывание имеет на подтопленных откосах, так как в этом случае большая часть воды фильтруется через подводную зону откоса.

2. Оценка характера оплывания откоса в простейших случаях (рис.9а) может быть проведена с помощью методики В.М.Шестакова (приложение № 2), которая дает достаточно надежные результаты для несцементированных средне- и мелкозернистых песков /12/. Для неоднородных песков (коэффициент неоднородности $\eta > 15$–20) расчет дает завышенные величины языков оплывания, так как он не учитывает явления естественной "отмостки", возникающей за счет постепенного накопления в пределах зоны оплывания крупнозернистого материала.

3. Если пески обладают сцеплением и угол откоса превышает 35–40°, то оплывание вызывает обрушение песчаного уступа и тем самым – увеличение массы оплывающего песка, в результате чего величины языков оплывания оказываются значительно больше расчетных. Отсюда следует, что для уменьшения языков оплывания в этом случае целесообразно, по возможности, уменьшать высоту фильтрующего уступа.

4. Процесс оплывания песков идет относительно равномерно лишь в том случае, когда перед откосом имеется площадка для размещения оплывающих масс песка. Если водоупор "подрезан", так что поверхность его кровли пересекает линию откоса в точке, лежащей выше основания уступа (рис.9–б), то оплывание характеризуется резко выраженной неравномерностью и приводит к деформациям более сложного типа: процесс локализуется на отдельных участках, где он протекает весьма интенсивно (образуются промоины, а при устойчивых сводах – в песках, обладаю-

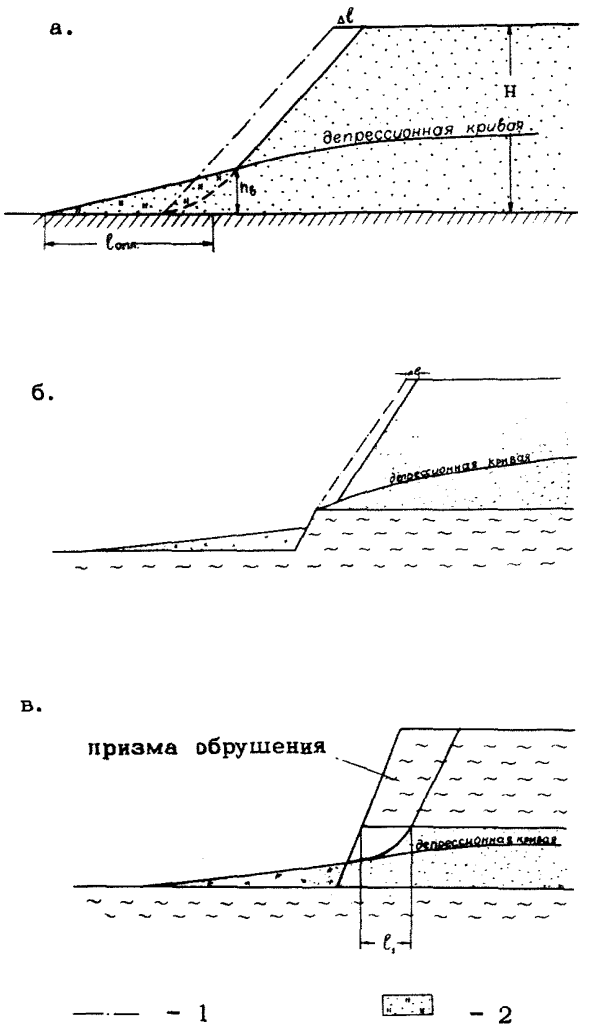


Рис. 9. Схемы оплывающего откоса

1- первоначальное положение откоса,
2- оплывший песок.

щих сцеплением - пещеры), в то время как на остальной части откоса этот процесс выражен сравнительно слабо. В таких случаях какие-либо расчеты неприменимы и следует ориентироваться на данные наблюдений, а для проектируемых карьеров - принимать решения по аналогии. При проектировании следует, по возможности, стремиться к тому, чтобы отметка почвы слоя фильтрующих пород, подверженных фильтрационным деформациям, совпадала с отметкой одной из запроектированных берм; в противном случае осуществление мероприятий по борьбе с деформациями значительно осложняется ввиду отсутствия площадки для размещения дренажной призмы.

Неравномерное оплывание отмечается также во всех случаях, когда вследствие волнистости водоупора имеет место концентрация фильтрующихся вод на отдельных участках откоса.

5. В связных породах оплывание имеет гораздо меньшее значение и обычно может не учитываться. Однако, оплывание может явиться косвенной причиной деформации глинистых пород, перекрывающих оплывающие пески; в этом случае оплывание песков приводит к образованию в глинах "козырьков нависания" (рис.9-в), так что глинистый откос, ввиду изменения напряженного состояния пород, обрушается. Обрушившаяся масса глин скапливается в пределах промежутка высачивания, насыщается водой, теряет сцепление и оплывает до образования очень пологого откоса (4-6°).

6. По своему характеру близки к оплыванию деформации значительных масс грунтов - главным образом несвязных пылеватых - при достижении ими текучей консистенции (оползни-оплывины). Наиболее характерны также деформации для скоплений оползневых масс на откосах бортов карьеров, а также для старых отвалов; таковы, например, оползни-оплывины отвалов Янтарненского карьера.

Д. Фильтрационный вынос вдоль трещин

Фильтрационный размыв и вынос частиц вдоль трещин может развиваться в слабосцементированных породах, обладающих естественной трещиноватостью.

1. Рассматриваемый процесс носит эрозионный характер, напоминая до некоторой степени размыв русла открытым потоком; при определенных условиях он может привести к образованию подземных пустот и провальных воронок.

2. Ввиду большой сложности данного процесса математическая интерпретация его затруднена; наиболее надежные количественные критерии могут быть получены в результате практических наблюдений за фильтрующими откосами.

3. Чем положе угол откоса, тем быстрее вырабатывается профиль эрозионного равновесия (рис.10) и тем быстрее затухает процесс выноса. Так, наблюдения, проведенные на Лебединском карьере КМА, показали, что на тех участках борта, где угол наклона не превышал 20-25°, вынос частиц вдоль трещин в сцементированных разностях песков быстро прекращался, так что нарушений на этих участках не наблюдалось. Наоборот, при крутых углах вынос быстро прогрессировал, в процесс вовлекались все новые массы песка и, в конечном счете, образовались подземные пустоты, сопровождавшиеся провальными воронками на поверхности /10/. Поэтому при проектировании горных работ на месторождениях, в разрезе которых имеются породы, склонные к фильтрационному выносу вдоль трещин, необходимо стремиться к тому, чтобы поверхность кровли подстилающего водоупорного слоя совпадала с одной из площадок уступов (см.также п.Г).

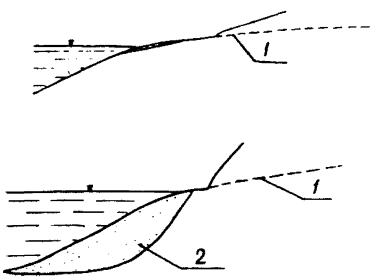


Рис. 10. Схема образования конусов выноса при различных углах наклона подводного откоса.
1-депрессионная кривая,
2-конус выноса при крутом откосе.

4. В целом, этот вид деформаций встречается редко и может получить заметное развитие лишь в слабосцементированных (сцепление меньше 0,2-0,3 кг/см^2) песчаниках на неглинистом цементе. Ввиду того, что разведочными работами обнаружить трещиноватость в таких породах под-

час затруднительно, необходимо осуществлять ее изучение в процессе вскрытия месторождения.

5. Под влиянием фильтрационных сил может происходить также вынос рыхлого заполнителя из трещин в полускальных породах. Обычно этот процесс протекает в ограниченных масштабах и не оказывает какого-либо влияния на устойчивость откосов, что подтверждается наблюдениями на большом числе карьеров и гидротехнических сооружений. Однако вынос заполнителя из карстовых полостей больших размеров (после их вскрытия карьером) оказывает отрицательное влияние на условия работы оборудования, а иногда и на местную устойчивость отдельных уступов.

Е. Поверхностная эрозия откосов и "растекание"

1. Поверхностной эрозии подвержены, главным образом, песчано-глинистые породы, слагающие борта карьеров и отвалы. Эрозия развивается под действием достаточно долговременных потоков, образовавшихся за счет атмосферных или технических вод, а также подземных вод, вытекающих в карьер x); в этом случае поверхностная эрозия нередко приводит к существенным деформациям (типа промоин) отдельных уступов.

Особенно опасные деформации возникают при переливе вод из пруда-отстойника через кромку дамбы гидроотвала, так как в этом случае небольшой размыв очень быстро может привести к катастрофическому прорыву.

Поверхностная эрозия может также способствовать ускорению и интенсификации некоторых оползневых явлений. Так, при циклических оползаниях уступов глинистых пород стекающие по откосу воды смывают оползающие массы,тем самым устраняя пригрузку откоса и облегчая возникновение нового цикла оползания. При наличии сосредоточенных потоков (например, потоки по водосборным канавам) эрозионное

---

x) Для затопленных карьеров некоторое значение может иметь береговой подмыв склона.

воздействие поверхностных вод следует учитывать путем назначения уклонов, не превышающих критических величин (см. Приложение № 3).

Для борьбы с эрозией основное значение имеет организация внутрикарьерного стока.

2. При попадании обрушающихся и оползающих масс пород песчаного, супесчаного и суглинистого составов в скопления воды, возникающие на площадках уступов и в подошве карьера, происходит их постепенное растекание до очень пологого (несколько градусов) угла. Этот процесс приводит к возникновению накоплений, внешне похожих на языки оплывания; такие накопления могут вызвать ощутимые осложнения в работе горно-транспортного оборудования (заиление транспортных берм и экскаваторных забоев). Для их предотвращения необходимо осуществлять планировку площадок уступов и организовывать сток воды.

§ 3. Растворение и выщелачивание пород в период строительства и эксплуатации карьеров

1. Процессы растворения пород под влиянием подземных вод наиболее характерны для карбонатных толщ (карстообразование). Эти процессы происходят медленно и поэтому ожидать интенсивного развития их непосредственно при отработке месторождений нет оснований, что подтверждается опытом работы большого числа гидротехнических сооружений и карьеров. Однако наличие естественных открытых карстовых полостей накладывает отпечаток на характер горных работ, так как при вскрытии этих полостей возможны значительные водопритоки или вынос рыхлого заполнителя (§ 2 п.Д).

2. Особым случаем является соляной карст, который может служить причиной деформаций бортов карьеров, так как процесс растворения происходит быстро-вследствие роста градиентов фильтрации и опреснения воды после вскрытия соляных отложений. Такие явления имели место, например, на Калушском соляном карьере, где в результате растворения солей образовались многочисленные воронки, нередко - на зна-

чительном (до 150–200 м) удаления от откоса.

Поэтому при наличии в разрезе соляных пород необходимо предусмотреть мероприятия по борьбе с карстообразованием, направленные на устранение циркуляции воды по таким породам (например, водонепроницаемые барражи).

3. В породах, обладающих так называемым "сцеплением упрочнения", природные воды могут вызывать выщелачивание цементирующих соединений. Наиболее характерны такие процессы для загипсованных, карбонатизированных и засоленных пород (лессовидных суглинков, мергельных глин и т.п.), приуроченных к зоне аэрации, когда они испытывают дополнительное увлажнение – например, за счет технических вод. Так, растворение цементирующих соединений служит одной из причин деформаций в лессовых породах (просадки). Эти деформации носят локальный характер и, как показывает опыт эксплуатации многих карьеров, не оказывают обычно существенного влияния на устойчивость уступов карьера. Однако следует, по возможности, устранять источники дополнительного увлажнения таких пород, ввиду того, что выщелачивание может способствовать некоторому изменению их прочности и возникновению оползней верхних уступов.

Так как при строительстве карьеров скорости фильтрации подземных вод резко возрастают и, кроме того, в ряде случаев воды заметно опресняются за счет подпитки из поверхностных водоемов, то выщелачивание цементирующих соединений возможно в породах, обладающих "сцеплением упрочнения", и при их залегании ниже уровня грунтовых вод. Однако, имеющиеся данные испытаний образцов пород, взятых непосредственно из откосов бортов карьеров, позволяют предполагать, что этот процесс обычно не вызывает заметного снижения прочности пород.

§ 4. Изменение механических свойств горных пород под влиянием подземных и поверхностных вод

А. Скальные и полускальные породы

1. Влияние подземных и поверхностных вод на механические свойства скальных и полускальных пород (не склон-

ных к набуханию или выщелачиванию) проявляется, в основном, в процессах химического и физического выветривания. В период строительства и эксплуатации карьера эти процессы практически влияют на устойчивость пород в откосах лишь на участках нерабочего борта, где они приводят, в основном, к осыпям, потере устойчивости отдельных глыб пород и вывалам. Мероприятия по борьбе с этими явлениями сводятся к оборке уступов.

Процессы выветривания связаны, главным образом, с деятельностью вод, стекающих по поверхности откосов: дождевых, талых, а также поверхностных вод, при отсутствии организованного их отвода. Поэтому существенное значение для ограничения этих процессов имеет организация внутрикарьерного стока.

2. Под действием воды может происходить ослабление глинистых пород, заполняющих трещины в скальном массиве. В частности, дополнительное поступление дождевых и талых вод в трещины приводит, наряду с увеличением гидростатического давления, к разуплотнению глинистого заполнителя, в связи с чем могут возникать оползни и обрушения откосов скальных пород.

Б. Рыхлые несвязные породы.

1. Чистые песчано-гравелистые отложения практически не меняют своих характеристик сопротивления сдвигу под воздействием воды. Отметим, в частности, что уменьшение сил внутреннего трения в песках при наличии восходящих потоков (так называемые "псевдоплывуны") связано не с изменением свойств песков, а с изменением их напряженного состояния за счет гидродинамических сил. Поэтому следует крайне осторожно относиться к утверждениям о "плывунной" природе тех или иных пород, столь часто встречающимся в отчетах разведочных организаций, которые склонны относить к "плывунам" широкий круг пород, начиная от чистых мелко- и среднезернистых песков и кончая плотными песчаными глинами. При этом часто единственным основанием для такого рода выводов служит появление "пробки" разжиженных пород

в скважинах, которое на самом деле вызвано гидростатическим и гидродинамическим давлением подземных вод.

Очевидно, в условиях открытых горных работ свойства "истинных плывунов" могут проявлять лишь некоторые пылеватые пески и супеси в откосах откалов и гидроотвалов.

2. В глинистых песках наличие воды обычно способствует уменьшению сопротивления сдвигу, о чем можно судить, проводя испытания на сдвиг при различной плотности-влажности. Поэтому осушение глинистых песков может несколько увеличить их прочность. Однако дренирование в подобных случаях является обычно весьма затруднительным, так как породы плохо отдают воду.

В. Глинистые породы

1. Влияние подземных и поверхностных вод на прочность водонасыщенных глинистых пород, вскрываемых карьером, проявляется, в основном, в процессе их набухания, в результате которого пористость породы возрастает, а прочность падает. В глинах, обладающих сцеплением упрочнения, этот процесс развивается лишь при условии, что сила набухания превышает прочность жестких структурных связей, обусловленных цементирующими соединениями.

2. Как показывают компрессионные испытания, заметное набухание возникает чаще всего лишь при разгрузке глин до достаточно малого напряжения, называемого "силой эффективного набухания". Поэтому оно протекает наиболее интенсивно на участках пласта, расположенных недалеко от поверхности откоса. В приповерхностной зоне глины, особенно песчаные, нередко почти полностью теряют сцепление и под действием гидродинамических сил (§ 2 п.Б) оказываются неустойчивым в откосах (при достаточно больших углах). Поэтому некоторая масса глинистых пород оползает, нагрузка на обнажившиеся участки, вследствие оползания, уменьшается, набухание этого участка соответственно усиливается, и через некоторое время оползает новый объем пород. Процесс идет циклически, причем, несмотря на малость объема, участвующего

в одном цикле (обычно захватывается полоса шириной от нескольких десятков сантиметров до 1-2 метров), в конечном счете в процесс вовлекаются значительные массы горных пород. Оползшие массы, скапливаясь на откосе, продолжают насыщаться водой и через некоторое время могут снова придти в движение (оползни-оплывины - § 2 п. Г). Развитие этих деформаций требует обычно достаточно длительного времени (как правило, не менее нескольких недель или месяцев), поэтому нередко, при нормальной скорости продвижения фронта работ, их воздействие на условия работы горного оборудования является незначительным.

3. На контактах глинистого пласта с водоносными породами набухание проявляется обычно более интенсивно, чем во внутренних его зонах. Одна из причин указанного явления заключается в том, что во многих случаях (особенно в плотных глинах, обладающих сцеплением упрочнения) контактная зона глинистого пласта нарушена многочисленными микротрещинами, вдоль которых идет поступление воды в породу.

4. Уменьшение давления на глинистый пласт, приводящее к набуханию, может быть связано не только непосредственно с выемкой вышележащих пород, но и с другими факторами. Например, эффективное давление может уменьшаться под действием гидродинамических сил, возникающих при восходящей фильтрации через глины. Под влиянием гидродинамического давления происходит увеличение пористости глинистых пород, причем набухание обычно максимально в нижней части слоя (см.формулу 1.3). Поэтому основание глинистого "водоупора" зачастую оказывается в мягкопластичном или даже в текучем состоянии, так что устойчивость откоса существенно снижается. Такие явления отмечаются, например, в аргиллитах, подстилающих угольный пласт, на Веселовском карьере Северо-Уральского угольного бассейна.

5. Для оценки степени снижения прочности глин при набухании предварительно проводятся испытания на сдвиг глинистых образцов, выдержанных под водой при различных нормальных напряжениях. По результатам испытаний строится график сопротивления сдвигу, который в даль-

нейшем используется при расчете устойчивости откоса. Полезный материал для изучения набухания дают также наблюдения на карьерах /6/, особенно для учета скорости набухания, которую в лабораторных условиях можно оценить лишь сугубо ориентировочно.

6. Набухание наиболее важно учитывать при расчете устойчивости отдельных уступов, когда "поверхность скольжения" проходит на небольшой глубине; однако, для глин с большой "силой эффективного набухания" (более 2-3 кг/см^2) оно может существенно влиять на устойчивость борта в целом.

7. Набухающие породы обычно настолько слабо отдают воду, что практически их можно считать недренируемыми. Некоторый эффект в этом отношении может дать лишь применение специальных средств дренажа (вакуумирование, электроосмос, частая - через 0,5-1,0 м - сетка мелких скважин и т.п.) в песчаных глинах; однако, в настоящее время использование их экономически невыгодно.

Гораздо более эффективно можно бороться с набуханием, осушая контактирующие с глинами водоносные породы. Поэтому дренаж, в тех случаях, когда он полностью устраняет возможность дополнительного увлажнения глинистых пород, оказывается наиболее эффективным средством улучшения (сохранения) прочностных свойств этих пород. Сюда относятся два основных случая:

а) глинистые породы залегают в подошве водоносного горизонта, причем падение слоев направлено в сторону от откоса;

б) глинистые породы залегают в кровле (напорного) водоносного горизонта.

В первом случае, благодаря обратному уклону "водоупора" нередко появляется возможность полностью удалить воду с кровли глинистого пласта и тем самым - предотвратить набухание, вызываемое уменьшением давления на пласт при выемке вышележащих пород.

Во втором случае дренаж напорного горизонта уменьшает гидродинамические силы, развивающиеся в глинистом плас-

те при восходящей фильтрации через него, и тем самым увеличивает "эффективное" давление на глинистый пласт.

Совершенно иные условия имеют место в тех случаях, когда залегание слоев - горизонтальное или когда падение слоев направлено в сторону карьера; здесь дренажные работы обычно не могут существенно улучшить прочностные свойства глинистых пород. Это объясняется тем, что "полное" осушение водоносных пород в условиях горизонтального залегания не может быть достигнуто: оставшееся в водоносном слое количество воды, ничтожное с точки зрения водопритоков, оказывается достаточным для того, чтобы набухание нижележащих глин проявилось в полной мере. При наклонном залегании такое же влияние оказывает даже слабое инфильтрационное питание водоносного горизонта.

Таким образом, к оценке роли дренажа в улучшении прочностных свойств глинистых пород следует подходить дифференцированно: в одних случаях улучшение может быть весьма существенным, в других же - совершенно неощутимым. Это не исключает, однако, необходимости устранения свободного стекания высачивающихся вод по откосам глинистых пород. Отрицательное воздействие этих вод на устойчивость откосов обусловлено интенсификацией процессов набухания и процессов эрозии; кроме того, при хорошей организации водоотвода за счет процессов аэрации улучшаются условия устойчивости пород в зоне, непосредственно примыкающей к поверхности откоса (в полосе шириной в несколько метров).

8. Борьба с набуханием песчаных глин, в которых "сила эффективного набухания" не превосходит 0,5-1,0 кг/см^2, может вестись путем пригрузки откоса слоем песка, щебня или крупноглыбового материала, мощность которого обеспечивала бы напряжения в глинах, превышающие "силу эффективного набухания". Для жирных глин такая пригрузка обычно нецелесообразна, так как потребовалась бы очень большая мощность ее.

9. В глинистых породах, залегающих выше уровня подземных вод или слагающих отвалы, дополнительное увлажнение почти всегда приводит к ухудшению прочностных свойств

(набухание, растворение цементирующих соединений, устранение капиллярного натяжения и т.д.). Поэтому следует, по возможности, не допускать дополнительного поступления вод, - главным образом, атмосферных и технических, - в такие породы. По тем же соображениям желательно сократить поступление атмосферных вод в отвалы глинистых пород.

Сводка факторов, подлежащих учету при оценке влияния подземных и поверхностных вод на устойчивость откосов

1. При оценке общей устойчивости борта:

а) гидростатическое и гидродинамическое давление (§ 1 п.Г);

б) для неглубоких карьеров (до 30-40 м) - возможность набухания - разупрочнения (§ 4, п.В);

в) для глубоких карьеров (более 200 м) - возможность возникновения порового давления (§ 1, п.Д);

г) при наличии напорных вод в лежачем боку - возможность набухания (§ 4, п.В);

д) при наличии в разрезе соляных пород - возможность растворения (§ 3).

2. При оценке устойчивости нерабочих уступов:

а) гидростатическое и гидродинамическое давление (§ 1, п.Г);

б) для песчаных пород - возможность оплывания и деформаций сложного типа (§ 2, п.Г), в редких случаях - возможность суффозионного разрушения (§ 2, п.А) или фильтрационного размыва и выноса вдоль трещин (§ 2, п.Д);

в) для песчаных откосов, пригруженных дренажным материалом, - возможность выпора (§ 2, п.Б);

г) при наличии вблизи откоса уступа невскрытых водоносных (напорных) линз, слоев и т.п. - возможность прорыва напорных вод (§ 2, п.Б);

д) для глинистых пород: возможность набухания (§ 4, п.В) в сочетании с выпором - для слабофильтрующих пород (§ 2, п.Б);

е) при наличии в основании или в средней части уступа оплывающих песков – возможность "подработки" и обрушения вышележащих пород (§ 2, п.Г);

ж) для уступов, пригружаемых отвалами , – возможность возникновения порового давления (§ 1, п.Д);

з) для пород зоны аэрации, обладающих "сцеплением упрочнения", – возможность выщелачивания при поступлении атмосферных и технических вод (§ 3);

и) для соляных пород – возможность растворения (§ 3);

к) поверхностная эрозия и "растекание" (§ 2, п.Е).

3. При оценке местной устойчивости песчаных откосов рабочих уступов:

а) оплывание и деформации сложного типа (§ 2, п.Г);

б) поверхностная эрозия водами, стекающими по откосам, и "растекание" (§ 2, п.Е);

в) для слабосцементированных песчаников на неглинистых цементах – возможность фильтрационного выноса вдоль трещин (§ 2, п.Д);

4. При оценке устойчивости фильтрующих откосов рабочих уступов в глинистых песках и песчаных глинах:

а) набухание (§ 4, п.В) в сочетании с выпором (§ 2, п.Б) и оплыванием (§ 2, п.Г);

б) поверхностная эрозия водами, стекающими по откосу (§ 2, п.Е);

в) при наличии в уступе прослоев оплывающих пород – возможность "подработки" и сплыва вышележащих глин (§ 2, п.Г).

5. При оценке устойчивости откосов уступов скальных и полускальных (не склонных к набуханию или выщелачиванию) пород:

а) физическое и химическое выветривание в результате деятельности вод, стекающих по откосам (§ 4, п.А);

б) в закарстованных породах при больших размерах карстовых полостей – вынос рыхлого заполнителя (§ 4, п.А).

6. При оценке устойчивости откосов уступов соляных пород – возможность растворения (§ 3).

7. При оценке устойчивости подошвы откоса – возможность прорыва напорных вод через "водоупорные" слои (§ 2, п.Б)

8. При оценке устойчивости отвалов песчано-глинистых пород, а также некоторых других пород с высокой естественной влажностью (например, мела):

а) возможность появления порового давления (§ 1, п.Д);

б) снижение прочности при дополнительном увлажнении (§ 4, п.п. Б,В.);

в) увеличение объемного веса при дополнительном увлажнении (§ 1, п.Ж);

г) при возможности обильного насыщения атмосферными водами или при боковом питании подземными водами для прислоненных внутренних отвалов) – гидростатическое и гидродинамическое давление (§ 1, п.Г), а для отвалов песчаных пород – и оплывание (§ 2, п.Г);

д) для отвалов пылеватых грунтов, при возможности обильного поступления воды в отвал – возможность оползней – оплывин (§ 2, п.Г), а при ожидаемых значительных динамических нагрузках – возможность "разжижения" (§ 2, п.В);

9. При оценке устойчивости глинистого основания отвалов:

а) возможность проявления избыточного порового давления (§ 4, п.В);

б) при наличии под глинистым слоем напорных вод – гидростатические и гидродинамические силы (§ 1, п.Г), а также возможность прорыва (§ 2, п.Б).

10. При оценке устойчивости откосов гидроотвалов:

а) возможность появления порового давления (§ 1, п. Д);

б) гидростатическое и гидродинамическое давление (§ 1, п.Г);

в) возможность оплывания (§ 2, п.Г), а при больших динамических нагрузках – возможность "разжижения" (§ 2, п.В);

г) поверхностная эрозия (§ 2, п.Е).

Замечание: При оценке устойчивости фактических откосов небольшой высоты необходимо принимать во внимание капиллярные силы (§ 1, п.Е).

ГЛАВА II

ВЛИЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НА КАЧЕСТВО ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО И НА ТЕХНОЛОГИЮ ГОРНЫХ РАБОТ

§ 1. Влияние подземных и поверхностных вод на качественную характеристику полезного ископаемого

1. Обводненность полезного ископаемого нередко имеет большое значение при качественной характеристике его. Известно, например, что уменьшение влажности бурого угля на 1% сокращает затраты при брикетировании углей на 5–6%.

2. При открытой разработке месторождений влажность добываемого полезного ископаемого очень часто оказывается выше природной. Это объясняется либо тем, что в результате выемки вышележащих пород полезное ископаемое претерпевает набухание, либо же тем, что оно в процессе экскавации или под влиянием буро-взрывных работ частично разрыхляется и впитывает дополнительную влагу. Поэтому зависимость влажности полезного ископаемого от процесса набухания должна изучаться уже в период детальной развед-

ки месторождения – по образцам естественного сложения.

Источником увеличения влажности могут служить подземные воды, приуроченные к пласту полезного ископаемого или к граничащим с ним слоям, атмосферные осадки, технические воды, а также воды, стекающие с вышележащих уступов.

3. Во многих случаях эффективными средствами удаления влаги из полезного ископаемого или предотвращения дополнительного его увлажнения являются дренаж пласта полезного ископаемого и граничащих с ним водоносных пород, а также организация внутрикарьерного стока.

4. Вопрос о целесообразном времени предварительного осушения пласта полезного ископаемого должен решаться с учетом его фильтрационных свойств. Если полезное ископаемое представлено трещиноватыми породами скального и полускального типа или же породами, по гранулометрическому составу соответствующими крупно- и среднезернистым, а также чистым мелкозернистым пескам, то оно отдает почти всю гравитационную влагу практически одновременно со снижением депрессионной поверхности. Если же полезное ископаемое представлено породами, по своему гранулометрическому составу отвечающими тонкозернистым и глинистым пескам, супесям и суглинкам, а также некоторыми полускальными породами с большим содержанием гравитационной поровой воды (например, песчаники на глинистом цементе), то процесс отдачи гравитационной влаги растягивается во времени. Поэтому желательно в таких случаях осуществлять осушение полезного ископаемого с большим опережением по отношению к добычным работам. Время такого опережения ориентировочно определяется в лабораторных условиях по скорости отдачи влаги образцами пород (известный метод "высоких колонн" x), а затем уточняется по данным наблюдений за влажностным режимом полезного ископаемого на карьере.

---

x) При невозможности проведения опытов с образцами естественной структуры, следует подготавливать образцы из пород нарушенной структуры, имеющие пористость, равную естественной.

5. Если гравитационная вода в породах продуктивной толщи вообще отсутствует, то влажность их может быть понижена лишь специальными средствами дренажа (например, электроосмосом или очень частой сеткой горизонтальных скважин). Обычные способы осушения оказываются здесь совершенно неэффективными.[x)]

По этим причинам уже в период детальной разведки месторождения должно оцениваться максимально возможное снижение влажности полезного ископаемого - как разность между природной влажностью и максимальной молекулярной влагоемкостью. При проектировании, однако, нужно учитывать, что над депрессионной поверхностью остается зона пород с повышенной влажностью - за счет капиллярной воды.

6. Кроме непосредственного влияния на влажность полезного ископаемого, подземные и поверхностные воды могут являться причиной заплывания добычных уступов за счет пород вскрыши, внутренних отвалов или пород, непосредственно подстилающих полезное ископаемое; в результате полезное ископаемое извлекается неполностью или содержит дополнительно вредные механические примеси (разубоживание). Для устранения таких явлений необходимо проводить мероприятия по ограничению фильтрационных деформаций пород, вмещающих полезное ископаемое.

§ 2. Влияние подземных и поверхностных вод на работу горного и транспортного оборудования и на буровзрывные работы

При открытой разработке месторождений полезных ископаемых выход воды непосредственно на рабочие уступы, а также увлажненность пород приводят нередко к дополнитель-

---

x) Для предотвращения дополнительного увлажнения, связанного с набуханием, дренаж в ряде случаев оказывается достаточно эффективным (см.по этому поводу гл.1, § 4, пункт "В"), при условии правильно организованного внутрикарьерного стока.

ным осложнениям в производстве вскрышных и добычных работ.

1. Затрудненность ведения горных работ при очень больших водопритоках (особенно при неожиданных прорывах) вследствие подтопления горного и транспортного оборудования и ухудшения условий труда рабочего персонала.

Отметим, что при использовании средств гидромеханизации вода обычно является фактором, способствующим улучшению условий отработки.

2. Трудности (а иногда и невозможность) ведения вскрышных и добычных работ при развитии оползневых явлений, а также существенных фильтрационных деформаций пород (гл.1).

Наряду с оползнями откосов бортов и рабочих уступов в целом, большие затруднения в работе горного оборудования обычно вызываются оплыванием песчаных пород (гл.1, § 2, п.Г) и циклическими деформациями уступов песчано-глинистых пород (гл.1, § 4, п.В). Степень влияния этих процессов, при прочих равных условиях, зависит от типа вскрышного или добычного оборудования.

Для экскаваторов типа мехлопат, работающих в условиях крутых уступов, развитие циклических обрушений в песчаных глинах, вызванное действием подземных вод (гл.1, § 4, п.В), приводит нередко к необходимости замены запроектированного оборудования: мехлопаты заменяются драглайнами, на работу которых упомянутые процессы влияют в малой степени, или гидромониторными установками. Отметим, что дренажные работы обычно не могут в подобных случаях существенно улучшить условия производства работ, так как циклическим обрушениям подвергаются уступы глинистых пород, плохо отдающих воду.

С точки зрения развития языков оплывания (гл. 1, § 2, п.Г), наибольшие ограничения налагает применение многочерпаковых экскаваторов верхнего черпания и экскаваторов типа мехлопат: длина языков оплывания в этом случае не должна превышать 4-8 м. При работе роторных эскаваторов допустимая длина языка оплывания лимитируется параметрами экскаваторов, в частности, удалением путей и хо-

довых частей от основания уступа. Для драглайнов максимально допустимая длина языка оплывания определяется в каждом конкретном случае шириной заходки и длиной стрелы экскаватора; обычно она превышает 12–15 м. Особенно большие языки оплывания допускаются при отработке пород гидромониторными установками: в этом случае их длина лимитируется только требуемой шириной вышерасположенной рабочей бермы; обычно может быть допущена длина языков оплывания порядка 30–40 м.

Для ограничения длины языков оплывания могут эффективно использоваться дренирующие устройства. В ряде случаев оказывается целесообразным видоизменить схему производства вскрышных работ, как например, это было сделано на Лебединском и Сарбайском карьерах при отработке обводненных песков (разд.II, гл.II, § 4, п.А).

3. Ухудшение условий работы в зимнее время.

а. Изменение показателей работы горнорудных предприятий является следствием влияния низкой температуры на свойства разрабатываемых пород и производительность горно-транспортного оборудования: снижается производительность экскаваторов вследствие промерзания пород, образования наледей и намерзания пород на зубья и стенки ковша; снижается производительность транспорта из-за смерзания пород и их примерзания к стенкам и днищу транспортных сосудов.

б. Промерзание пород увеличивает усилие резания при экскавации и, соответственно, снижает производительность экскаваторов, особенно малой мощности. Что же касается многочерпаковых экскаваторов, то их использование при промерзании пород затрудняется частыми авариями. Подобного рода осложнения при ведении горных работ наблюдаются при глубине промерзания пород в откосах более 30–40 см.

Важно подчеркнуть, что для промерзания обычно достаточно атмосферной влаги и той части подземных вод, которая остается в порах после снижения первоначального уровня. Этот вывод подтверждается всем опытом эксплуатации карьеров в зимних условиях (например, Днепровский

угольный бассейн). Поэтому дренаж, как правило, не может предотвратить промерзание пород; исключение возможно лишь для крупнозернистых грунтов и трещиноватых пород.

в. Куски породы, примерзающие к поддерживающим роликам конвейеров, нередко разрушают конвейерную ленту; намерзание породы на ходовые части экскаваторов требует постоянного ухода за ними; примерзание пород к стенкам думпкаров и кузовов приводит к снижению объема перевозимого грунта и требует систематической очистки.

Установлено, что порода при определенном гранулометрическом составе имеет свою критическую влажность, при которой начинается примерзание /8/. Так, для глинистых пород она составляет примерно 13%, торфа - 30%, бурого железняка - 10-14% и т.д. Важно отметить, что даже после предварительного дренирования влажность обычно выше критической x) . Поэтому глубинный дренаж не может рассматриваться как эффективное средство борьбы с намерзанием пород глинистого состава. С этой точки зрения, гораздо большее значение имеет правильная организация стока вод, вытекающих на рабочие площадки. Применение специальных средств дренажа (например, электроосмос) сопряжено с большими затратами и, в связи с этим, пока представляется нецелесообразным.

г. Наряду с промерзанием пород, на работе ряда карьеров в зимнее время существенно сказывается образование наледей за счет вытекающих на откос подземных вод. При этом снижается производительность экскаваторов и ухудшаются условия работы транспорта. Кроме того, оттаивание наледей приводит к дополнительному оплыванию песчаных откосов, а на отвалах песчано-глинистых пород оттаивание засыпанных наледей вызывает оползневые явления.

Практика открытых горных работ показывает, что наледи развиваются в заметных масштабах в районах с достаточно низкими зимними температурами (средняя температура трех наиболее холодных месяцев ниже - 25-30°). Для

x) За исключением твердых трещиноватых пород.

предотвращения образования наледей могут эффективно использоваться дренажные мероприятия, а на нерабочих бортах – также различные методы утепления.

4. Налипание глинистых грунтов на рабочие и ходовые органы вскрышного оборудования (ковши, гусеницы и т.п.), а также на ходовые части транспортного оборудования и на стенки кузовов, думпкаров и т.п.

Налипание породы на стенки и днище ковша или вагона снижает емкость последних, уменьшает производительность оборудования (иногда на 15–20%), вызывает перегрузку приводного механизма, нарушение устойчивости экскаватора. Прилипание породы крайне вредно отражается и на использовании вагонов карьерного транспорта и автосамосвалов – очистка их от налипших масс отнимает много времени.

Поскольку дренажные мероприятия не могут обеспечить существенного удаления влаги из глинистых пород, основное значение для ограничения налипания имеет организация внутрикарьерного стока.

5. Наряду с налипанием, существенное влияние на эффективность работы горно-транспортного оборудования оказывают процессы размокания и тиксотропного разжижения глинистых, а также некоторых других пород под ходовыми частями автомашин и экскаваторов. Интенсивность проявления этих процессов, при прочих равных условиях, возрастает с увеличением влажности пород. Поэтому все мероприятия, уменьшающие влажность, будут оказывать с этой точки зрения положительное влияние. Наиболее важным моментом здесь является организация стока вод (дождевых, технических, а также высачивающихся на откосах) с площадок уступов. Осушение же самих размокающих пород обычными средствами дренажа, как правило, не представляется возможным в силу их малой проницаемости.

6. Осложнения в ведении буровзрывных работ (обводнение скважин). Борьба с этим фактором может вестись как посредством дренажных мероприятий и организации внутрикарьерного стока, так и путем изменения технологии производства буро-взрывных работ.

Таким образом, влияние подземных и поверхностых вод на условия работы горного и транспортного оборудования в ряде случаев может являться одним из основных факторов, определяющих выбор технологической схемы вскрытия и отработки месторождения.

Отсюда становится ясной необходимость учета этого фактора при проектировании. Сложность такого учета заключается в том, что возможное влияние подземных и поверхностных вод на условия работы горного и транспортного оборудования подчас трудно заранее охарактеризовать количественными оценками. В связи с этим исключительно важное значение имеет выработка таких оценок по данным специально организованных наблюдений при вскрытии и эксплуатации месторождения.

ЛИТЕРАТУРА К РАЗДЕЛУ 1

1. Герсеванов Н.М., Польшин Д.Е. Теоретические основы механики грунтов. Стройиздат, 1948.

2. Емельянова Е.П. О количественной оценке роли различных факторов в оползневом процессе. "Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии", Сб.19, 1961.

3. Истомина В.С. Фильтрационная устойчивость грунтов. Госстройиздат, 1957.

4. Маслов Н.Н. Условия устойчивости склонов и откосов в гидротехническом строительстве. Госэнергоиздат, 1955.

5. Маслов Н.Н. Условия устойчивости водоносных песков. Госэнергоиздат, 1959.

6. Мироненко В.А., Котов И.Г. К вопросу об изменении механических свойств песчано-глинистых пород в бортах карьеров под влиянием подземных и поверхностных вод. "Тезисы докладов к III-му региональному совещанию по инженерной геологии", изд.ЛГИ, Ленинград,1966.

7. Осушение карьерных полей (Материалы к "Методическому пособию по дренажу месторождений полезных ископаемых, подлежащих разработке открытым способом"). Составители: Мироненко В.А., Фисенко Г.Л., Норватов Ю.А., Бокий Л.Л. Изд.ВНИМИ, Л., 1965.

8. Попов С.И. Борьба с примерзаемостью горных пород. "Уголь", 1948, № 11.

9. Руководство по определению оптимальных углов наклона бортов карьеров и откосов отвалов, составили: Фисенко Г.Л., Кагермазова С.В., Пустовойтова Т.К. Изд. ВНИМИ, Л., 1962.

10. Устойчивость бортов карьеров КМА. Составители: Фисенко Г.Л., Мироненко В.А., Звонарев Н.К., Котов И.Г., Изд.ВНИМИ, Л., 1967г.

11. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. "Недра", 1965.

12. Шестаков М.В., Кузнецова Н.А. Фильтрационная устойчивость песчаных откосов. "Труды института ВОДГЕО", Госстройиздат, 1958.

13. Шестаков В.М. Определение выходных градиентов фильтрационного потока вблизи откосов. "Вопросы фильтрационных расчетов гидротехнических сооружений", Сб.№ 3. Госстройиздат, 1959.

РАЗДЕЛ II

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ СПОСОБОВ И СХЕМ ОСУШЕНИЯ КАРЬЕРНЫХ ПОЛЕЙ В РАЗЛИЧНЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

ГЛАВА 1

ПРИНЦИПЫ ОБОСНОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ СПОСОБОВ И СХЕМ ОСУШЕНИЯ КАРЬЕРНЫХ ПОЛЕЙ

§ 1. Понятие об осушении карьерных полей и его задачах

1. Под осушением карьерного поля понимается комплекс мероприятий по захвату и отводу подземных и поверхностных вод, имеющий целью устранение их влияния на разработку месторождения открытым способом. Термином "осушение" охватываются также все процессы снижения уровней подземных вод и постепенного истощения водоносных горизонтов, связанные с проведением указанных мероприятий; наряду с понятием "осушение" широко применяется понятие "дренаж".

2. Осушение на карьерах имеет целью решение следующих задач:

а) обеспечение нормальных условий работы горно-вскрышного и транспортного оборудования (раздел 1, гл.II, § 2);

б) уменьшение (при необходимости) влажности полезного ископаемого или предотвращение дополнительного увлажнения его, в тех случаях, когда это представляется возможным (раздел 1, гл.II, § 1);

в) улучшение условий устойчивости пород в откосах бортов и отвалов, а также в подошве карьера (раздел 1, гл.1).

3. Основные отличия карьеров от подземных горных выработок, определяющие специфику осушения, сводятся к следующему:

а) гидродинамические силы вблизи откосов обычно во много раз меньше, чем вблизи фильтрующих участков подземных выработок, поэтому плывунные явления в песках встречаются на карьерах крайне редко;

б) открытая разработка месторождений часто позволяет широко использовать в качестве водоприемника саму выработку (карьер) без существенных осложнений для производства работ;

в) при подземном способе разработки имеется разветвленная сеть подготовительных и очистных выработок, которые могут одновременно использоваться для целей осушения; при открытом же ведении работ стоимость подземных дренажных выработок накладывается в виде дополнительных (капитальных) затрат на себестоимость полезного ископаемого, иногда повышая ее довольно значительно.

§ 2. Факторы, определяющие выбор схемы осушения карьерного поля [x)]

1. Геологические факторы: литология пород, мощность отдельных слоев, их чередование в разрезе, выдержанность и площадное распространение, тектоническое строение месторождения (в первую очередь - характер залегания пород и

---

x) Понятие "схема осушения" включает принципиальный способ осушения, тип и расположение дренажных устройств, а также общую характеристику режима их работы. При описании типа и расположения дренажных устройств используется также термин "система осушения".

наличие крупных дизъюнктивных нарушений), глубина залегания полезного ископаемого.

2. Гидрогеологические факторы: количество водоносных горизонтов или водоносных зон, их распространение в разрезе и в плане, характер питания и разгрузки, гидравлическая взаимосвязь отдельных горизонтов, связь с поверхностными водоемами и реками, гидрогеологические параметры отдельных горизонтов (мощность, напор, коэффициент фильтрации, водоотдача, коэффициент уровнепроводности или пьезопроводности, инфильтрационное питание), фильтрационные свойства слабопроницаемых пород (в том числе, покровных и подрусловых отложений), химизм воды.

3. Инженерно-геологические факторы: гранулометрический состав пород, их устойчивость по отношению к воде, трещиноватость, степень выветрелости, физические, водные и механические свойства пород.

4. Орогидрографические факторы: характер рельефа местности (расчлененность, наличие оврагов, балок, бессточных впадин, уклон поверхности и т.д.), гидрографическая сеть района, наличие поверхностных водоемов, режим рек и водоемов, заболоченность территории.

5. Климатические факторы: температурный режим, количество, интенсивность, распределение и характер стока атмосферных осадков, испарение, толщина снегового покрова и характер снеготаяния, глубина промерзания.

Учитывая перечисленные природные факторы, следует принимать во внимание, что некоторые из них не являются стабильными, а меняются в процессе вскрытия и осушения месторождения.

6. Горнотехнические факторы: порядок вскрытия и отработки месторождения, глубина, периметр и форма карьера, параметры бортов, уступов и берм, скорость подвигания фронта работ, применяемое оборудование, система отвалообразования и параметры отвалов, способ производства буровзрывных работ, календарный план горных работ, требования, предъявляемые к влажности полезного ископаемого.

7. При разработке схемы осушения иногда приходится

принимать во внимание ограниченные возможности технических средств дренажа: сравнительно малый выбор надежных высоконапорных погружных насосов, отсутствие достаточного парка оборудования для бурения горизонтальных скважин (по пескам) или скважин большого диаметра и т.д. (§ 5).

8. Экономический фактор: на основании подробного изучения физико-географических, геологических, гидрогеологических, инженерно-геологических и горнотехнических условий месторождения намечаются несколько возможных рациональных схем дренирования месторождения (см.гл.II-У1), из которых в результате экономического сравнения выбирается оптимальная схема. При этом необходимо учитывать условия водоснабжения прилежащих к карьерному полю населенных пунктов и промышленных предприятий.

§ 3. О требованиях к обоснованию схемы осушения

1. Проектом должна быть доказана необходимость и целесообразность искусственного дренирования каждого водоносного горизонта и намечены пределы необходимого осушения.

2. Перечень схем осушения, принимаемых для технико-экономического сопоставления, должен включать в себя все возможные рациональные схемы для рассматриваемых гидрогеологических, инженерно-геологических и горнотехнических условий; в частности, следует особо подчеркнуть целесообразность рассмотрения для некоторых месторождений, в качестве одного из возможных вариантов, открытого дренажа пород.

3. Все рассматриваемые схемы осушения должны базироваться на достаточно надежных результатах разведочных работ x).

4. Каждая рассматриваемая схема осушения должна обосновываться фильтрационным расчетом (разд.Ш и 1У).

---

x) Требования к гидрогеологической изученности месторождений в период детальной разведки будут изложены в пятом разделе "Руководства".

5. Каждая рассматриваемая схема осушения должна быть количественно увязана с вопросами обеспечения устойчивости откосов (раздел 1, гл.1).

6. Схема осушения и водоотвода должна быть увязана с требованиями водоснабжения прилежащего к карьеру района.

7. Для месторождений со сложными гидрогеологическими условиями должна обеспечиваться взаимная увязка горной и дренажной частей проекта.

8. Проектом должно быть предусмотрено изменение количества средств осушения в процессе эксплуатации карьера, а в некоторых случаях и изменение схемы осушения в целом, с тем, чтобы обеспечить оптимальные условия перехода от строительного водопонижения к эксплуатационному осушению.

9. Оптимальная схема осушения карьерного поля должна выбираться из нескольких конкурирующих схем на основании экономического расчета.

10. По данным наблюдений за первыми этапами осушения карьера[x)], в случае необходимости, должны вноситься коррективы в первоначально запроектированную схему.

§ 4. Типизация месторождений применительно к вопросам обоснования схем осушения карьеров

1. Все месторождения могут быть типизированы следующим образом:

Группа А. Месторождения, сложенные, в основном, мягкими связными и твердыми глинистыми породами, а также рыхлыми несвязными или слабосцементированными породами, устойчивость которых в откосах существенно за-

x) Требования к гидрогеологическим наблюдениям на карьерах будут изложены в пятом разделе "Руководства"

висит от подземных и поверхностных вод:

1) при горизонтальном залегании слоев (подгруппа А-1),

2) при наклонном залегании слоев (подгруппа А-2).

Г р у п п а Б. Месторождения, сложенные, в основном, скальными и полускальными трещиноватыми породами, не склонными к фильтрационным деформациям и практически не меняющими своей прочности под влиянием подземных и поверхностных вод.[x)]

Г р у п п а В. Месторождения смешанного типа.

Приведенная типизация не охватывает месторождений, в разрезе которых присутствуют легкорастворимые породы, а также месторождений, расположенных в областях многолетней мерзлоты. Ввиду отсутствия достаточного опыта открытой разработки таких месторождений, они в настоящей работе не рассматриваются.

2. При рассмотрении схем осушения выделенных типов месторождений, которое проводится в последующих главах, совокупно учитываются все важнейшие факторы (§ 2), в том числе:

а) свойства вмещающих пород и полезного ископаемого,

б) условия залегания водоносных пород, их водообильность и водопроницаемость, условия питания и разгрузки водоносных горизонтов,

в) система вскрытия и отработки месторождения,

г) цели дренирования и его технико-экономическая эффективность.

Наиболее полно излагаются схемы дренажных мероприятий для месторождений подгруппы А-1, так как, во-первых, они встречаются достаточно часто на практике и, во-вторых, являются наиболее сложными с точки зрения осушения и поэтому позволяют осветить максимально широкий круг вопросов.

---

x) За исключением изменений под действием процессов выветривания.

3. Расчетное обоснование дренажных мероприятий, соответствующих тем или иным схемам, может осуществляться с помощью рекомендуемых методов и формул, приведенных в разделе Ш, а также аналогового моделирования (раздел 1У).

§ 5. Значение современного состояния техники дренажа для выбора схемы осушения

А. Краткая оценка средств дренажа, применяемых на отечественных карьерах

Для осушения карьеров в СССР в настоящее время наиболее широко применяются: водопонижающие скважины, оборудованные глубинными насосами; подземные системы осушения, (дренажные штреки с фильтрами и колодцами и т.п.); самоизливающие и поглощающие скважины; иглофильтровые установки; прибортовой дренаж; дренажные зумпфы, траншеи, канавы (в том числе, закрытые) и т.п. Каждое из перечисленных средств дренажа, обладая определенными достоинствами, в то же время, характеризуется теми или иными технико-экономическими недостатками, которые ограничивают сферу его применения в конкретных гидрогеологических и горно-технических условиях. Такое ограничение зачастую предопределяет выбор схемы осушения.

1. Водопонижающие скважины, ведущие откачку из песчаных пород с коэффициентами фильтрации менее 3-5 м/сутки, обычно быстро выходят из строя, особенно при глубинах более 120-150 м. Это связано в первую очередь, с ограниченностью выбора надежных погружных высоконапорных насосов, а во многих случаях - и с низким качеством фильтров.

Наряду с первоочередной задачей - улучшением конструкций насосов - повышение эффективности водопонижа-

ющих скважин может быть достигнуто следующими путями;

а) совершенствование конструкций фильтров, особенно для условий работы скважин в рыхлых мелкозернистых породах;

б) увеличение площади водоприемной части скважины путем бурения скважин большого диаметра (до 0,5-1,0 м и более), многозабойных скважин, а также бесфильтровых скважин с уширенной призабойной частью;

в) увеличение проницаемости призабойной зоны путем гидроразрыва, свабирования, гидравлического удара, солянокислотной обработки, прострела;

г) улучшение условий работы насосного оборудования путем централизованного автоматического регулирования;

д) интенсификация процесса осушения при использовании вакуумирования скважин и закачки газа в осушаемые пласты.

Перечисленные методы интенсификации процесса осушения водоносных горизонтов и улучшения работы скважин довольно широко применяются в практике водоснабжения, в гидротехническом строительстве и в нефтяном деле, однако при осушении карьерных полей они пока используются совершенно недостаточно. Между тем, эти методы способствуют существенному расширению сферы применения водопонижающих скважин и делают их универсальным средством осушения рыхлых и трещиноватых горных пород.

2. Подземные системы осушения являются широкораспространенным средством осушения месторождений полезных ископаемых; однако применение этих систем ограничено следующими соображениями:

а) капитальные затраты на проходку, а также затраты на поддержание подземных дренажных выработок весьма значительны;

б) сроки сооружения подземной дренажной системы нередко оказываются соизмеримыми с периодом строительства карьера;

в) проходка дренажных выработок в водоносных рыхлых породах, а также в условиях несниженных высоких напоров оказывается весьма затруднительной, зачастую сопровождается прорывами;

г) подземные системы осушения являются недостаточно гибкими и мобильными.

Повсеместное внедрение комплексной механизации при проходке дренажных выработок позволяет снизить капитальные затраты на их сооружение, а также сократить сроки строительства подземных систем осушения и, тем самым, в значительной степени повысить их экономическую эффективность.

В условиях многослойных толщ горных пород подземные выработки должны оборудоваться сквозными и забивными фильтрами. Основным недостатком этого вида дренажных устройств является малая их эффективность при работе в условиях тонкозернистых рыхлых пород, особенно пород пылеватого и глинистого состава, а для забивных фильтров - также сравнительно малая их длина. Поэтому эффективность подземных систем осушения может быть резко повышена за счет: а) бурения из дренажных штреков горизонтальных, наклонных и восстающих скважин большой длины (до 100 и более метров), б) усовершенствования конструкции фильтровой части сквозного или забивного фильтра, в) бурения сквозных фильтров большого диаметра (в относительно устойчивых породах без обсадки), г) широкого применения методов интенсификации процесса осушения, перечисленных в п.1.

3. Самоизливающие скважины применяются для снятия напоров в подошве карьера и в прибортовой зонах, а также в почве дренажной выработки. Однако при сравнительно невысоких напорах самоизливающие скважины, пройденные в мелкозернистых и пылеватых породах, быстро выходят из строя вследствие кольматации. В этих случаях эффективность их может быть повышена путем увеличения диаметра скважин до 400-500 мм и усовершенствования методов оборудования скважин гравийной засыпкой.

4. Поглощающие скважины могут использоваться только при соблюдении известных соотношений параметров осушае-

мого горизонта и поглощающего пласта. При их сооружении требуется особенно тщательный подбор фильтров и длительная прокачка во избежание кольматации фильтров. Это требование, к сожалению, часто не соблюдается. При оборудовании поглощающих скважин качественными блоковыми фильтрами из пористых материалов (легко разрушаемых при отработке пород экскаватором) и увеличении их диаметра до 400-500 мм и более эффективность их может быть заметно повышена.

5. Иглофильтровые установки на карьерах используются обычно в качестве временного локального средства дренажа. Широкому применению на карьерах иглофильтровых установок, наряду с ограничениями горнотехнического характера, препятствует относительно высокая стоимость их эксплуатации – в особенности это относится к эжекторным иглофильтрам.

6. Прибортовой дренаж является эффективным средством предотвращения фильтрационных деформаций на нерабочих откосах. Однако, качественное его выполнение требует предварительной зачистки откоса, что оказывается возможным лишь при применении временного заградительного дренажа (водопонижающих скважин или иглофильтров). Кроме того, устройство дренажных призм требует наличия местных строительных материалов определенного гранулометрического состава. Условия применения прибортового дренажа могут быть расширены путем внедрения специальных сборных конструкций из фильтрующих плит.

7. Водоотлив из дренажных зумпфов и траншей является широко применяемым методом осушения карьерного поля. Ограничения в применении этих средств дренажа обусловлены, наряду с требованиями горнотехнического характера, осложнениями при проходке и поддержании открытых дрен в оплывающих породах и относительно высокой стоимостью проходки дрен в твердых породах. Поэтому круг применимости упомянутых дренажных устройств может быть расширен как за счет снижения стоимости проходки, так и за счет широкого внедрения различных типов фильтрующих блоков для крепления дренирующих откосов выработок в песчаных породах.

Б. О перспективах применения некоторых новых средств осушения

Наряду с широким использованием перечисленных средств дренажа на карьерах, в последнее время проводились опытные работы в целях внедрения некоторых новых типов дренажных устройств, до сих пор не применявшихся на отечественных карьерах: горизонтальных скважин, электроосмотического водопонижения, многозабойных скважин, скважин типа песчаных свай и водонепроницаемых барражей.

1. Горизонтальные скважины нашли широкое использование при осушении бурых углей на карьерах ГДР и ФРГ /3/ для дренажа как нерабочего так и рабочего бортов. В последнем случае применяются или бесфильтровые скважины (в трещиноватых полускальных породах) или скважины с блочными фильтрами из пористых материалов (в песках). Кроме того, горизонтальные скважины могут проходиться из подземных дренажных выработок.

В целом, горизонтальные скважины следует оценить, как исключительно перспективное средство дренажа карьеров. Немногочисленные опыты по эксплуатации горизонтальных скважин, проведенные на отечественных карьерах, свидетельствуют о весьма высокой технико-экономический эффективности этого вида дренажных устройств, как в рыхлых песчаных породах (Лебединский карьер), так и в трещиноватых полускальных породах (угли Назаровского разреза).

Недостаточно интенсивное внедрение горизонтальных скважин в практику осушительных работ на отечественных карьерах связано с отсутствием специального оборудования для бурения горизонтальных скважин с обсадкой и, кроме того, с недостаточной разработанностью технологической схемы бурения скважин в рыхлых и полускальных породах.

2. Для осушения трещиноватых пород (в первую очередь, карбонатных) весьма перспективны многозабойные водопонижающие скважины (несколько наклонных стволов, отходящих от общего центрального ствола), вскрывающие большое число трещин или карстовых полостей, в результа-

те чего дебиты возрастают во много раз. С развитием технологии бурения многозабойных скважин они могут найти широкое применение на карьерах.

3. Песчаные сваи применяются для ускорения консолидации пород глинистого состава в строительстве. В горном деле "песчаные сваи" могут использоваться для ускорения консолидации отвалов (в особенности, большой высоты) глинистых пород, а также пород основания отвалов и гидроотвалов.

4. Применение электроосмоса для осушения пород типа глинистых песков или супесей ограничено высокой стоимостью этого энергоемкого вида дренажа, в результате чего он может пока использоваться лишь в исключительных случаях, на небольших участках. В целом, активное осушение глинистых пород в настоящее время является практически не разрешенной проблемой.

5. Создание непроницаемых глинистых (или цементных) завес с целью уменьшения водопритоков к карьерам или полной изоляции определенного участка карьерного поля от области питания носит в настоящее время характер эксперимента. С наибольшей эффективностью водопроницаемые барражи могут применяться для изоляции высокопроницаемых горизонтов (галечников, трещиноватых зон дробления и т.д.) питающихся за счет близкорасположенных водоемов. Создание барражей особенно перспективно в тех случаях, когда обычные методы дренажа карьерных полей приводят к недопустимому нарушению водоснабжения района месторождения. В настоящее время создание барражей экономически целесообразно для гравийно-галечных пород, залегающих до глубины не более 10-20 м. Однако, зарубежный опыт свидетельствует о возможности значительного расширения круга применимости барражей при условии внедрения эффективной техники сооружения завес.

ГЛАВА II

ДРЕНАЖ КАРЬЕРОВ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ПОДГРУППЫ А-1

К подгруппе А-1 относятся месторождения, в строении которых существующую роль играют мягкие связные и рыхлые несвязные породы при горизонтальном залегании слоев. Ведение открытых горных работ на таких месторождениях обычно сильно осложняется неустойчивостью пород в откосах и их обводненностью. Примерами месторождений этой подгруппы являются месторождения КМА, Никопольского марганцево-рудного бассейна, Днепровского угольного бассейна и Тихвинского бокситоносного района.

§ 1. Некоторые критерии для выбора способа и целесообразных пределов осушения

А. Общие замечания

1. В зависимости от гидрогеологических и инженерно-геологических условий, а также от применяемого горного оборудования при строительстве и эксплуатации карьеров могут использоваться различные схемы дренажа. Так как все эти схемы обычно сопряжены с необходимостью откачки тех или иных объемов подземных вод средствами открытого водоотлива [x)], то должны быть всесторонне обоснованы как целесообразность использования выбранной схемы, так и требуемая интенсивность глубинного дренажа.

2. Для этого может использоваться следующая принципиальная общая расчетная схема:

---

x) Исключения в этом отношении возможны лишь для несовершенных котлованов.

а) определяются притоки к откосу и понижения уровней подземных вод в условиях открытого водоотлива, а также оцениваются их изменения с течением времени;

б) определяются ожидаемые фильтрационные деформации откосов вскрышных и добычных уступов и степень устойчивости борта в целом (разд.1, гл.1) в условиях открытого водоотлива; если имеющиеся схемы расчета деформаций неприменимы, то следует непосредственно сравнить расчетные расходы с "критическими" величинами (приложение № 4);

в) оценивается возможность прорыва вод из напорных горизонтов в подошве карьера (разд.1, гл.1, § 2);

г) намечаются и рассматриваются возможные схемы осушения, для каждой из которых подсчитываются величины понижения уровней, а также объемы воды, откачиваемые средствами открытого водоотлива и глубинного дренажа;

д) для каждой схемы осушения определяются ожидаемые фильтрационные деформации и оценивается устойчивость борта в целом;

е) если после проведенных оценок вопрос о целесообразности глубинного дренажа не станет очевидным, то определяется стоимость дренажных работ и производится экономическое сравнение. Для этого ожидаемые затраты на дренаж сопоставляются с тем снижением стоимости вскрышных и добычных работ, которое достигается при данном варианте глубинного дренажа (по сравнению с открытым); кроме того, принимается во внимание возможность более эффективного понижения влажности полезного ископаемого в условиях глубинного дренажа.

3. Ввиду того, что проведение указанных количественных оценок нередко представляется затруднительным, ниже (п.п. Б-Е) рекомендуются некоторые конкретные критерии для выбора способа и целесообразных пределов дренажа, соответствующие современному состоянию отечественной техники осушения. Эти критерии базируются на следующих положениях:

а) на месторождениях подгруппы А-1 водоносные по-

роды склонны к фильтрационным деформациям (исключением могут являться гравийно-галечные отложения); этими деформациями, в основном, определяются требуемые пределы осушения песчаных пород;

б) горизонтальное залегание предопределяет наличие "проскока" подземных вод в карьер между дренажными устройствами для водоносных горизонтов, вскрытых карьером на полную мощность: исключениями могут являться отдельные участки, приуроченные к повышениям кровли водоупорного ложа, однако и на этих участках в нижней части песчаной толщи всегда остается водонасыщенная (за счет капиллярной или гравитационной воды) зона;

в) отсюда следует невозможность устранения набухания глинистых пород, подстилающих водоносный горизонт;

г) в большинстве случае представляется желательным снижение влажности полезного ископаемого или предотвращение дополнительного его увлажнения;

д) на месторождениях подгруппы А-1 широко представлены водоносные породы, практически не поддающиеся осушению обычными средствами (песчаные глины, глинистые пески, многие разновидности бурого угля и т.п.); в этих породах ощутимый дренажный эффект могут дать лишь открытые горизонтальные дрены (траншеи, дренажные канавы) или сами открытые выработки. Применение в этих целях специальных средств дренажа представляется в настоящее время нецелесообразным по экономическим соображениям.

Б. Критерии для периода строительства карьера

1. При работе средств гидромеханизации допустимые притоки в разрезную траншею определяются условием, чтобы фильтрационные деформации откосов не захватывали вышележащих нерабочих уступов, отрабатываемых экскаваторами (если таковые имеются). Некоторые дополнительные ограничения, вытекающие из требований водоотвода, изложены в Приложении 4 (пункт 3).

Дополнение: для сцементированных неглинистым цементом песков, в которых прослеживается трещиноватость, в целях ограничения деформаций желательно иметь в основании промежутка высачивания площадку шириной не менее 5 м, а в котловане земснарядов - затопленный откос с углом не более 20°.

2. При работе экскаваторов приток не должен превышать критических величин, указанных в Приложении 4.

Дополнения:

а) для горизонтов мощностью более 15-20 м можно для первого этапа (пока горизонт не вскрыт на полную мощность) исходить из требования снижения уровня ниже дна траншеи; если горизонт вообще не будет вскрываться на полную мощность (несовершенный котлован), то это требование может быть принято для всего строительного периода;

б) при использовании передовой дренажной траншеи, проходимой драглайнами или земснарядами, допустимые притоки определяются, исходя из требования, чтобы деформации откосов дренажной траншеи не распространялись на вышележащие уступы.

3. В период, предшествующий вскрытию разрезной траншеей напорного горизонта, напоры должны быть снижены до таких величин, чтобы: а) борт в целом был устойчив; б) притоки в момент вскрытия отвечали объему водоприемного зумпфа и мощности установленного в нем насосного оборудования; в) деформации при вскрытии не захватили основания нерабочего борта.

В. Критерии для эксплуатационного периода осушения.

Нерабочий борт

1. Если наличие водоносного горизонта существенно (по крайней мере, на 10-15%) снижает коэффициент устойчивости борта в целом и водоносные породы характеризуются коэффициентом фильтрации более 0,5-1 м/сутки, то следу-

ет исходить из целесообразного снижения уровней (напоров) в пределах призмы возможного оползания (рис.11).

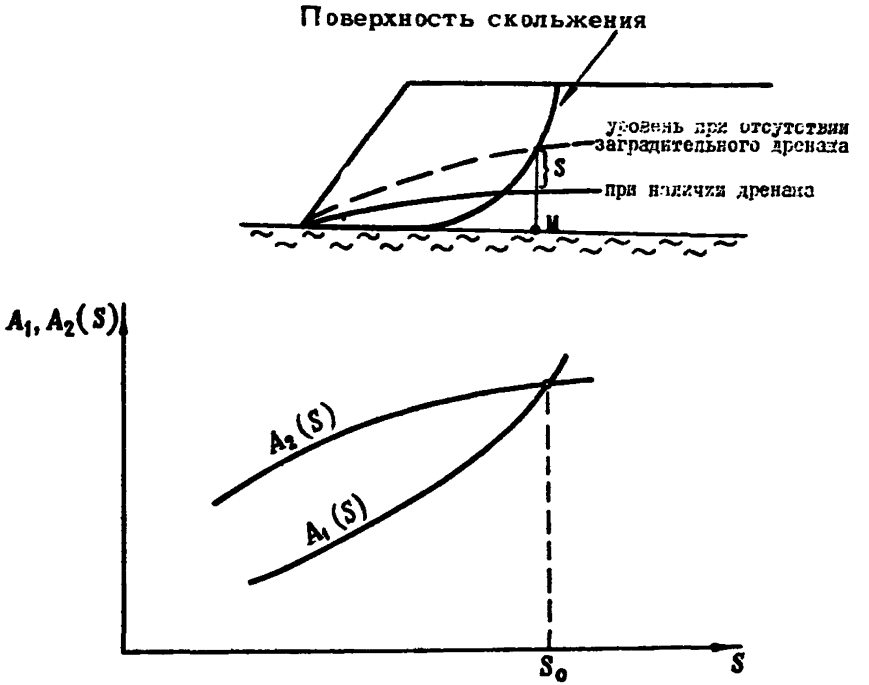


Рис. 11.

S - понижение уровня подземных вод в крайней точке (М) призмы возможного оползания ;

$A_1(S)$ - капитальные затраты на сооружение дренажных устройств, необходимых для снижения уровня на величину S (на 1 пог.м борта) ;

$A_2(S)$ - выигрыш во вскрыше (в рублях) при снижении уровня на величину S (на 1 пог.м борта) ;

S_0 - величина целесообразного понижения.

2. В прочих случаях (кроме отмеченного в п.1) следует исходить из требования устранения фильтрационных деформаций. Если имеются "прислоненные" внутренние отвалы, сложенные породами глинистого состава, то необходимо

также предотвращение их дополнительного обводнения за счет водоносных горизонтов вскрышной толщи.

Г. Критерии для эксплуатационного периода осушения. Рабочий борт. Водоносные горизонты вскрышной толщи гидравлически обособлены от полезного ископаемого.

1. Для песков с коэффициентами фильтрации более 0,5-1 м/сутки необходимо снизить притоки до величин, меньших "критических" (приложение № 4).

2. При малой проницаемости водоносных пород (К < 0,5-1 м/сутки) единственным требованием может являться организация водоотвода в основании уступа. Исключения в этом отношении возможны лишь для тех случаев, когда водоносный горизонт может быть "перерезан" опережающей дренажной траншеей глубиной до 8-10 м.

Д. Критерии для эксплуатационного периода осушения. Рабочий борт. Водоносные горизонты приурочены к пласту полезного ископаемого (ПИ) или гидравлически тесно с ним связаны.

1. Если имеется необходимость в снижении влажности ПИ и выполнены условия[x]:

$$K_{ПИ} > 0{,}5\text{-}1 \text{ м/сутки}$$

$$\frac{q}{K_{ПИ} m_{ПИ}} < 2{,}5 , \quad (II.1)$$

где $K_{ПИ}$ - коэффициент фильтрации продуктивных пород, q - приток на 1 пог.м борта из пласта ПИ и непосредственно перекрывающего слоя $m_{ПИ}$ - мощность пласта

x) Второе из условий (II.1) должно приниматься во внимание лишь в том случае, когда весь продуктивный пласт и перекрывающий его водоносный слой образуют единый водоносный горизонт.

полезного ископаемого, то можно исходить из следующих требований:

а) при отсутствии в пласте ПИ водоупорных прослоев следует ориентироваться на заблаговременное удаление гравитационной влаги из пласта ПИ и перекрывающего слоя в пределах очередной заходки (по добычному уступу) и о снижении уровня в водоносном горизонте, непосредственно подстилающем пласт ПИ,[x] до почвы последнего (также в пределах очередной заходки);

б) при наличии в пласте ПИ водоупорных прослоев целесообразно ориентироваться на достижение "коэффициента запаса" порядка 0,9-0,95.

2. Если имеется необходимость в снижении влажности ПИ, но хотя бы одно из условий (II.1) не выполнено, то можно исходить лишь из требований к дренажу водоносных слоев, контактирующих с пластом ПИ.

а. Для водоносного горизонта, перекрывающего пласт ПИ, требования аналогичны п.Г.

Дополнения: 1) оплывание не должно приводить к разубоживанию ПИ, поэтому "критические" притоки иногда могут быть уменьшены (по сравнению с величинами, рекомендованными в приложении № 4)- в зависимости от ширины бермы по кровле пласта ПИ; 2) если при транспортно-отвальной или бестранспортной системах глубинный дренаж необходим по критерию оплываний (п.Г), то интенсивность его иногда целесообразно увеличить, подняв коэффициент заслона до 0,9-0,95[xx]. Это будет иметь смысл, если внутренние отвалы содержат не менее 10-15% глинистых пород (получающих дополнительное увлажнение за счет данного водоносного горизонта) и если при этом количество атмосферных осадков, поступающих в карьер в наиболее

---

x) Имеется в виду, что между ними нет водоупора или водоупор не изолирует один горизонт от другого.

xx) Для транспортно-отвальной системы - при ширине свободного пространства в подошве карьера менее 10-15 м.

дождливый период, существенно меньше, чем принятая величина "проскока" подземных вод /15/.

б. Для водоносного слоя, непосредственно подстилающего пласт ПИ, можно исходить из условия снижения уровня до почвы пласта ПИ в пределах очередной заходки на добычном уступе (в крупно- средне- и чистых мелкозернистых песках - с учетом высоты капиллярного поднятия).

3. Если в снижении влажности ПИ нет необходимости, то рекомендуется руководствоваться следующими критериями:

а) для условий транспортной системы, а также транспортно-отвальной- при ширине свободного пространства в подошве карьера более 10-15 м - требования к осушению аналогичны п.Г.

Дополнение: оплывание не должно приводить к разубоживанию ПИ;

б) для условий бестранспортной системы, а также транспортно-отвальной - при ширине свободного пространства в подошве карьера менее 10-15 м - требования к осушению аналогичны п.п. 1,2 с той, однако, разницей, что в водоносном горизонте, подстилающем пласт ПИ, можно ограничиться осушением добычного забоя (не осушая заблаговременно почву пласта ПИ в пределах всей заходки).

Е. Критерии для эксплуатационного периода осушения. Водоносный горизонт в подошве карьера.

1. Если горизонт перекрыт водоупорным слоем, способным предотвратить прорыв напорных вод в карьер, то дренаж его необходим лишь при условии существенного влияния напоров на устойчивость борта или внутренних отвалов. Величина требуемого снижения уровней определяется, исходя из расчета устойчивости аналогично п.В.1, принимая, однако, во внимание как капитальные, так и эксплуатационные затраты на дренаж.

2. Если водоносный горизонт залегает непосредственно в подошве карьера или отделен от нее водоупорным слоем, не способным предотвратить прорыв напорных вод, то можно руководствоваться следующими требованиями:

а) при отсутствии внутренних отвалов необходима лишь организация водоотвода;

б) аналогичными требованиями можно ограничиться и в том случае, когда в нижней части внутренних отвалов имеется слой чистого песка, мощность которого превышает высоту капиллярного поднятия в нем;

в) при наличии внутренних отвалов, содержащих в нижней своей части породы глинистого состава, необходимо снижение уровней - в пределах ширины "призмы возможного оползания" - ниже основания отвалов на величину, отвечающую высоте капиллярного поднятия водоносных пород (при отсутствии водоупора) или на величину, исключающую возможность прорыва напорных вод.

§ 2. Дренаж разрезной траншеи

В период проходки разрезной траншеи подземные воды оказывают обычно наиболее сильное влияние на устойчивость откосов и на условия работы горно-транспортного оборудования, ввиду высоких удельных (на 1 пог.м откоса) притоков и градиентов фильтрации и, соответственно, интенсивного развития фильтрационных деформаций. Поэтому дренажные работы в период строительства карьера должны проводиться с максимальной возможной интенсивностью. Вместе с тем, при выборе схемы осушения разрезной траншеи следует иметь в виду возможность широкого использования средств строительного водопонижения в период эксплуатации карьера, при общем постепенном снижении интенсивности дренажных работ. При решении вопросов дренирования разрезной траншеи первостепенное значение имеют принятая схема вскрытия месторождения и применяемое горно-транспортное оборудование.

А. Вскрытие посредством экскаваторов

В этом случае для нормальной работы вскрышного и транспортного оборудования в большинстве случаев необходимо проводить водопонижение с целью устранения или сокращения расхода подземных вод, поступающих к рабочему забою – в соответствии с требованиями, изложенными в § 1, п.Б2.

1. Если расчет притоков к разрезной траншее показывает, что удельные притоки превышают "критические" величины (приложение 4), по крайней мере, в течение 1,5–2 лет (считая от момента вскрытия водоносного горизонта карьером), то в этих условиях чаще всего целесообразно проводить предварительное осушение посредством систем водопонижающих скважин, оборудованных погружными насосами.

2. О размещении водопонижающих скважин вокруг несовершенных траншей.

а. Дренажные скважины в первый период водопонижения можно размещать в виде однолинейной установки – на нерабочем борту траншеи.

б. Если линейная установка не обеспечивает необходимого понижения уровней в заданное время, то она заменяется двухлинейной. Второй ряд скважин должен располагаться по другую сторону разрезной траншеи (относительно первого ряда). На некоторых карьерах, где один из бортов траншеи сразу доводится до предельного положения и где мощность водоносного горизонта превышает 30–40 м – второй ряд скважин целесообразно проходить с той же стороны траншеи, что и первый ряд, причем скважины бурятся с одной из низовых берм; конечно, это будет иметь смысл при возможности поддержания уровня ниже подошвы разрезной траншеи, т.е. когда полезное ископаемое представлено достаточно водопроницаемыми породами.

в. На нерабочем борту скважины должны быть удалены от траншеи на минимально возможное (по условиям гор-

ных работ) расстояние [x]. На рабочем борту это расстояние следует принимать из того расчета, что скважины должны проработать весь строительный период и первые 1,5-2 года эксплуатационного периода.

При наличии фильтрационной неоднородности (в плане) необходимо, по возможности приурочивать скважины к участкам с максимальной проводимостью.

г. В целях сокращения сроков осушения может оказаться целесообразной четырехлинейная система - по две линии скважин с каждой стороны траншеи.

д. Требуемое число скважин определяется на основании расчета сниженных уровней, увязанных с графиком горных работ; расчет проводится по формулам неустановившегося движения как для скважин с постоянным дебитом, равным номинальной производительности насоса [xx]. Для правильного выбора производительности насосов целесообразно выполнить расчет для нескольких возможных дебитов скважины и провести экономическое сравнение вариантов.

3. О размещении водопонижающих скважин вокруг совершенных траншей.

а. Скважины размещаются чаще всего в виде одноконтурной установки. При сжатых сроках водопонижения, а также для пород с коэффициентом фильтрации менее 5 м/сутки, следует сопоставить по экономическим показателям одноконтурную и двухконтурную системы скважин.

б. На нерабочем борту целесообразно располагать скважины за пределами "призмы возможного оползания", но не

---

x) Целесообразно, однако, располагать скважины за пределами "призмы возможного оползания".

xx) Принимая расход скважин равным номинальной производительности насоса, необходимо соблюдать два условия: а) расчетный расход скважины не должен превышать ее водозахватной способности, и б) расчетное понижение в скважине должно быть меньше первоначальной мощности потока.

далее 100–150 м от верхней бровки, а на рабочем борту – аналогично предыдущему случаю (п.2 в).

в. Необходимое число скважин одноконтурной системы подбирается фильтрационным расчетом, исходя из графика горных работ, в соответствии с критериями, приведенными в § 1 (п.Б2). Если расчет по этим критериям покажет, что требуемый коэффициент заложа превышает 75–80%, то обычно наиболее целесообразной оказывается двухконтурная система скважин или сочетание скважин с иглофильтрами (п.4).

г. Если условия вскрытия месторождения позволяют широко варьировать продолжительность предварительного дренажа, то можно значительно сократить число скважин за счет увеличения времени водопонижения; в подобных условиях оптимальное соотношение между числом скважин и временем осушения подбирается экономическим расчетом. При оборудовании скважин на несколько обособленных водоносных горизонтов выбранное число скважин должно удовлетворять требованиям, предъявляемым к осушению каждого из них.

д. При фильтрационных расчетах необходимо учитывать, что обычно по истечении некоторого первоначального периода скважины начинают работать на режиме постоянного понижения. Поэтому оптимальную производительность насосов целесообразно подбирать вариантными расчетами, а иногда предусматривается смена насосов.

4. Для откачки пропущенных к откосу вод (в условиях совершенных траншей) могут использоваться средства открытого водоотлива – если удельные притоки не превышают "критических" величин (приложение № 4). В противном случае целесообразно использовать иглофильтровые установки. Если при этом остаточная мощность потока подземных вод достаточно велика (больше 5–6 м), то следует применять эжекторные иглофильтры (при коэффициенте фильтрации более 3–4 м/сутки) или же последовательно устанавливать легкие иглофильтры по ярусной системе. При остаточной мощности потока более 15–20 м иглофильтры обычно оказываются экономически менее выгодными, чем дополнительный контур водопонижающих скважин.

5. При строительстве карьеров, последовательно вскрывающих несколько водоносных слоев, наряду с водопонижающими скважинами могут применяться поглощающие и подземные системы осушения.

а. Водопонижающие скважины могут оборудоваться одновременно на все горизонты, если наиболее водообильный из них залегает в нижней части разреза вскрышных пород, или же откачка может осуществляться раздельно, - если наиболее водообильный горизонт залегает в верхней части разреза.

б. В первом из указанных в п."а" случаев следует по возможности шире использовать поглощающие скважины; если при этом водоносные породы вскрышной толщи имеют сравнительно малые коэффициенты фильтрации (менее 3-5 м/сутки), то при наличии в почве пласта полезного ископаемого хорошо фильтрующих слоев целесообразно вести откачку из этих слоев, перепуская в них с помощью поглощающих скважин воды вышележащих пород.

в. Если использование эффекта поглощения невозможно, то в породах со сравнительно малыми коэффициентами фильтрации (от 1 до 3-5 м/сутки) иногда можно ориентироваться на дренаж разрезной траншеи посредством подземной системы осушения, - когда она необходима по условиям периода эксплуатации (см.§§ 3-5) и штреки могут быть пройдены без предварительного водопонижения. При этом, наряду с контурным штреком, целесообразно проходить дренажные штреки с фильтрами в подошве разрезной траншеи.

8. Об усложненных системах осушения.

При сравнительно малых коэффициентах фильтрации (1-5 м/сутки) и значительной ширине разрезной траншеи контурные дренажные системы подчас не могут обеспечить необходимую степень или темпы понижения уровня подземных вод. В таких случаях целесообразно применение площадной системы осушения, при которой дренажные устройства размещаются не только по контуру разрезной траншеи, но и в пределах участка первоначального вскрытия. Обычно это сопряжено с необходимостью применения подземной или комбинированной систем осушения, при которых дренажные штреки размещаются по контуру и в подошве разрезной траншеи.

7. Если удельные притоки становятся меньше "критических" величин (см.Приложение 4) уже через полтора-два года после вскрытия водоносного горизонта карьером, то более целесообразно начинать дренирование непосредственно перед

вскрытием обводненных пород (параллельное осушение).

а. С этой целью могут использоваться легкие иглофильтровые установки или эжекторные иглофильтры, установленные на бермах в виде контурных систем. Легкие иглофильтры применяются также в первый период для поддержания устойчивости откосов вдоль выездной траншеи, если породы здесь не сдренированы скважинами; затем они заменяются горизонтальным прибортовым дренажем (§ 3).

б. В благоприятных условиях целесообразно заменить иглофильтры поглощающими скважинами. Такая замена должна быть обоснована технико-экономическим расчетом.

в. При вскрытии водоносных пород драглайнами в указанных условиях можно ограничиться откачкой воды из передовой дренажной траншеи (см.также п.9).

8. После полного вскрытия водоносного горизонта осуществляется постепенный переход к дренажным системам, предусмотренным на период эксплуатации. При этом следует иметь в виду возможность широкого использования в первые годы эксплуатации (особенно со стороны рабочего борта) тех же дренажных систем, что и в период строительства. Иногда целесообразно предусмотреть смену насосного оборудования, для того, чтобы его номинальная производительность соответствовала новым условиям дренажа, обусловленным сработкой статических запасов подземных вод и дренирующим действием карьера.

9. При вскрытии месторождения драглайнами, а также при сжатых сроках строительства карьера следует рассмотреть, в качестве одного из вариантов, возможность отработки без предварительного дренажа, с использованием только открытого водоотлива. Это в особенности относится к тем случаям, когда породы, подлежащие дренированию, образуют единый водоносный горизонт.

а. Вскрытие обводненных толщ экскаваторами без предварительного дренирования может осуществляться с помощью передовых дренажных траншей (котлованов). При этом минимальные размеры последних выбираются с таким расчетом, чтобы на каждом этапе строительного периода развитие филь-

трационных деформаций было в допустимых пределах [x]. Требуемое заглубление дренажной траншеи определяется построением депрессионных кривых, положение которых должно обеспечить отработку вышележащих уступов с "сухим" забоем.

б. В тех случаях, когда минимально допустимые размеры дренажных траншей (котлованов) настолько велики, что разработка их драглайнами становится невозможной или невыгодной, для этих целей могут быть применены земснаряды. Они будут отрабатывать лишь сравнительно небольшой объем грунта, а вся остальная толща, сдренированная котлованом, может разрабатываться экскаваторами.

в. После вскрытия водоносного горизонта на полную мощность должен осуществляться переход к системе осушения, предусмотренной на период эксплуатации.

Б. Вскрытие средствами гидромеханизации

1. При использовании средств гидромеханизации требования к дренажу заметно снижаются (§ 1, п.Б1), так как единственной его задачей является ограничение деформаций бортов и откосов в допустимых пределах. Поэтому применение плавучих земснарядов особенно целесообразно при вскрытии обводненных рыхлых пород, образующих один мощный водоносный горизонт; в этих условиях оказывается возможным или вообще отказаться от глубинного дренажа, или же существенно его сократить /8/.

2. Анализ вопроса о возможности отказа от глубинного дренирования при работе плавучих земснарядов ведется в следующей последовательности:

а) производится расчет притока, приходящегося на 1 пог.м протяженности откоса, с учетом принятой скорости понижения уровня воды в котловане земснарядов;

---

x) Соответствующая расчетная схема рекомендована ниже (п.Б).

б) определяется допустимый угол несдренированного откоса, с учетом гидростатических и гидродинамических сил (разд.1, гл.1, § 1, п.Г);

в) проверяется допустимость ожидаемых деформаций, связанных со свободным выходом воды в откос (разд.1, гл.1, § 2, п.Г) и строится график зависимости длины языков оплывания от отметки зеркала воды в котловане ($l_{опл.} = f(H_K)$).

3. В большинстве случаев использование плавучих земснарядов позволяет дренировать водоносные горизонты исключительно открытым водоотливом. Если по инженерно-геологическим условиям можно ожидать наличия очагов интенсивной фильтрации (например, при наличии трещин в слабосцементированных породах - разд.1, гл.1, § 2, п.Д), то следует предусмотреть простейшие профилактические мероприятия - пригрузку этих очагов гравийным или щебеночным материалом.

Заградительный дренаж становится необходимым при приближении уровня воды в котловане к "водоупорной" почве водоносного горизонта, если, согласно графику зависимости $l_{опл.} = f(H_K)$, величина языков оплывания оказывается недопустимо большой. Такой дренаж ведется в соответствии с рекомендациями, изложенными в п.А.

4. При использовании на вскрышных работах гидромониторов в большинстве случаев также можно отказаться от глубинного дренажа отрабатываемых ими водоносных пород - в соответствии с критериями, изложенными в § 1, п.Б1.

В. Особенности дренирования напорных водоносных пластов до их вскрытия карьером

1. Дренирование напорных водоносных горизонтов до их вскрытия карьером проводится в соответствии с требованиями, изложенными в § 1 (п.Е).

2. Если карьером вскрывается мощный и водообильный напорный горизонт, то напоры должны быть заблаговременно снижены до величин, исключающих возможность прорыва (см.

раздел 1, гл.1, § 2, п.Б) – при наличии выдержанного "водоупорного" слоя значительной мощности – или до кровли водоносного горизонта – при малой и невыдержанной мощности "водоупорного" слоя. Заблаговременное снижение напоров целесообразно проводить и в водоносных горизонтах с близко расположенными областями питания, определяющими устойчивые высокие водопритоки.

3. Открытые горные выработки часто располагаются на значительных удалениях от областей питания подземных вод. Если при этом мощность напорного водоносного горизонта сравнительно невелика, то представляется возможным отказаться от д л и т е л ь н о г о предварительного дренажа. Сюда же относится случай, когда водоносный горизонт приурочен к сравнительно слабопроницаемым породам с коэффициентом фильтрации менее 1–2 м/сутки, при любой их мощности, в которых водопонижение с помощью обычных технических средств затруднительно.

4. В указанных условиях величины водопритоков и масштабы фильтрационных деформаций, связанных с прорывом напорных вод, обычно могут быть легко снижены до безопасных пределов, если непосредственно на участке вскрытия напорного водоносного горизонта пробурить несколько самоизливающих скважин, которые за короткий срок (обычно не более нескольких суток) обеспечат требуемое снижение напора

Консервация напоров, которая будет иметь место в прибортовой зоне непосредственно до вскрытия водоносного горизонта карьером, обычно не вызывает опасений с точки зрения устойчивости борта в целом, так как на момент вскрытия водоносного горизонта, как правило, борт находится еще далеко от предельного положения.

5. Отказ от длительного предварительного дренажа напорного горизонта должен в каждом случае обосновываться анализом, включающим:

а) проверку устойчивости борта в целом при неснижениых напорах (в период, предшествующий вскрытию) – согласно разд.1, гл.1, § 1, п.Г;

б) расчет водопритоков к участку и их изменения во времени;

в) расчет суммарного притока к вскрываемому участку. При расчетах необходимо учитывать возможность снижения напоров до непосредственного вскрытия горизонта, обусловленного двумя факторами: во-первых, в процессе вскрышных работ происходит дренирование вышележащих водоносных комплексов, которое, ввиду перетекания, неизбежно, в большей или меньшей степени (в зависимости от коэффициентов фильтрации водоносных пород и "водоупора"), отражается на величине напора; во-вторых, снижению напоров способствует уменьшение давления на водоносный пластов связи с разработкой котлована.

6. После вскрытия напорного горизонта он дренируется в соответствии с рекомендациями п.А.

Г. Некоторые замечания по поводу взаимной увязки условий вскрытия месторождения и его осушения

1. Выбор участка первоочередного вскрытия должен осуществляться на основе предварительного гидрогеологического и инженерно-геологического районирования, выполненного по результатам детальной разведки месторождения.

2. Чаще всего оптимальное по горно-техническим условиям расположение разрезной траншеи создает условия, наиболее благоприятные для решения задач осушения. Однако в некоторых случаях целесообразно пойти на заведомое ухудшение условий вскрытия месторождения, имея в виду в дальнейшем обеспечить более благоприятные условия эксплуатации. Например, если вблизи контура карьера имеется река, то следует рассмотреть вариант вскрытия месторождения на его граничном участке, прилежащем к реке (возможно, с привлечением средств гидромеханизации), с последующим быстрым оформлением нерабочего борта и средств прибортового дренажа (§ 3). Ввиду того, что на нерабочем борту, вследствие его неподвижности, надежный дренаж осуществляется, как правило, проще и дешевле, чем на рабочем, с л е д у е т, п о в о з м о ж н о с т и, с т р е м и т ь с я р а с-

полагать нерабочий борт со стороны основного потока подземных вод. Выполнение этого требования нередко приводит к существенному снижению стоимости дренажных работ, так как на рабочем борту создаются наиболее благоприятные условия для работы горно-транспортного оборудования на весь период эксплуатации карьера.

3. При неглубоком (до 30–40 м) залегании подошвы водоносного горизонта нередко целесообразно первую вскрышную заходку проходить как оконтуривающую дренажную траншею в пределах объема строительной вскрыши, что значительно улучшает условия производства работ при последующих заходках и позволяет организовать стационарный водоотлив на весь период строительства /14/.

4. Проходка пионерных траншей, в зависимости от климатических условий, может быть приурочена или к летнему периоду года (в районах с суровыми климатическими условиями) или к зимне-весеннему периоду (в районах с резко выраженными ливневыми или паводковыми притоками, превышающими нормальный приток в десятки раз). В последнем случае пионерные траншеи рассматриваются, как временный водосборник, объем которого позволяет разместить единовременный максимальный приток.

§ 3. Дренаж нерабочего борта карьера [x)]

А. О целесообразности заградительного дренажа

1. Основной целью дренажа нерабочего борта является

---

x) Здесь имеются в виду все те карьеры, где нерабочий борт значительной протяженности оформляется уже к концу периода строительства или на первых этапах эксплуатации.

обеспечение его устойчивости. Поэтому для выбора рациональной схемы осушения необходимо исходить из критериев, изложенных в § 1 (п.В); согласно этим критериям, заградительный дренаж на нерабочем борту целесообразен в случаях, когда гидростатические и гидродинамические силы существенно снижают степень устойчивости борта (см. раздел 1, гл.1, § 1, п.В1)[x].

2. Заградительный дренаж оказывается также необходимым в случае горизонтов весьма высокой водообильности (удельный расход порядка 12-15 и более $м^3$/сутки на 1 пог.м откоса), приуроченных к мелко- и среднезернистым пескам, так как при таких высоких водопритоках без заградительного дренажа трудно обеспечить устойчивость откоса в пределах промежутка высачивания.

3. Заградительный дренаж иногда целесообразен при большом количестве (более 3-4) гидравлически обособленных и достаточно водообильных горизонтов, требующих создания громоздкой многоступенчатой (по высоте) водоотводной сети.

4. При оценке целесообразности и выборе схемы заградительного дренажа необходимо принимать во внимание возможность использования на нерабочем борту средств осушения, применявшихся для водопонижения в период строительства карьера.

Б. Рациональные схемы заградительного дренажа на нерабочем борту

1. При необходимости дренирования многослойной толщи неустойчивых водоносных пород (4-5 и более разобщенных водоносных горизонтов) целесообразно применение подземной системы осушения, позволяющей наиболее просто ор-

---

х) Под "заградительным" понимается такой дренаж, который частично или полностью захватывает фильтрующиеся воды на некотором удалении от откоса борта карьера.

танизовать централизованный водоотлив.

Оптимальное расстояние между сквозными фильтрами может определяться исходя из величины коэффициента заслона порядка 0,80–0,85. Фильтры всегда должны находиться за пределами "призмы возможного оползания".

Проходку штрека желательно начинать заблаговременно, с тем, чтобы использовать его уже в период строительства.

Если наиболее водообильный водоносный горизонт залегает в нижней части разреза, то от проходки подземных выработок можно отказаться, сделав упор на поглощающие скважины (п.2).

2. В некоторых случаях заградительный дренаж оказывается возможным осуществлять посредством поглощающих скважин, перепускающих воду из верхних горизонтов в нижележащие, дренируемые каким-либо иным способом.

Оптимальное расстояние между скважинами подбирается расчетом исходя из коэффициента заслона 0,8–0,85. При расчетах следует учитывать сопротивление фильтрующей засыпки.

Наиболее эффективно такие скважины могут применяться при необходимости осушения мощных толщ относительно слабо фильтрующих пород, при наличии залегающего ниже хорошо проницаемого горизонта, дренируемого другим способом /11,14/.

3. Особый случай возникает при наличии в основании борта напорного горизонта, не вскрытого карьером. Если расчеты по критериям § 1 (п.В1) подтверждают необходимость снижения напоров, то оно может быть легче всего осуществлено посредством линейной системы самоизливающих скважин, пройденных либо с подошвы карьера, либо с одной из низовых берм нерабочего борта. Наклонные и горизонтальные самоизливающие скважины, проходимые непосредственно из карьера, также могут применяться для опережающего снижения напоров в водоносных линзах или в выклинивающихся слоях, не вскрытых карьером, с которыми связана опасность прорыва (см.раздел 1, гл.1, § 2, п.Б). Расчет параметров

системы самоизливающих скважин может проводиться по формулам для скважин с заданным понижением.

4. Для водоносных горизонтов, подошва которых залегает на сравнительно небольшой глубине (до 10-15 м от поверхности), заградительный дренаж может быть осуществлен посредством открытых дренажных траншей, пройденных на удалении 100-200 м от борта.

5. В большинстве прочих случаев наиболее эффективным средством заградительного дренажа на нерабочем борту являются горизонтальные скважины, пройденные из карьера /8,12/. Скважины могут проходиться как перпендикулярно к линии простирания борта, так и под углом к ней; с точки зрения устранения высачивания при этом достигается примерно равноценный эффект, однако проходка скважин под прямым углом к линии простирания борта иногда предпочтительнее в силу того, что в таком случае величина снижения уровня в пределах "призмы возможного оползания" оказывается максимальной.

Длина скважин определяется гидрогеологическими, техническими и экономическими условиями. Например, если целью дренажа является только предотвращение выхода воды на откос, то более целесообразными оказываются часто расположенные неглубокие скважины. Если же, наряду с этим, предъявляется требование устранения или уменьшения гидростатического и гидродинамического давления во всей прибортовой зоне, то необходимо проходить скважины большей длины, чтобы перекрыть ими всю "призму возможного оползания". В отечественной и зарубежной практике обычно применяются скважины длиной 40-70 м, но встречаются случаи, когда глубина их достигает 200 м, при максимальном диаметре порядка 250-300 мм /3,17,18/. Расстояние между скважинами задается, исходя из требуемого снижения уровней и допустимого расхода высачивающегося на откос потока (см. разд.III).

6. Так как на месторождениях рассматриваемого типа заградительный дренаж обычно не может полностью перехватить поток подземных вод, то профильтровавшаяся к откосу вода должна приниматься горизонтальным прибортовым дренажем.

Б. Рациональные схемы прибортового дренажа

1. Если грунтовые воды поступают к откосу, то они могут вызвать развитие фильтрационных деформаций. Поэтому дренажная схема, в первую очередь, должна обеспечить устранение таких деформаций или их ограничение в допустимых пределах.

2. Универсальным способом обеспечения устойчивости откоса в пределах промежутка высачивания является создание горизонтального прибортового дренажа, который состоит из гравийно-щебеночной пригрузочной призмы в сочетании с водоприемной канавой, пройденной по водоудору (рис.12-а, 12-б).

Если среди вскрышных пород имеются среднезернистые или крупнозернистые пески, то их также можно использовать в качестве пригрузочного материала: в этом случае пригрузка устраивается несколько иначе (рис.12-в). Такая форма пригрузки может быть целесообразной в трех случаях:

а) когда трудно осуществить зачистку откоса; в этом случае пригрузочный материал может отсыпаться непосредственно на оплывший откос;

б) когда откос в пределах промежутка высачивания пригружается отвалами;

в) когда необходимо увеличить проезжую часть бермы.

В канаве укладываются дренажные трубы или устраивается бетонная облицовка; при малых расходах в укладке труб нет необходимости: канава может заполняться смесью грубообломочного материала и песка. В районах с низкими зимними температурами канава дополнительно утепляется слоем песка или другим материалом, предохраняющим от промерзания.

Если нерабочий борт пригружается внутренними отвалами большой высоты (более 30-40 м), то необходимо укладывать в канавы более прочные трубы или устраивать беструбные канавы, постепенно увеличивая крупность заполняющего материала от верхней части к нижней.

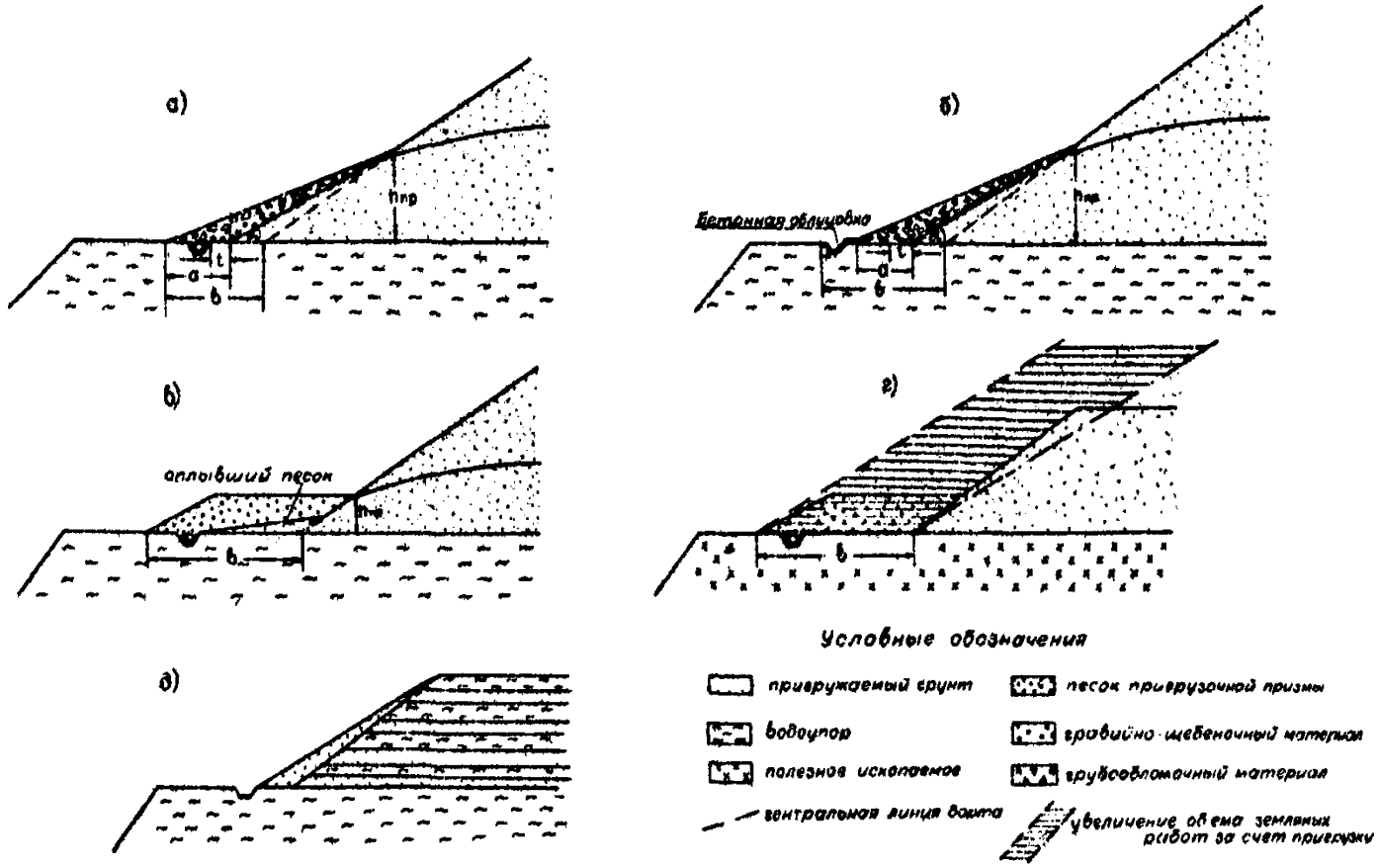


Рис. 12. Схемы дренажных пригрузок

Укладка дренажного материала должна проводиться на предварительно зачищенный откос; зачистка может осуществляться под защитой легких иглофильтровых установок или водопонижающих скважин, работающих в период строительства.

3. К материалу дренажной призмы не предъявляется высоких требований: нормальные условия для работы дренажа оказываются гарантированными при выполнении соотношений /16/: $\frac{D_{10}}{d_{50}} < 15\text{-}20$, $\eta < 5$ (d_{50} - средний диаметр частиц породы, D_{10} - эффективный диаметр частиц материала пригрузки, η - его коэффициент неоднородности). В наиболее ответственных случаях, в целях устранения возможности выноса мелких частиц, пригрузка устраивается в виде обратного фильтра.

4. Толщина дренажной призмы (а) определяется по графику, представленному на рис.6 (см.раздел 1), а высоту ее следует назначать с некоторым запасом, исходя из условия $h_{пр} = 1{,}2\ h_в$, где $h_в$ - расчетная высота промежутка высачивания.

Общую ширину пригружаемой части откоса (b) в тех случаях, когда она уменьшает генеральный угол наклона борта, следует принимать, по возможности, меньшей. Это относится, например, к тому случаю, когда пригрузка устраивается в основании нижнего вскрышного уступа (рис.12-г).

5. Расчетные расходы q_0 находятся по графикам $q_0 = f(t)$, где время t соответствует началу работы горизонтального дренажа. При наличии местных понижений в кровле водоупора расчетные величины удельных расходов должны уточняться непосредственно при устройстве канавы.

6. В случае пород с низкой проницаемостью типа супесей и легких суглинков схема прибортового дренажа упрощается: уступ пригружается в пределах промежутка высачивания слоем песка, предохраняющим породы от оплывания и оползания (см. также п.Г); толщина слоя и угол откоса уступа подбираются расчетом (разд.1, гл.1, § 2, п.Б). В основании уступа устраивается водоприемная канава, заполняемая хорошо фильтрующим песком или крупнообломочным материалом с песчаным

заполнителем. Аналогичная схема принимается и в случае мелкослоистых толщ, сложенных водоносными мелко- или тонкозернистыми песками, переслаивающимися с "водоупорными" породами (рис.12-д).

7. При отсутствии на месте материала для устройства дренажной призмы, а также, когда по тем или иным причинам устройство прибортового дренажа затруднительно (в первую очередь, при больших колебаниях отметок кровли "водоупора", затрудняющих самотечный водоотвод), он может быть заменен горизонтальными скважинами (п.Б).

Г. Мероприятия по обеспечению устойчивости глинистых пород

1. Глинистые породы, обнаженные при вскрытии, также могут претерпевать существенные деформации, вызванные, главным образом, уменьшением прочности пород при набухании (разд.1, гл.1, § 4, п.В). Подобных деформаций во многих случаях можно избежать, пригружая глинистый уступ слоем хорошо фильтрующего материала и придавая ему угол порядка 20-30^{0} /2/.

2. Мощность песчаного слоя должна назначаться, исходя из степени снижения прочности глин при набухании. Для этого на графике сопротивления сдвигу "отсекается" зона нормальных напряжений, при которых происходит заметное снижение первоначальной прочности. Мощность песчаной пригрузки назначается с таким расчетом, чтобы создаваемые ею напряжения в глинах лежали за пределом указанной зоны. Это мероприятие оказывается целесообразным для глин, характеризующихся относительно малой "силой эффективного набухания".

3. В ряде случаев, при относительно малой мощности слоя глинистых пород (до 5-7 м), пригрузка может осуществляться за счет вышележащих песков (рис.13-а). При наличии достаточно широкой бермы можно рекомендовать подвалку глинистого уступа крупнообломочным материалом (рис.13-б), если такой материал вывозится в отвалы по условиям разработки карьера.

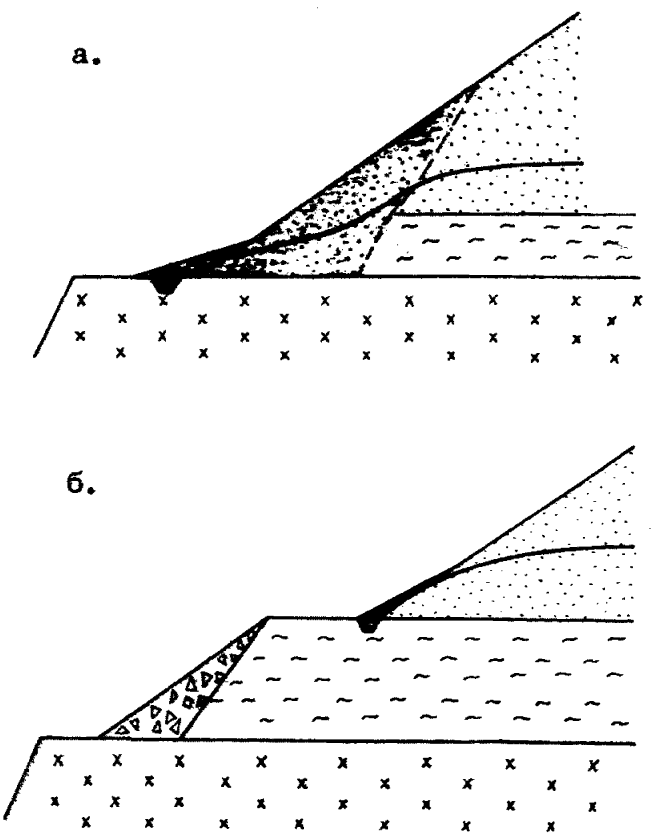


Рис. 13. Схемы пригрузки нерабочего уступа глинистых пород.

§ 4. Дренаж рабочего борта карьера

На рабочем борту дренаж должен обеспечить, наряду с устойчивостью откосов, нормальные условия для работы горного оборудования. Кроме того, нередко возникает задача снижения влажности полезного ископаемого. x) Вытекаю-

x) Вопросы осушения пласта полезного ископаемого рассмотрены в § 5.

щие из этих задач критерии целесообразной степени осушения пород изложены в § 1 (п.Г). Следует особо подчеркнуть, что при проведении оценок в соответствии с этими критериями (в частности, при расчете притоков), а также при обосновании интенсивности дренажа и расположения дренажных устройств необходимо учитывать скорость подвигания фронта работ. Ниже рассматриваются наиболее характерные условия, в которых целесообразен открытый (п.А) или глубинный (п.п. Б и В) дренаж со стороны рабочего борт.

А. Открытый дренаж

1. Если расходы подземных вод, поступающих к откосу, уже через 1-2 года после вскрытия водоносных пород не превышают критических величин (см.Приложение 4), то по окончании строительного водопонижения можно вести отработку уступа без заградительного дренажа, а скапливающиеся на площадках уступов воды могут отводиться открытыми канавами. Особенно широкие возможности для применения открытого дренажа возникают при использовании драглайнов и гидромониторов.

2. Для водоносных горизонтов, вскрытых карьером на полную мощность, при отсутствии внутренних отвалов, часто оказывается рациональной схема дренирования посредством открытых траншей, показанная на рис.14. При этом в фильтрующих породах оставляется "недобор" с таким расчетом, чтобы депрессионная поверхность проходила ниже основания вышележащего уступа.По мере подвигания забоя проходятся новые траншеи; расстояние между ними определяется оптимальным по горнотехническим условиям опережением вышележащего уступа, а также расчетным положением депрессионной поверхности. Мощность "недобора", как показывает опыт работы Лебединского и Сарбайского карьеров, целесообразно принимать не более 3-4 м. В этих условиях единственным фактором, ограничивающим возможность применения открытого дренажа, является требование достаточной устойчивости откосов дренажной траншеи, с тем, чтобы работы по ее зачистке были сокращены до минимума; со-

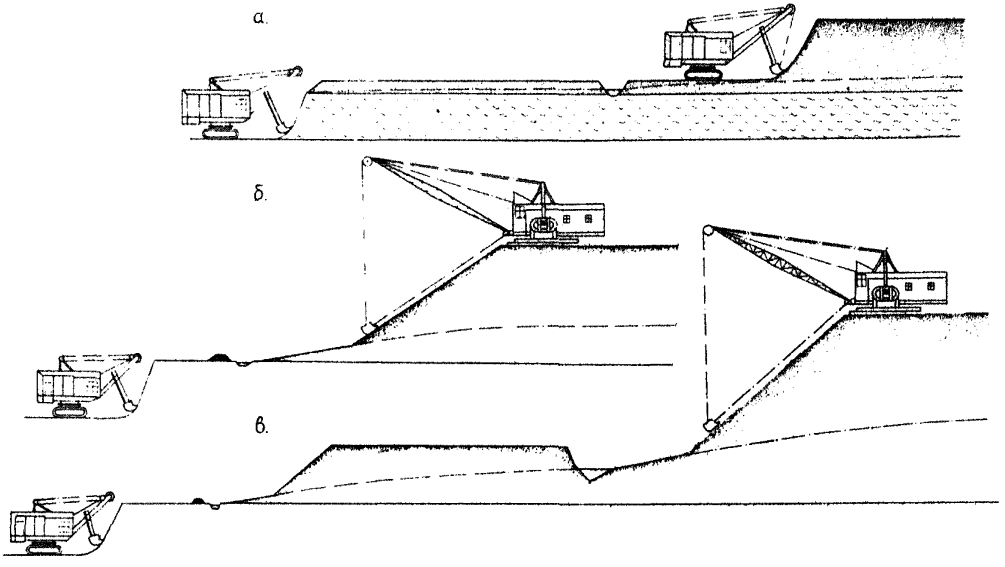


Рис. 14. Схемы открытого дренажа обводненных песков на рабочем борту

ответствующие критерии приведены в Приложении 4.

Особенно благоприятные условия для использования схемы с "недобором" возникают в тех случаях, когда в основании водоносной толщи залегают крупнозернистые пески или гравелистые отложения.

Иногда, при сравнительно больших притоках к откосу, целесообразно допустить высачивание на промежуточной берме (рис.14-в).

3. Аналогично п.2, открытые траншеи глубиной до 2-3м могут применяться для дренажа водоносных пород, непосредственно подстилающих полезное ископаемое (см. также § 5) или отделенных от него тонким водоупорным слоем мощностью до 1,5-2 м. Расстояние между последовательно проходимыми траншеями определяется положением депрессионных поверхностей, исходя из требования осушения нижнего добычного забоя, а также необходимого снижения уровней в основании внутренних отвалов (см.§ 1, п.Е). Обычно это расстояние принимается равным ширине одной (реже двух) заходки экскаватора.

4. При малой глубине залегания подошвы дренируемого горизонта (до 10-15 м) могут использоваться открытые дренажные траншеи, проходимые с большим опережением непосредственно с поверхности [x]. Ввиду менее жестких требований к устойчивости таких траншей, ими могут дренироваться достаточно водообильные горизонты. Первоначальное удаление траншеи от борта выбирается с учетом скорости движения рабочего уступа (срок службы траншеи должен составлять не менее 1,5-2 лет), а также, исходя из задаваемого времени снижения уровня на участке между траншеей и откосом.

При возможности создания большого опережения верхних уступов по отношению к нижним, открытие траншеи могут применяться и для дренажа более глубоко залегающих

---

x) В некоторых случаях, при работах по бестранспортной схеме, глубина траншей может быть увеличена до 20 и более метров, если это будет признано целесообразным по экономическим соображениям

водоносных горизонтов.

В условиях относительно неглубокого (до 30–40 м) залегания полезного ископаемого, при наличии свободного вскрышного оборудования, целесообразно рассмотреть вопрос о возможности проходки специальной дренажно-эксплуатационной траншеи со стороны движения основного потока подземных вод.

5. Достаточно часто встречаются случаи, когда рабочие уступы сложены водоносными глинистыми песками и песчаными глинами (породами с низкой проницаемостью – $K < 0{,}5$–1 м/сутки), либо же тонким переслаиванием этих пород с более "водоупорными" разностями. В подобных условиях глубинный дренаж обычного типа становится невозможным, в особенности, когда имеются "водоупорные" пропластки. Ввиду того, что специальные средства дренажа (вакуумирование, электроосмос) на бортах большой протяженности пока применить не представляется возможным (гл.1, § 5), здесь, в основном, приходится ориентироваться на открытый дренаж карьером [x].

Устойчивость уступов при этом часто оказывается обеспеченной, ибо ввиду подвижности борта процессы разуплотнения и вызываемые ими деформации (разд.1, гл.1, § 4 п.В) не успевают проявиться в достаточной мере. На тех участках, которые остаются в нерабочем положении на длительный срок, следует предусмотреть выполаживание уступа до устойчивого угла или пригрузку уступа фильтрующим материалом – при необходимости поддержания уступа в недеформированном состоянии (см. § 3, п.п. В и Г). Если над слабопроницаемыми породами залегает более водообильный горизонт, то следует, по возможности, устраивать широкую берму по слабопроницаемым породам – с целью увеличения длины пути фильтрации в них.

В тех случаях, когда открытый дренаж слабопроницаемых пород не обеспечивает нормальных условий работы

---

x) Для дренажа покровных отложений могут использоваться передовые траншеи.

экскаваторов (роторных, цепных, механических лопат и т.п.), целесообразно рассмотреть возможность отработки гидромониторами или драглайнами /7/.

Если средняя температура трех наиболее холодных месяцев оказывается ниже - 25-30°, то круг условий, в которых возможно применение открытого водоотлива, должен быть сокращен по сравнению с изложенным выше. Это объясняется тем, что при низких температурах свободное высачивание воды на откос приводит к дополнительным осложнениям в ведении горных работ (образование наледей) и в организации внутрикарьерного водоотвода.

7. Если на месторождении имеется несколько водоносных горизонтов и для осушения какого-либо из них целесообразен глубинный дренаж, то предназначаемые для этого средства осушения можно в ряде случаев использовать для сокращения объемов открытого водоотлива - посредством попутного оборудования фильтров на другие водоносные горизонты. Аналогичную оговорку следует сделать и для того случая, когда на месторождении проходится система штреков, необходимая по условиям организации водоотвода.

Б. Схемы дренажа, основанные на использовании водопонижающих скважин и подземных систем осушения

1. При проектировании глубинного дренажа на рабочих бортах, в качестве конкурирующих при технико-экономическом сопоставлении вариантов чаще всего следует рассматривать системы водопонижающих скважин и подземные системы осушения; обычно можно рекомендовать использование этих систем во всех случаях, кроме предусмотренных в пункте "В".

2. Для предварительных оценок можно дать следующие общие рекомендации.[x)]

---

x) Приводимые ниже критерии зависят от современного состояния технических средств осушения и должны изменяться по мере их совершенствования.

а. Водопонижающие скважины, оборудованные погружными насосами, целесообразно использовать для длительной эксплуатационной откачки из песчаных пород, при глубине откачки, не превышающей 100–150 м, и при коэффициентах фильтрации более 3–5 м/сутки. Если целью дренажа напорного водоносного горизонта является лишь снижение напоров, то скважины могут применяться и при меньших коэффициентах фильтрации (1–3 м/сутки).

Системы водопонижающих скважин обладают большими резервами с точки зрения снижения стоимости их эксплуатации. В настоящее время эти системы характеризуются сравнительно высокими эксплуатационными расходами, что обусловлено, главным образом, отсутствием надежных высоконапорных насосов. Внедрение таких насосов в практику водопонижения позволит резко сократить затраты на эксплуатацию систем водопонизительных скважин. Кроме того, имеются еще два пути увеличения эффективности этих систем. Первый из них состоит во внедрении автоматического централизованного регулирования работы насосов. Второй путь заключается в использовании скважин с увеличенной водоприемной частью.

б. При бо́льших глубинах обычно экономически более выгодной оказывается подземная система осушения. Дренажные штреки с фильтрами можно применять и при меньших глубинах, когда необходимо осушение сравнительно плохо фильтрующих пород (коэффициент фильтрации от 1 м/сутки до 3–5 м/сутки).

в. Если дренажный штрек можно пройти непосредственно по фильтрующим породам, то подземной системе осушения должно быть отдано предпочтение и в некоторых других случаях, когда применяется бестранспортная схема ведения горных работ с подвалкой водоносных пород (§ 5).

г. Подземную систему осушения иногда целесообразно использовать при сравнительно малых глубинах, когда основные притоки к карьеру обусловлены близко расположенной рекой или поверхностным водоемом. В этом случае штрек располагается на участке между рекой (водоемом) и карьером.

д. Особым случаем является использование подземных выработок для централизации водоотлива; для этого иногда оказывается целесообразной проходка дополнительного штрека и сбросных скважин, пробуренных из карьера. В первую очередь это относится к тем карьерам, где горно-геологические условия не позволяют организовать эффективный отвод воды из дренажных канав, расположенных в основании внутренних отвалов (гл.У1).

3. Штрек во всех случаях следует располагать, по возможности, в самом дренируемом горизонте или как можно ближе к нему, с целью замены сквозных фильтров забивными, сокращения глубины откачки и увеличения дренирующего эффекта самого штрека. Целесообразно проходить штрек под некоторым углом (порядка 10-15°) к линии простирания борта; при этом штрек срабатывается карьером постепенно, так что не происходит резкого изменения в характере высачивания по всей длине борта.

4. Об оборудовании водопонижающих скважин в многослойной толще.

а. Если наиболее водообильный из горизонтов, вскрываемых карьером, залегает в нижней части разреза, то скважины целесообразно оборудовать фильтрами на каждый из обособленных водоносных слоев, а насос устанавливать в нижнем горизонте (верхний край всасывателя на уровне подошвы горизонта).

б. Если наиболее водообильный горизонт залегает в средней или верхней части разреза, то (при наличии разделяющих водоупоров) возможны два варианта — или вести откачку из всех слоев одновременно (при сравнительно малой разности отметок подошв водоносных горизонтов), или заглублять скважины только до подошвы водообильного горизонта, а нижележащие слои дренировать самостоятельными системами; оптимальный вариант должен в этом случае выбираться на основании экономических расчетов.

в. Если скважины, дренирующие породы вскрыши, одновременно предназначаются для снятия напоров в почве пласта полезного ископаемого , то не следует во всех случаях заглублять насосы до отметок напорного водоносного горизонта; глу-

бина погружения насосов в этом случае определяется фильтрационным расчетом, исходя из требуемого понижения напоров.

г. Если слабопроницаемый пласт, подстилающий водоносный горизонт, имеет проводимость значительно (по крайней мере в 15–20 раз) меньшую, чем проводимость водоносного слоя, то эффективного осушения слабопроницаемого слоя обычно достигнуть не удается, так что оборудовать на него фильтры нет смысла; вообще же комбинированные скважины, оборудованные на водоносные горизонты с существенно различными фильтрационными свойствами, нередко быстро выходят из строя, так как обычно бывает трудно достаточно качественно выполнить обсадку скважин.

д. При использовании откачиваемых вод в целях водоснабжения совместная откачка из нескольких горизонтов может оказаться недопустимой, ввиду требований, предъявляемых к качеству воды.

5. Водопонижающие системы необходимо закладывать после тщательного изучения геологической обстановки. Это позволит приурочить дренажные выработки к участкам, где водоносный слой достигает максимальной проводимости, к понижениям кровли водоупора и т.п.

6. О расположении дренажных устройств вблизи несовершенного котлована (карьера).

а. При залегании водоупора на значительной глубине от подошвы карьера (более 15–20 м) понижение уровня вод по площади карьера обычно достигается при минимальном числе дренажных выработок с помощью однолинейных систем водопонижающих скважин. Исходя из срока службы этих скважин (3–4 года), целесообразно располагать их от борта или от ряда скважин, осуществляющих строительное водопонижение, на расстоянии, равном четырех– пятикратной величине годового подвигания фронта работ. При значительной скорости подвигания (более 100 м в год) приходится выбирать величину опережения меньшей и, соответственно, сокращать срок службы водопонижающих скважин. При транспортной системе, в условиях сравнительно медленного подвигания

фронта работ, иногда предпочтительнее площадное расположение скважин – по подошве карьера.

в. Контурные системы скважин в случае несовершенных котлованов обычно целесообразно применять лишь в том случае, когда они необходимы для осушения вышележащих горизонтов, по отношению к которым котлован является совершенным. При этом следует понимать, что сгущение скважин (фильтров) контурной установки выше определенного предела почти не сказывается на эффекте снижения уровня под дном котлована (рис.15).

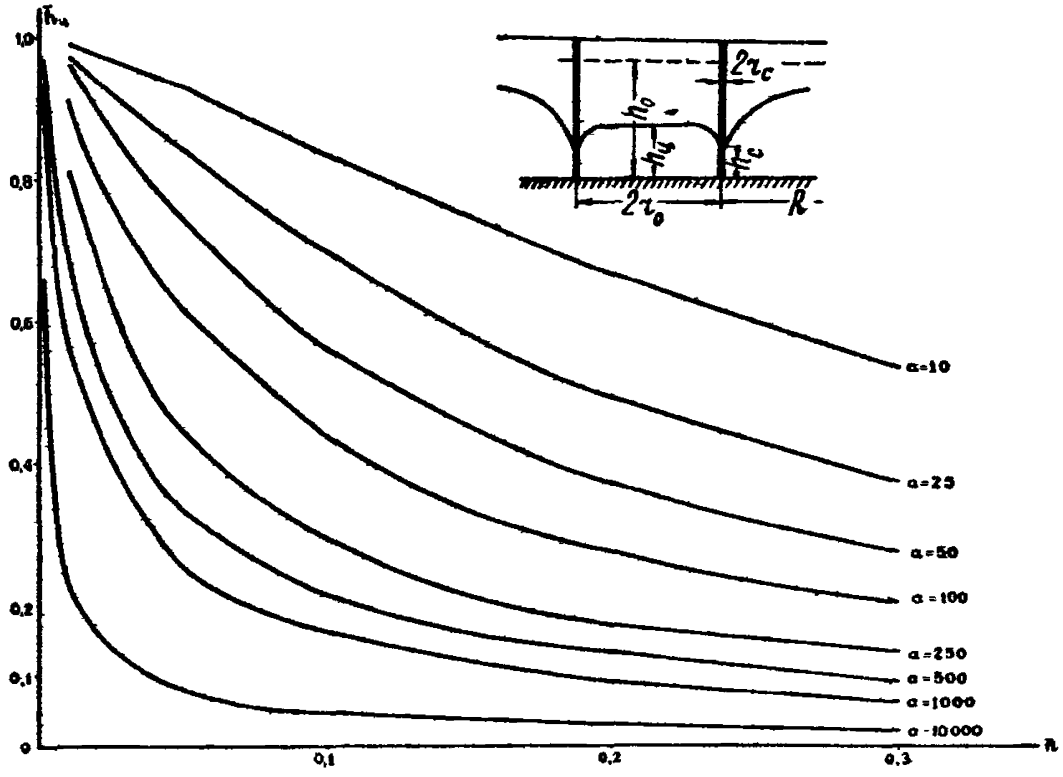


Рис. 15. График функции $\bar{h}_ц = f(\bar{n})$; $\bar{h}_ц = \frac{h_ц}{h_0}$; $\bar{n} = \frac{n r_c}{r_0}$; $a = \frac{r_0}{r_c} \ln \frac{R}{r_0}$; $h_c^2 \ll h_0^2$!

г. При относительно малой мощности водоносных пород в подошве карьера (до 5–10 м) иногда целесообразно не добиваться снижения уровня подземных вод ниже подошвы карьера, а допустить некоторое высачивание их на откосах. В этих условиях подход к выбору водопонижающих систем должен быть принципиально таким же, как и в случае совершенных котлованов.

д. Фильтрационный расчет обычно может вестись, как для скважин с заданным расходом (в отличие от случая со-

вершенного котлована), исходя из требуемой величины понижения уровня на площади карьера.

7. О расположении дренажных устройств вблизи совершенного котлована (карьера).

а. Дренажные выработки чаще всего следует располагать в виде однорядных контурных систем, параллельных фронту горных работ.

б. Двухрядные системы иногда целесообразно использовать в качестве временных средств осушения - в первые годы эксплуатации карьера, пока существенно сказывается неустановившейся режим фильтрации на участке между внешним рядом скважин и бортом; при этом в качестве внутреннего дренажного ряда используются обычно водопонижающие скважины, осуществлявшие строительное водопонижение (§ 2), или ряд иглофильтров (п.В).

Двухрядные системы целесообразно использовать в течение всего периода эксплуатации в тех случаях, когда из-за большой скорости подвигания фронта работ одноконтурные системы не могут обеспечить своевременную сработку статических запасов подземных вод на участке между дренажным рядом и бортом карьера (см.также п.п. "в" и "г").

в. Первоначальное расстояние от дренажного контура до борта или до ряда скважин, осуществлявших строительное водопонижение, назначается с учетом гидрогеологической обстановки (п.5), а также скорости продвижения фронта работ, с тем, чтобы обеспечить нормальные условия работы оборудования в течение нескольких лет. Так, если дренаж осуществляется водопонижающими скважинами, то целесообразно принимать это расстояние равным четырехпятикратной величине годового подвигания фронта работ, ибо срок службы водопонижающих скважин, при условии достаточно качественного их оборудования, составляет в среднем 3-4 года. Если же дренаж осуществляется подземной системой осушения, то указанное расстояние может быть увеличено в 1,2-1,5 раза. Затем необходимо провести оценку выбранного расстояния с точки зрения скорости сработки статических запасов подземных вод на участке между

рядом и карьером или контуром, осуществлявшим строительное водопонижение; если этот процесс протекает слишком медленно и притоки к откосу борта в течение длительного времени оказываются недопустимо высокими (с точки зрения фильтрационных деформаций пород), то следует либо уменьшить первоначально выбранное расстояние, либо предусмотреть работу второго (внутреннего) дренажного контура (иглофильтров или водопонижающих скважин); оптимальный вариант выбирается в этом случае на основе экономического расчета.

Так как по мере приближения борта карьера к дренажному ряду (т.е. с уменьшением расстояния от ряда до контура стока) величины расчетных понижений в скважинах, а следовательно - и дренажный эффект, уменьшаются, то проектом должно определяться минимально допустимое расстояние от ряда до борта (по величинам допустимого притока к откосу - § 1 п.Г).

г. Дальнейшее продвижение рабочего борта потребует заблаговременного введения нового дренажного контура до того момента, когда предполагается демонтировать скважины старого контура, или когда горными работами будут ликвидированы сквозные (забивные) фильтры этого контура; величина указанного опережения по времени определяется, исходя из скорости сработки статических запасов подземных вод на участке между двумя контурами: к моменту ликвидации старого контура возможные притоки в карьер не должны превышать допустимых величин (см.§ 1, п.Г).

д. В случае неоднородных в плане толщ (выклинивающиеся слои, линзы и т.д.) расположение дренажных выработок определяется расположением наиболее обводненных участков.

е. Расположение дренажных штреков или рядов скважин по сетке в условиях горизонтального залегания слоев и совершенных котлованов лишено смысла, так как в большинстве случаев полного перехвата подземных вод при этом добиться невозможно, а необходимый коэффициент заслона может быт обеспечен с меньшими затратами контурным дренажем. Если же имеется возможность полного перехвата потока (штреки проходятся непосредственно по почве осушаемого пласта),

то требуемый осушительный эффект достигается контурной системой при меньшей общей длине выработки, чем в условиях расположения их по сетке – разница составляет 40–60%. Поэтому лишь в тех случаях, когда имеются крупные понижения в кровле водоупора ("ложбины стока") или участки с резко повышенной проводимостью, оказывается целесообразным проходить приуроченные к ним дополнительные дренажные выработки: ряды скважин или штреки (в частном случае – штольни непосредственно из карьера) со сквозными или забивными фильтрами и колодцами в почву.

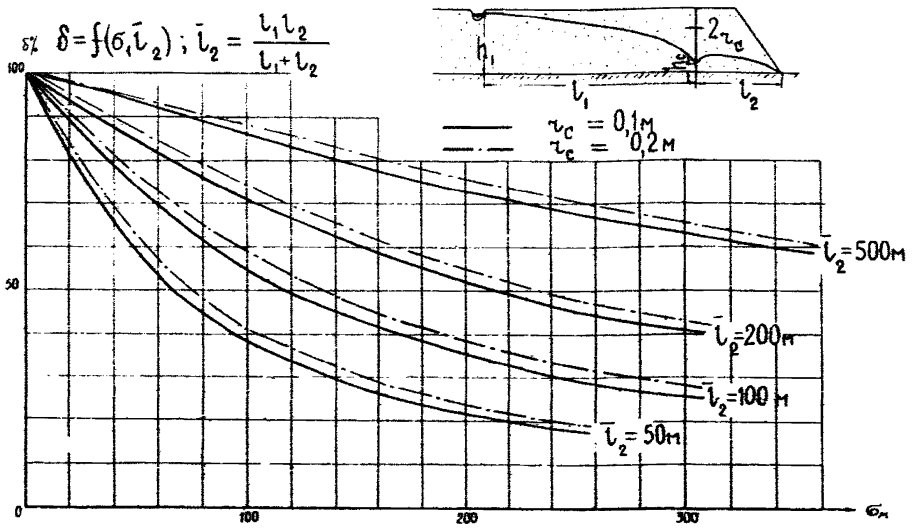
ж. Профильтровавшаяся между скважинами (фильтрами) вода должна приниматься открытыми дренажными канавами. Так как с развитием фронта работ периметр карьера постепенно возрастает, то приток на один погонный метр борта будет уменьшаться (иногда в несколько раз), а потому все больший процент внешнего притока может быть пропущен к карьеру. При этом требуемое число скважин (фильтров) дренажного контура может быть уменьшено, или же может быть увеличено удаление контура от борта (расстояние между контурами). Динамику этого процесса следует учитывать при расчетах – как гидромеханических, так и экономических.

з. Расстояние между скважинами (фильтрами) в рассматриваемом случае определяется так же как для выработок с заданным понижением. За основу в этих расчетах принимается величина допустимого притока к откосу (§ 1 п.Г) или оптимальная величина притока к линии иглофильтров (если они используются в качестве внутреннего дренажного контура).

Расчеты требуемого расстояния между скважинами (фильтрами) должны проводиться для каждого характерного участка карьерного поля, для нескольких характерных этапов работы карьера – с учетом изменения очертаний рабочего борта во времени и скорости продвижения фронта работ.

Для приближенных оценок требуемого расстояния между скважинами можно пользоваться графиком (рис.16).

8. Для дренирования напорных водоносных горизонтов, лежащих ниже пласта полезного ископаемого и не вскрываемых



Примечание: график построен для случая плоского одномерного потока, в прочих случаях следует предварительно осуществлять приведение двухмерного потока к эквивалентному одномерному (см. разд.III).

Рис. 16. График для определения расстояния между скважинами

карьером, (в соответствии с критериями § 1, п.Е), чаще всего могут использоваться самоизливающие скважины (п.В). Однако, иногда более целесообразно для снятия напоров использовать водопонижающие скважины, проходимые с подошвы карьера или с низовой бермы; при значительной мощности водоупорного слоя величина понижения в таких скважинах оказывается намного больше, чем в самоизливающих, так что требуемое количество скважин может быть резко уменьшено. Целесообразность такой замены самоизливающих скважин водопонижающими в каждом случае должна обосновываться технико-экономическим расчетом.

В некоторых случаях снижение напоров целесообразно осуществлять скважинами или подземными системами осушения, предназначенными для дренажа пород вскрыши и полезного ископаемого, - если мощность разделяющего "водоупора" сравнительно невелика (до 8-10 м), а использова-

ние самоизливающих скважин существенно затрудняет ведение горных работ (например, при бестранспортной системе отработки с подвалкой добычного уступа).

В. Схемы осушения с использованием других средств глубинного дренажа

1. Дренаж с помощью иглофильтровых установок

а. Область применения легких иглофильтров на карьерах существенно ограничивается следующими причинами:

1) иглофильтры трудно использовать при вскрышных работах с внутренним отвалообразованием;

2) иглофильтровые установки загромождают рабочее пространство трубами и мешают нормальному ходу вскрышных работ;

3) возможная глубина откачки иглофильтрами не превышает 5,5–6 м;

4) для рационального применения иглофильтров необходимо иметь значительное (порядка 50–70 м) опережение вышележащего уступа, с тем чтобы "шаг переноски" иглофильтровых установок был достаточно большим;

5) иглофильтры неэффективны при первоначальной мощности потока на линии их установки, меньшей 2–2,5 м.

б. Преимущества легких иглофильтров заключаются в их высокой мобильности, простоте и быстроте установки, в достижении высокого коэффициента заслона, в возможности использования в породах со сравнительно малыми коэффициентами фильтрации (1–5 м/сутки). Поэтому обычно легкие иглофильтры целесообразно применять в качестве вспомогательного средства дренажа. Если, например, расчеты покажут, что открытый дренаж со стороны рабочего борта становится возможным уже через первые 1–1,5 года эксплуатации карьера, то в первоначальный период целесообразно проводить дренаж не скважинами или подземной системой, а именно иглофильтрами, требующими сравнительно малых капитальных затрат. Кроме того, иглофильтры являются удобным средством при дренаже сильно обводненных участков, приуроченных к понижениям водоупора, зонам повышенной проводимости и т.п.

в. Эжекторные иглофильтры могут использоваться со стороны рабочего борта в течение продолжительного времени для дренажа сравнительно неглубоко залегающих (подошва на глубине до 15–20 м) водоносных горизонтов с коэффициентами фильтрации от 3–4 м/сутки до 12–15 м/сутки. В этом случае иглофильтры должны устанавливаться на возможно большем удалении от откоса – для уменьшения числа монтажей-демонтажей и для увеличения дренирующего эффекта. В прочих условиях эжекторные иглофильтры оказываются обычно менее рентабельными, чем водопонижающие скважины или легкие иглофильтры.

2. Дренаж с помощью поглощающих скважин

а. В ряде случаев эффективным средством дренажа на рабочем борту являются поглощающие скважины, однако их можно использовать лишь в довольно узком круге гидрогеологических условий, определяемом требованиями: $\kappa_1 m_1 \ll \kappa_2 m_2$; $H_1 > H_2$, где индексы 1 и 2 относятся, соответственно, к дренируемому и поглощающему горизонтам.

б. При использовании эффекта поглощения появляется возможность "осушения без откачки": отбор воды из нижнего водоносного пласта можно временно приостанавливать, между тем как осушение верхнего слоя будет продолжаться.

в. Поглощающие скважины, во избежание кольматации, требуют особенно тщательного оборудования их фильтрами (см. гл. 1, § 5).

г. Поглощающие скважины следует рассчитывать как скважины с заданными напорами.

3. Дренаж самоизливающими скважинами

Для дренажа напорного горизонта, залегающего ниже пласта полезного ископаемого и не вскрытого карьером, в соответствии с критериями § 1 п.Е, обычно целесообразно использовать самоизливающие скважины, пробуренные с подошвы карьера и расположенные по линии, параллельной фронту горных работ; после продвижения фронта устраивается новый ряд скважин, а старый может использоваться для дренажа выработанного пространства (подробнее см.гл.У1). Самоизли-

вающие скважины рассчитываются как скважины с заданными напорами.

На карьерах с внутренним отвалообразованием (особенно при работе с подвалкой) использование самоизливающих скважин может существенно затруднять ведение горных работ. В этих условиях вместо самоизливающих скважин иногда лучше использовать скважины с насосами, пробуренные с площадок уступов или с поверхности, а также фильтры (колодцы), пройденные из дренажных штреков.

4. Дренаж горизонтальными скважинами

Дренаж горизонтальными скважинами со стороны рабочего борта является весьма перспективным способом как для пород вскрышной толщи, так и для полезного ископаемого. При транспортной схеме работ скважины целесообразно бурить по "недобору" в фильтрующих породах (рис.17), как это де-

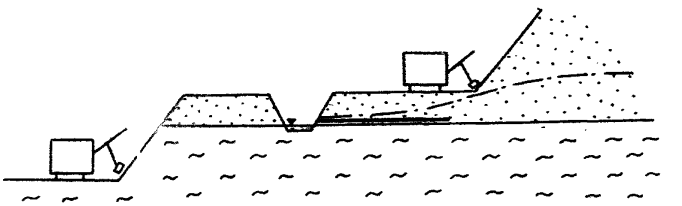


Рис. 17. Схема дренажа рабочего борта горизонтальными скважинами.

лается на Лебединском карьере КМА. При внутреннем отвалообразовании возможен вариант отработки обводненных пород под защитой горизонтальных скважин, проходимых непосредственно из карьера (рис.18). Во всех случаях желательно использовать фильтры, легко разрушаемые ковшом экскаватора (например, фильтры из пористого бетона).

§ 5. Осушение пласта полезного ископаемого

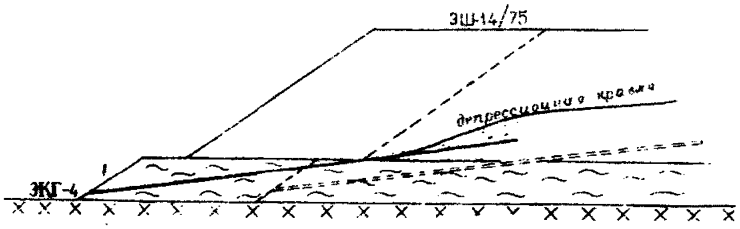
А. Особенности дренирования пласта полезного ископаемого

1. Если к полезному ископаемому или к непосредствен-

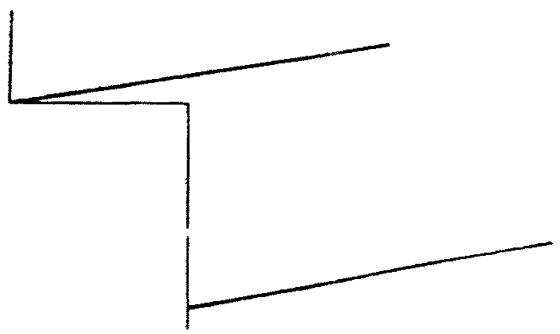
ко подстилающим его породам приурочены водоносные горизонты, то применение бестранспортных систем с подвалкой пласта полезного ископаемого значительно сокращает или вообще исключает возможности использования открытого дренажа. Кроме того, затрудненность организации внутрикарьерного стока часто вызывает необходимость отказа от водопонизительных скважин в пользу подземных систем осушения, которые позволяют легче осуществить централизованный водоотлив и обеспечить осушение основания внутренних отвалов.

2. Наоборот, транспортная система работ, а также транспортно-отвальная - при наличии открытой площадки не менее 10-15 м по почве пласта полезного ископаемого - создает благоприятные возможности для решения перечисленных задач.

3. Все дренажные мероприятия могут быть эффективными, с точки зрения снижения влажности полезного ископае-



а. в разрезе



б. в плане

Рис. 18. Схема отработки песков и глин при дренаже горизонтальными скважинами

мого, лишь при условии правильно организованного внутрикарьерного стока (гл.УП).

4. Вопрос об осушении полезного ископаемого должен решаться не обособленно, а в комплексе с вопросами осушения пород вскрыши и подошвы карьера.

5. Если в снижении влажности полезного ископаемого нет необходимости, то дренаж можно осуществлять в соответствии с принципами, изложенными в § 4, руководствуясь критериями § 1, п.Д3. Поэтому ниже (п.п.Б и В) рассмотрены лишь вопросы осушения полезного ископаемого для условий, когда необходимо снижение его влажности.

Б. Случаи, когда целесообразно дренирование самого пласта полезного ископаемого

1. Дренирование самого пласта полезного ископаемого целесообразно при выполнении условия II.1 (§ 1). Как правило, в этом случае для осушения пласта полезного ископаемого и контактирующих с ним водоносных пород (если таковые имеются) следует ориентироваться на глубинный дренаж, исходя из критериев § 1, п.Д1.

2. Если непосредственно под полезным ископаемым или в толще его имеются "водоупорные" слои, то схемы водопонижения во многом аналогичны описанному выше (§ 4) случаю совершенного котлована. Однако, в отличие от сказанного в § 4, в целях осушения полезного ископаемого следует стремиться к дальнейшему сокращению высачивания на откосе - согласно критериям § 1 п.Д1. При ведении работ с подвалкой полезного ископаемого это требование усугубляется необходимостью обеспечения устойчивости отвалов и сложностью организации водоотвода в подошве карьера. Наиболее целесообразно в подобных условиях проходить непосредственно по пласту полезного ископаемого контурный дренажный штрек.

а. При отсутствии в пласте полезного ископаемого водоупорных прослоев такой штрек позволит полностью пере-

хватить поток подземных вод.

б. При наличии таких прослоев, штрек должен сочетаться со сквозными или забивными фильтрами. В этом случае полезное ископаемое обычно не может быть полностью осушено и часть подземных вод будет высачиваться на откосах. При определении необходимого расстояния между фильтрами следует поэтому исходить из заданного коэффициента заслона, который целесообразно принимать равным 0,9–0,95.

в. Если работы ведутся без подвалки, то коэффициент заслона может быть уменьшен до 0,8–0,85. В условиях транспортной схемы работ целесообразно оставлять "недобор" в основании продуктивного пласта, что позволит применить дренаж, аналогично тому, как это описано в § 4. Для районов с низкими зимними температурами такая схема позволит отрабатывать нижнюю обводненную часть пласта в летний период.

г. В целях ускорения сработки статических запасов подземных вод на участке между контурной дренажной системой и бортом карьера могут проходиться дополнительные водопонижающие скважины, а также горизонтальные скважины из карьера.

д. При наличии значительных понижений водоупорного ложа, ориентированных примерно перпендикулярно фронту работ, по ним можно также проходить дополнительные скважины или дренажные штреки.

е. Если проходка дренажных выработок непосредственно по пласту полезного ископаемого представляет большие технические трудности, то можно рекомендовать сравнение по экономическим показателям двух следующих схем: 1) штрек, пройденный по устойчивым породам ниже пласта полезного ископаемого (со сквозными или забивными фильтрами), и 2) контурная система водопонижающих скважин; при возможности использования эффекта поглощения вместо водопонижающих скважин могут применяться поглощающие скважины. Обычно следует отдавать предпочтение первой из этих систем, так как она дает более высокий коэффициент

заслона, особенно при работе по бестранспортной схеме с подвалкой; водопонижающие скважины, как правило, целесообразны лишь при схеме работ с "недобором" или при возможности применения горизонтальных скважин.

ж. Относительно фильтрационных расчетов дренажных систем можно повторить все то, что говорилось по этому вопросу в § 4.

3. В тех случаях, когда в толще полезного ископаемого и непосредственно под нею нет "водоупорных" слоев, схемы водопонижения и их расчет аналогичны описанному выше (§ 4) случаю несовершенного котлована.

4. Осушение полезного ископаемого чаще всего может проводиться с небольшим опережением во времени по отношению к добычным работам (порядка месяца). Лишь в некоторых случаях (разд.1, гл.II, § 1) является целесообразным осушение со значительным опережением во времени.

В. Случаи, когда дренирование самого пласта полезного ископаемого нецелесообразно

1. Дренирование самого пласта полезного ископаемого оказывается нецелесообразным, если не выполнены условия II.1 (§ 1). В этом случае скважины и фильтры, пройденные по полезному ископаемому, могут дать заметный эффект лишь при очень близком расположении их друг от друга (порядка 0,5–2 м), а радиус действия дренажного штрека, пройденного в полезном ископаемом, оказывается весьма незначительным. В этих условиях чаще всего следует предназначать осушительные устройства лишь для дренажа контактирующих с полезным ископаемым водоносных слоев, нередко сочетая глубинный дренаж с открытым, в соответствии с критериями § 1, п.Д2.

2. Для водоносного горизонта, перекрывающего пласт полезного ископаемого, принципы применения открытого водоотлива и глубинного дренажа должны быть, в целом, аналогичными изложенным в § 4 для схемы совершенного котлована. Однако, имеются и некоторые отличия в подходе, отме-

ченные в § 1, п.Д2. Поэтому, в частности, в условиях резко выраженной волнистости кровли пласта полезного ископаемого иногда целесообразно сократить объем открытого водоотлива, проходя по пониженным участкам дополнительные ряды скважин, сквозных или забивных фильтров; при этом дренажные устройства размещаются на площади, подлежащей отработке в течение ближайших 1-2 лет; расположение их определяется положением понижений кровли "водоупора" (пласта полезного ископаемого). Подобные схемы имеют смысл лишь тогда, когда в результате их применения существенная площадь кровли пласта полезного ископаемого в пределах заходки экскаватора оказывается "полностью" осушенной. Наблюдения на карьерах показывают, что это оказывается возможным только в том случае, когда обводненность пород сравнительно невелика (притоки не превышают 0,5-1 $м^3$/сутки на 1 пог.м протяженности борта), а волнистость кровли пласта полезного ископаемого выражена достаточно резко (несколько метров на сто метров борта). Вопрос о целесообразности проходки упомянутых дополнительных дренажных выработок для осушения кровли пласта полезного ископаемого должен, в общем случае, решаться лишь после вскрытия продуктивного пласта и выяснения по данным геологических и гидрогеологических наблюдений влияния волнистости водоупора на характер высачивания.

3. Для дренажа водоносных пород, подстилающих полезное ископаемое, могут применяться открытые траншеи, пройденные в подошве карьера, - если их нормальное функционирование не нарушается интенсивным оплыванием (величины соответствующих "критических" притоков приведены в приложении № 4). При значительных водопритоках снижение уровней осуществляется водопонижающими скважинами или колодцами, проходимыми чаще всего с подошвы карьера.

В ряде случаев, при транспортно-отвальной системе отработки, когда ширина пространства между добычным забоем и основанием внутренних отвалов не превышает 10-15 м, а также при работе с подвалкой целесообразно использовать фильтры x) и колодцы, глубиной до 5-6 м, пройденные в поч

x) Фильтры работают на самоизлив

ву дренажного штрека. Штрек может проходиться как по полезному ископаемому - параллельно фронту работ, так и непосредственно по дренируемому слою. Для неглубоких карьеров (менее 40-50 м) и в этих случаях вместо штреков часто можно использовать линейную систему водопонижающих скважин; однако проходить их следует не с подошвы карьера, а с поверхности.

4. Изложенные способы дренажа водоносных пород, контактирующих с полезным ископаемым, иногда приводят к некоторому уменьшению влажности полезного ископаемого, по сравнению с естественной,-за счет удаления из него гравитационной воды. Однако очень часто в рассматриваемом случае гравитационная вода в полезном ископаемом или вообще отсутствует или характеризуется ничтожно малым процентным содержанием. В этих условиях роль дренажных мероприятий сводится, главным образом, к тому, что во многих случаях они позволяют предотвратить дополнительное увлажнение пласта полезного ископаемого, которое имеет место при уменьшении нагрузки на него в связи с выемкой перекрывающих пород, а также в связи с возникновением в нем направленных вверх гидродинамических сил (разд.1, гл.1, § 4, п.В). В этом плане максимальный эффект достигается путем снижения напоров в водоносном горизонте, подстилающем пласт полезного ископаемого, а также путем "полного" осушения кровли пласта полезного ископаемого на ее повышенных участках.

Снижение стоимости горизонтального бурения может сделать целесообразным применение часто расположенных (через 1-2 м) горизонтальных аэрирующих скважин в целях уменьшения влажности полезного ископаемого /18/.

Г Л А В А Ш

ДРЕНАЖ КАРЬЕРОВ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ПОДГРУППЫ А-2

К подгруппе А-2 относятся месторождения, в сложении которых существенную роль играют мягкие связные и

плотные глинистые породы, при наклонном залегании слоев (угол падения более 4-5°). Водоносные горизонты обычно приурочены к слоям угленосных или сцементированных песчанистых пород, реже - к слоям карбонатных пород или к песчано-гравийным отложениям. Наличие выдержанных слоев пород глинистого состава, с одной стороны, способствует "консервации" высоких напоров в водоносных слоях лежачего бока, не вскрытых карьером, а с другой стороны - обусловливает развитие процессов набухания - разупрочнения (разд.1, гл.1, § 4 п.В). Поэтому ведение открытых горных работ на таких месторождениях обычно существенно осложняется неустойчивостью пород в откосах и их обводненностью. Примерами месторождений этого типа являются месторождения Северо-Уральского угольного бассейна, Канско-Ачинского угольного бассейна, ряд угольных месторождений Восточной Сибири и Дальнего Востока.

§ 1. Особенности осушения пород при наклонном залегании слоев

Принципиальный подход к дренажу наклонно залегающих водоносных горизонтов существенно отличается от случая горизонтально залегающих толщ, что объясняется рядом особенностей как гидромеханического, так и горнотехнического характера /6,10/.

1. Питание водоносных горизонтов при наклонном и крутом падении слоев горных пород осуществляется, в основном, не по площади распространения горизонта, а по участкам выходов на поверхность или контактов с водообильными покровными отложениями. Поэтому очень часто в первые годы работы карьера преобладающая часть притоков, поступающих к карьерному полю, обусловлена сработкой статических запасов подземных вод, которые обычно сравнительно невелики в связи с относительно малой величиной водоотдачи (исключение могут составлять лишь прослои карбонатных пород).

2. Осушение наклонно залегающих толщ, по сравнению с горизонтально залегающими, идет более интенсивно, что связано с увеличением градиентов фильтрации за счет уклона водоупора, а также со сравнительно небольшими расстояниями до областей выхода водоносного пласта на поверхность. Осушение идет тем интенсивнее, чем круче падение пласта.

3. По этим причинам в продолжение всего периода дренирования наклонно залегающего водоносного горизонта режим фильтрации нередко остается неустановившимся - происходит постепенное истощение горизонта. В частности, при моноклинальном залегании пород пересечение водоносного горизонта бортом карьера приводит к резкому сокращению водопритоков к противоположному (расположенному ниже по падению слоев) борту.

В связи со сказанным, на месторождениях рассматриваемого типа уже через несколько лет после вскрытия водоносных пород притоки к карьерному полю нередко уменьшаются в несколько раз.

4. В условиях наклонного залегания водоносных слоев во многих случаях можно с течением времени практически полностью предотвратить выход подземных вод на откосы бортов карьеров (при отсутствии резких понижений в кровле наклонного водоупора). Это, в первую очередь, относится к тем участкам борта, на которых падение слоев направлено в сторону от карьера, причем даже малый уклон (3-5°) нередко способствует резкому увеличению эффективности дренажа. Поэтому здесь улучшаются как условия работы горного оборудования, так и условия устойчивости осушаемых водоносных пород, а также пород, слагающих "водоупор".

5. В связи с повышенной прочностью пород, по сравнению с месторождениями подгруппы А-1, фильтрационные деформации играют здесь относительно меньшую роль, а основное значение, с точки зрения устойчивости, имеют процессы набухания - разупрочнения глинистых пород, гидростатическое и гидродинамическое взвешивание напорными водами, приуроченными к породам лежачего бока, а также прорывы

напорных вод в подошве карьера.

6. Период строительства карьера, как правило, меньше, чем на месторождениях подгруппы А-1, так как пласт полезного ископаемого подходит ближе к поверхности и вскрывается быстрее. Развитие карьера по площади в период эксплуатации обычно происходит медленнее, чем при горизонтальном залегании полезного ископаемого. По этим причинам улучшаются условия для использования одних и тех же систем дренажа при строительстве и эксплуатации карьера.

7. Наличие гидравлически изолированных друг от друга местных мульд (понижений) 2-го порядка на месторождениях со сложными условиями залегания требует конкретного подхода к выбору схем осушения отдельных участков карьерного поля.

8. Расчет осушения карьеров на месторождениях этой подгруппы во многом аналогичен месторождениям подгруппы А-1; особенности, вносимые в расчеты в связи с наклонным залеганием слоев, отражены в разделе III. В ряде случаев, при ограниченном питании горизонтов, необходимо учитывать постепенное снижение напоров на границах пласта.

9. Отмеченная выше специфика дренирования наклонно залегающих пород вносит важные характерные особенности в обоснование рациональных схем осушения. Ниже рассмотрены эти особенности применительно к схемам осушения наклонно залегающих слоев горных пород, при малой мощности покрывных отложений [x)]

§ 2. Дренаж разрезной траншеи

1. Дренаж рыхлых покровных отложений, перекрывающих полезное ископаемое на участке первоочередного вскрытия, должен осуществляться, исходя из тех же принципов, что и

---

x) При большой мощности покрывных отложений дренаж осуществляется, исходя из сочетания принципов, изложенных для месторождений подгрупп А-1 и А-2.

дренаж разрезной траншеи на месторождениях подгруппы А-1.

2. Дренаж пород висячего бока и пласта полезного ископаемого на участке разрезной траншеи должен наиболее тесно увязываться со схемой осушения, принятой на период эксплуатации.

а. Если в период эксплуатации предусматривается дренаж пород висячего бока и полезного ископаемого подземной системой осушения, то ее целесообразно, по возможности, вводить в действие заранее для осушения покровных отложений, а также для обеспечения необходимого снижения уровня подземных вод к моменту вскрытия пласта полезного ископаемого.

б. Если в период эксплуатации предусмотрен открытый дренаж пород висячего бока и полезного ископаемого, то при вскрытии драглайнами углубка разрезной траншеи может осуществляться под защитой передовых дренажных траншей и зумпфов, проходимых в её подошве.

в. В остальных случаях дренаж пород висячего бока и полезного ископаемого обычно целесообразно осуществлять линейными системами водопонижающих скважин, сочетая их в благоприятных условиях с поглощающими. Расположение рядов водопонижающих скважин назначается с учетом требований эксплуатационного водопонижения (§ 3). Число скважин определяется фильтрационным расчетом, исходя из величины и заданного времени понижения.

3. Если расчеты показывают, что напорные водоносные горизонты лежачего бока оказывают существенное влияние на устойчивость бортов разрезной траншеи, то уже в период строительства карьера следует проводить необходимое снижение напоров, для чего обычно целесообразно использовать линейную систему водопонижающих скважин, пройденных с поверхности, со стороны рабочего борта (см.также § 4).

§ 3. Дренаж пород висячего бока и покровных отложений в период эксплуатации

А. Нерабочий борт

Принципы дренажа водоносных горизонтов, приуроченных к покровным отложениям и к породам висячего бока, склонным к фильтрационным деформациям, полностью аналогичны месторождениям предшествующей подгруппы. Если же водоносные горизонты приурочены к трещиноватым полускальным породам, устойчивым по отношению к фильтрующейся воде, то, как правило, на нерабочем борту можно ограничиться открытым водоотливом из прибортовых дренажных канав. При пригрузке борта внутренними отвалами, а также при низких зимних температурах могут устраиваться закрытые канавы.

Б. Рабочий борт

1. Открытый дренаж

а. При необходимости снижения влажности полезного ископаемого возможность использования открытого водоотлива в условиях "обратного" падения слоев следует принимать во внимание лишь для водоносных горизонтов, гидравлически не связанных с полезным ископаемым. В подобных условиях полный "перехват" подземного потока иногда может оказаться экономически нецелесообразным, так как при малых углах падения слоев (до 3–5°) для полного "перехвата" может потребоваться экономически неоправданное сгущение скважин. Необоснованным будет глубинный дренаж и в случае малой водообильности горизонтов (с проводимостью, не превышающей величины порядка 20–30 $м^2$/сутки), приуроченных к устойчивым породам, подстилаемым ненабухающими и неразмокающими породами.

б. При падении слоев в сторону откоса для твердых водоустойчивых пород можно рекомендовать те же критерии применимости открытого дренажа, что и на месторождениях группы Б (гл.1У); для песчаных и глинистых пород эти критерии совпадают с приведенными выше для месторождений подгруппы А-1.

2. Глубинный дренаж

а. Глубинный дренаж может рекомендоваться во всех случаях, кроме отмеченных в п.1.

б. Водопонижающие скважины могут применяться в более широком круге условий, чем на месторождениях подгруппы А-1 [x]. Вследствие быстрой сработки статических запасов, требуемая мощность дренажных средств уже через 1-2 года после вскрытия месторождения оказывается во многих случаях в несколько раз меньше первоначальной, так что количество работающих скважин, а, следовательно, и эксплуатационные затраты на осушение могут существенно сокращаться из года в год; поэтому нередко скважины целесообразно использовать и при глубине откачки, превышающей 100-150 м (сравнить с гл.П). Кроме того, в случае полускальных фильтрующих пород скважины не "пескуют", а породы хорошо отдают свободную (гравитационную) воду, в связи с чем водопонижающие скважины, оборудованные насосами, могут нередко эффективно использоваться и при малых коэффициентах фильтрации - порядка 1-5 м/сутки (сравнить с гл.П).

в. Подземная система осушения (штрек с фильтрами) может быть рекомендована для дренажа таких пород лишь в следующих случаях:

1) при крутом падении слоев, так как водопонижающими скважинами в этом случае трудно вскрыть все водонос-

---

х) Это не относится к случаям крутого падения слоев (см.ниже)

ные горизонты;

2) когда отсутствие свободного пространства между бортом карьера и внутренними отвалами вызывает необходимость проходки штреков под подошвой карьера с целью ее осушения и для централизации водоотлива (см.также гл.У1);

3) когда в продуктивном пласте нет водоупорных прослоев и угол падения слоев не превышает $3-5^{\circ}$; в подобных условиях осушение пород висячего бока и полезного ископаемого обычно осуществляется проще и дешевле с помощью дренажного штрека, пройденного в нижней части продуктивного пласта.

г. Скважины (или фильтры) целесообразно чаще всего располагать в виде ориентированных по простиранию слоев линейных систем.

д. Подход к выбору места расположения дренажного ряда для условий совершенных котлованов существенно отличается от месторождений подгруппы А-1. Так, при синклинальном залегании водоносных пород, попадающих в зону отработки, скважины целесообразно располагать по оси складки. При моноклинальном залегании и падении слоев в сторону от откоса нужно учитывать, что чем дальше от борта относится ряд скважин, тем больше глубина скважин и необходимая глубина откачки x). С другой стороны, с удалением ряда от откоса повышается эффект заслона и возрастает время работы ряда. Так как опыт работы карьеров Североуральского и Канско-Ачинского бассейнов показывает, что срок работы водопонижающих скважин, при качественном их оборудовании, составляет около 5 лет, то можно рекомендовать первоначальное удаление ряда скважин в этом случае принимать равным величине подвигания борта за 3-8 лет эксплуатации карьера; при использовании дренажных штреков это

---

x) Увеличение глубины откачки связано с тем, что с удалением ряда скважин от карьера возрастает время, необходимое для заданного снижения уровня на контуре карьера. Поэтому для сокращения времени необходимо увеличить градиенты фильтрации, а следовательно и перепад уровней на участке между рядом скважин и бортом карьера.

расстояние можно принимать несколько большим (в 1,2-1,5 раз).

е. Требуемое число скважин подбирается фильтрационным расчетом, исходя из условия полного устранения высачивания на откосах.

ж. Системы глубинного водопонижения, предназначенные для осушения пород висячего бока и полезного ископаемого, нередко могут быть использованы одновременно для дренажа напорных горизонтов в лежачем боку (§ 5), что следует иметь в виду при экономическом обосновании дренажных схем.

§ 4. Осушение толщи полезного ископаемого

1. Осушение толщи полезного ископаемого осуществляется в комплексе с осушением пород висячего (а иногда и лежачего - см.§ 5) бока; при этом можно руководствоваться принципами, изложенными в § 3.

2. Для осушения полезного ископаемого, как и для пород висячего бока, могут использоваться линейно расположенные ряды скважин или подземные системы осушения; последние обычно целесообразны лишь в случаях, отмеченных в § 3.

3. При использовании дренажных штреков для осушения мощных (более 100 м) продуктивных толщ допустимо создание нескольких их ярусов, расположенных в 50-80 м друг от друга (по высоте)и последовательно вводимых в работу по мере углубки карьера.

4. Если в толще полезного ископаемого имеются "водоупорные" слои, то проходимые по ее простиранию дренажные штреки должны обязательно сопровождаться вертикальными фильтрами или (при крутом падении) горизонтальными ходками или скважинами вкрест простирания, для пересечения возможно большего числа водоносных слоев. В противном случае дренажные штреки могут оказаться совершенно

неэффективными.

5. Иногда, особенно при необходимости осушения мощных (более 100 метров) продуктивных толщ, целесообразно проходить водопонижающие скважины не с поверхности, а с подошвы карьера или с низовых берм. Дренажные выработки в таких условиях также целесообразно проходить или непосредственно из карьера - в виде штолен - или из наклонных стволов.

§ 5. Дренаж пород лежачего бока в период эксплуатации

1. Водоносные горизонты в лежачем боку следует дренировать в двух случаях:

а) когда необходимо снижение влажности полезного ископаемого, а водоносный горизонт залегает непосредственно под продуктивным пластом или отделен от него маломощным водоупорным слоем, который не может предотвратить прорыв напорных вод в добычную траншею; необходимое снижение напоров рассчитывается, исходя из требования полного устранения высачивания в подошве добычной траншеи;

б) когда невскрытый карьером напорный водоносный горизонт оказывает существенное влияние на устойчивость пород в откосах; необходимое снижение напоров в этом случае рассчитывается, исходя из условий обеспечения устойчивости откоса.

2. При пологом падении слоев водоносный горизонт, вскрываемый карьером, может дренироваться открытыми канавами, проходимыми параллельно забою (аналогично месторождениям подгруппы А-1), - если канавы обеспечивают снижение уровня до подошвы пласта полезного ископаемого [x], а ожидаемые удельные притоки (для пород, склонных к фильтрационным деформациям) не превышают "критических" величин.

---

x) Это требование возникает при необходимости снижения влажности полезного ископаемого.

Глубина канав и расстояния между ними подбираются на основании расчета положения депрессионных поверхностей. На карьерах с внутренним отвалообразованием канавы в дальнейшем используются для осушения подошвы карьера и основания внутренних отвалов.

3. В прочих условиях дренаж вскрываемых карьером водоносных горизонтов целесообразно проводить средствами глубинного осушения.

а. Если породы висячего бока или пласт полезного ископаемого, согласно условиям работ, подлежат дренированию водопонижающими скважинами и между породами лежачего и висячего бока отсутствуют водоупорные слои (рис.19-а), то для осушения пород лежачего бока могут

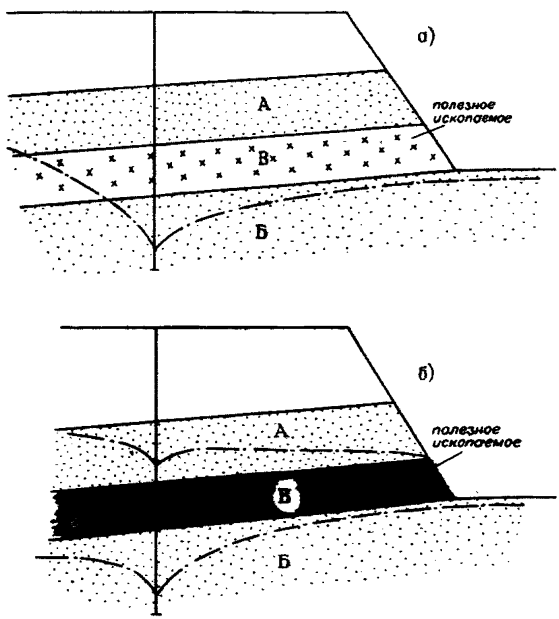


Рис. 19. Схемы дренажа рабочего борта водопонизительными скважинами.

а- полезное ископаемое представлено проницаемыми породами,
б- полезное ископаемое представлено "водоупорными" породами.

быть использованы эти же скважины. При наличии водоупорных разделяющих слоев (рис.19-б) осушение пород висячего и лежачего бока одной системой скважин может оказаться в некоторых случаях менее эффективным, чем их раздельный дренаж. Совместная откачка обычно целесообразна при сравнительно небольшой разности глубин залегания водоносных горизонтов или при слабой водообильности верхнего горизонта.

б. Если породы висячего бока или пласт полезного ископаемого дренируются подземной системой осушения, причем штрек проходится по полезному ископаемому или ниже его, то при сравнительно малой (до 5-6 м) мощности разделяющего водоупорного слоя породы лежачего бока могут дренироваться трубчатыми колодцами или забивными фильтрами, пройденными из штрека. Целесообразность использования одних и тех же дренажных выработок для осушения пород лежачего и висячего бока должна проверяться экономическим расчетом.

в. Если породы висячего бока и пласт полезного ископаемого не дренируются или же если дренажные системы, используемые для осушения пород висячего бока, не могут быть применены для дренажа пород лежачего бока (по соображениям технико-экономического характера), то дренаж пород лежачего бока наиболее просто можно осуществить неглубокими водопонижающими колодцами, проходимыми параллельно фронту работ с подошвы карьера; в тех случаях, когда использование этих средств затруднительно (например, на некоторых карьерах с внутренним отвалообразованием, особенно при бестранспортной схеме работ), для снижения напоров могут использоваться водопонижающие скважины, пройденные с одной из низовых берм или с поверхности.

4. Если водоносный горизонт не вскрыт карьером, то снижение напоров может оказаться целесообразным для устранения возможности прорыва или обеспечения устойчивости откосов (разд.1, гл.1).

а. В некоторых случаях снижение напоров может быть достигнуто водопонижающими скважинами, используемыми

для дренажа водоносных горизонтов висячего бока. Условия для использования скважин для совместного дренажа пород лежачего и висячего бока в данных условиях лучше, чем в предшествующем случае (п.3), так как требуется лишь снижение напоров в породах лежачего бока, а не осушение их. Поэтому, в частности, не следует во всех случаях заглублять насосы водопонижающих скважин до отметок залегания водоносных пород лежачего бока.

б. Если породы висячего бока или пласт полезного ископаемого дренируются подземной системой осушения, причем штрек проходится по полезному ископаемому, то при сравнительно малой мощности разделяющего "водоупора" для снижения напоров могут применяться фильтры и трубчатые колодцы, пройденные в почву дренажной выработки.

в. Если висячий бок не осушается, а также если использование скважин одновременно для дренажа пород лежачего и висячего бока нецелесообразно (см.выше) или не приводит к достижению требуемого эффекта, то снижение напоров может производиться самоизливающими скважинами (в том числе- горизонтальными и наклонными – при крутом падении), проходимыми непосредственно из карьера, или самоизливающими скважинами в сочетании с водопонижающими колодцами и скважинами из карьера (если одни лишь самоизливающие скважины не обеспечивают необходимого снижения напоров). В тех случаях, когда расположение скважин в подошве карьера представляется невозможным по условиям ведения горных работ (например, при работах с подвалкой), следует использовать водопонижающие скважины, пройденные с поверхности.

Г Л А В А 1У

ДРЕНАЖ КАРЬЕРОВ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ГРУППЫ Б

К группе Б относятся месторождения, сложенные, в основном, скальными и полускальными породами, устойчи-

вость которых в откосах практически не зависит от подземных и поверхностных вод. Обводненность обычно связана не с каким-либо фиксированным слоем, а обусловлена характером развития трещиноватости или кавернозности в различных литологических разностях горных пород. Примерами месторождений этой группы являются Высокогорское (железорудное), Сибайское, Коунрадское, Гайское (меднорудные), Гороблагодатское (железорудное) и другие месторождения.

§ 1. Особенности осушения трещиноватых и закарстованных пород

1. Водоносные трещиноватые и закарстованные породы, в отличие от рыхлых несвязных и мягких связных пород, практически не меняют своих свойств и не деформируются под действием воды. Вместе с тем, среди трещиноватых и закарстованных пород встречаются зоны значительной мощности, сложенные рыхлыми разностями (глинистая кора выветривания, породы тектонических зон, заполнитель карстовых полостей и т.п.). При вскрытии таких обводненных зон может возникать ряд явлений, аналогичных рассмотренным для случая неустойчивых пород (разд.1, гл.1). Кроме того, при наличии вблизи борта водонепроницаемых экранов подпор подземных вод может существенно влиять на устойчивость борта в целом (за счет гидростатических сил) или создавать угрозу неожиданных прорывов. Наконец, устойчивость бортов и уступов может существенно снижаться при интенсивном поступлении в трещины атмосферных и талых вод – за счет роста гидростатического давления на стенки трещин или ввиду разуплотнения глинистого заполнителя трещин.

2. На месторождениях этой группы влияние подземных вод на условия работы оборудования сказывается гораздо меньшей степени, ввиду отсутствия фильтрационных деформаций, а также таких факторов, как налипание, размокание и т.д. (разд.1, гл.II, § 2). Более существенным является обводнение взрывных скважин.

3. Влияние подземных вод на изменение влажности полезного ископаемого также проявляется в меньшей степени, так как оно часто представлено породами, не склонными к набуханию и хорошо отдающими воду. Однако, некоторые породы могут принимать дополнительно значительное количество влаги после их разрыхления при буровзрывных работах и экскавации. Кроме того, определенное значение могут иметь процессы смерзания пород при транспортировке.

4. Обводненность пород связана с наличием трещин выветривания, тектонических зон, закарстованностью и т.п., а в некоторых породах (например, в песчаниках) - и с их пористостью. Трещиноватость обычно сильнее всего развита в верхней части толщи, в зоне коры выветривания, распространяющейся чаще всего на глубины до 50-70 м. С глубиной трещиноватость обычно уменьшается, что особенно характерно для массивов магматических и метаморфических пород. При этом уменьшается не только количество трещин, но и их раскрытие - ввиду возрастающего давления от веса пород и заполнения трещин все более плотными и малопроницаемыми жильными образованиями. В толщах интенсивно закарстованных или трещиноватых карбонатных пород, особенно при их залегании выше местного базиса эрозии, зона практически водоупорных пород иногда встречается лишь на глубинах в несколько сот метров. Кроме того, даже при общей слабой трещиноватости пород отдельные карстовые каналы или водоносные тектонические трещины могут распространяться на значительные глубины (несколько сот метров).

5. Характерна неравномерность в распространении трещиноватых участков, что, в особенности, относится к породам тектонических зон, имеющих локальное развитие.

Неоднородная трещиноватость определяет непостоянство водопроницаемости по глубине и по площади. При этом отдельные наиболее обводненные зоны могут быть гидравлически разобщены, что имеет большое значение как при выборе схем дренажа, так и при расчетах притоков в горные выработки. О связи этих зон можно судить по данным откачек из трещиноватых пород в период детальной

разведки месторождения.

Важно отметить также, что так как в условиях трещиноватых пород обводненность нередко связана не с каким-либо литологическим комплексом, а с разнородными по составу породами, то фильтрация подземных вод (а, следовательно, и методы осушения) часто мало зависят от условий залегания пород.

6. В большинстве случаев обводненность трещиноватых пород, в общем, невысока; водоотдача, как правило, не превышает 0,5-1% (за исключением карбонатных пород). Поэтому при отсутствии значительных динамических притоков водоносные комплексы нередко постепенно истощаются.

7. Если данные откачек из трещиноватых пород свидетельствуют об их сравнительно однородной (в плане) трещиноватости, то в таких условиях глубинный дренаж оказывается достаточно эффективным. В силу того, что трещиноватые породы хорошо отдают воду, скважины здесь эффективно работают и при малых коэффициентах фильтрации ($K < 3-5$ м/сутки), в отличие от случая рыхлых отложений. Кроме того, срок службы насосов в данном случае гораздо больше, чем в рыхлых породах (отсутствие "пескования" и т.д.). При общей невысокой обводненности пород глубинный дренаж будет эффективным лишь в том случае, если дренажные выработки пересекают зоны повышенной трещиноватости. В противном случае более целесообразно дренировать такие породы открытым способом.

8. Среди обводненных полускальных и скальных пород особое положение занимают известняки, которые во многих случаях характеризуются повышенной трещиноватостью и закарстованностью. При больших мощностях известняки могут содержать значительные статические запасы воды; динамические притоки, ввиду повышенных действительных скоростей фильтрации, также во многих случаях характеризуются большими величинами. Наличие изолированных карстовых полостей, часто заполненных рыхлым материалом, может привести к осложнениям в ведении горных работ, так как при вскрытии таких полостей возможны большие водопритоки и вынос рыхлого материала. Поэтому известняки в

большинстве случаев целесообразно осушать посредством глубинного дренажа водопонижающими скважинами.

9. Глубинный дренаж слабообводненного полезного ископаемого, представленного трещиноватыми невлагоемкими породами, будет иметь смысл, если такой дренаж необходим для осушения других водоносных горизонтов; в противном случае глубинный дренаж не имеет существенных преимуществ перед открытым водоотливом. Действительно, трещиноватые породы хорошо отдают воду и депрессионная воронка в них - при слабой обводненности - обычно пологая; кроме того, полезное ископаемое, при наличии избыточной воды,не будет увеличивать свою влажность, так как оно не склонно к набуханию.

§ 2. Дренаж разрезной траншеи

1. Учитывая, что трещиноватые породы чаще всего характеризуются небольшими статическими запасами вод и обычно хорошо дренируются сравнительно малыми средствами, во многих случаях целесообразно ориентироваться на глубинный дренаж разрезной траншеи, осуществляемый параллельно с ее проходкой. Для этого могут использоваться водопонижающие скважины, пройденные на участке разрезной траншеи с поверхности или с бермы, причем обычно можно ограничиться небольшим числом скважин - порядка 3-5, а иногда и меньше. При наличии обособленных водоносных зон в ряде случаев можно для осушения верхних зон использовать эффект поглощения.

2. Предварительный дренаж можно рекомендовать лишь в достаточно водообильных карбонатных породах - с водоотдачей более 2-3%. Такой дренаж осуществляется системой водопонижающих скважин, расположенных по контуру разрезной траншеи.

3. В породах, обладающих сравнительно слабой трещиноватостью (ориентировочно - с водоотдачей менее 0,5%), проходка разрезной траншеи может обычно осуществляться без глубинного дренажа. В этом случае откачка воды ведется из

открытых водоприемников, расположенных в подошве разрезной траншеи. При наличии в толще вскрышных пород крутопадающих водоупорных слоев, зон и т.д., за которыми могут консервироваться высокие напоры, целесообразно дополнительно проходить опережающие самоизливающие скважины из карьера.

§ 3. Дренаж пород висячего бока и полезного ископаемого в период эксплуатации

А. Применение открытого дренажа

1. Открытый дренаж может во многих случаях являться основным способом осушения устойчивых трещиноватых пород [x)]

2. В первую очередь, это относится к таким условиям, когда величины притоков подземных вод резко меняются во времени - в зависимости от количества выпадающих атмосферных осадков; основное значение в этом случае имеют мероприятия по организации поверхностного стока (гл.УII), а глубинный дренаж, как правило, экономически нецелесообразен.

3. При отсутствии водоупорных зон и прослоев (схема несовершенного котлована) зумпфы, пройденные в подошве карьера, часто позволяют вообще устранить высачивание подземных вод на рабочие площадки.

4. Неизбежным является применение открытого водоотлива (часто вместе с локальным глубинным дренажем) в породах, содержащих большое число водоносных зон, гидравлически слабо связанных друг с другом, когда невозможно

---

x) Влияние воды на ведение буровзрывных работ не может считаться определяющим для отказа от открытого дренажа: во-первых, оно может быть устранено некоторым изменением технологии этих работ, и, во-вторых, с этой точки зрения, не меньшее значение, как правило, имеют атмосферные воды, выпадающие на площади карьера.

заранее определить достаточно детально расположение обводненных участков. Конечно, если в этом случае имеются весьма водообильные зоны, то открытый водоотлив должен быть организован достаточно надежно: объем водоприемников (зумпфов) следует выбирать со значительным запасом; в целях более эффективного прогноза притоков необходимо предусмотреть бурение опережающих скважин непосредственно из забоя. Все это особенно важно при отработке закарствованных трещиноватых пород, где возможно резкое возрастание водопритоков и вынос рыхлого материала в момент вскрытия карстовых полостей.

5. При встрече участков повышенной обводненности следует проводить локальное глубинное водопонижение.

6. В целом, можно рекомендовать применение открытого водоотлива для осушения устойчивых полускальных пород во всех случаях, кроме описанных в п.Б.

Б. Применение глубинного дренажа

1. Для глубинного дренажа трещиноватых устойчивых пород обычно можно использовать водопонижающие (в том числе - многозабойные) и самоизливающие скважины, реже поглощающие скважины [x]. Использование подземных систем осушения имеет смысл лишь в случаях:

а) когда трещиноватые породы перекрываются толщей рыхлых отложений, дренаж которых целесообразно осуществлять подземной системой (см.гл.II и гл.III);

б) когда имеется необходимость в снижении влажности полезного ископаемого, представленного водоносными

---

x) Особые условия имеют место на некоторых месторождениях меди (например, Гайское), где водопонижающие скважины с погружными насосами не могут быть использованы из-за коррозионных свойств подземных вод, характеризующихся высокой кислотностью.

породами, склонными к значительному увеличению влажности при буро-взрывных работах и экскавации, причем продуктивный пласт подстилается водоупорным слоем;

в) когда вблизи карьера проходятся подземные выработки, имеющие какое-либо иное целевое назначение: добычные, разведочные и т.п.

2. Глубинный дренаж трещиноватых водоустойчивых пород (часто параллельно с открытым водоотливом) представляется целесообразным в следующих случаях.

а. При наличии выявленных предварительными изысканиями зон с резко повышенной обводненностью или проницаемостью, таких как зоны тектонического дробления, зоны закарстованных пород и т.д., обладающих большими статическими запасами (это относится, прежде всего, к карбонатным закарстованным или сильно трещиноватым породам с водоотдачей, превышающей 2-3%) или обусловливающих большие динамические притоки в карьер (если тектоническая зона связана с близко расположенными водоемами или реками).

Водопонижающие скважины следует бурить, главным образом, в пределах этих зон; при этом целесообразно предварительно бурить пробные скважины с целью выявления наиболее трещиноватых участков. Рекомендовать в этом случае какие-нибудь общие схемы расчета затруднительно; требуемое число скважин необходимо определять опытно-эксплуатационным путем. При выборе расстояния между водопонижающими скважинами во многих случаях полезно также исходить из фактического удельного дебита, полученного по опытным откачкам (в тех случаях, когда не выявлены закономерные изменения трещиноватости пород).

Так как обводненные зоны на многих участках ограничены вертикальными или наклонными "водоупорными" перемычками (прослоями глинистых сланцев, зонами "разложенных" пород и т.д.), то в целях предотвращения неожиданных прорывов подземных вод в карьер и снижения напоров следует проходить горизонтальные и наклонные самоизливающие скважины непосредственно из карьера.

б. При возможности полного осушения вскрышной толщи

и полезного ископаемого (схема несовершенного котлована) малым числом водопонижающих скважин, пробуренных в подошву карьера. В качестве примера можно привести Высокогорский железорудный карьер, который полностью осушается одной-двумя водопонижающими скважинами.

в. При наличии во вскрышной и рудовмещающей толщах пологопадающих или горизонтальных водоупорных прослоев (например, сланцев), обусловливающих устойчивое во времени высачивание подземных вод на нескольких (по крайней мере трех или четырех) горизонтах. В этом случае глубинный дренаж чаще всего следует осуществлять водопонижающими скважинами, проходимыми с поверхности и располагаемыми в виде линейной системы. Для интенсификации осушения верхних горизонтов можно предусмотреть бурение дополнительных поглощающих скважин. Удаление ряда от борта и расстояние между скважинами подбираются, исходя из тех же предпосылок, что и в случае месторождений группы А.

г. Когда имеется необходимость в снижении влажности полезного ископаемого, которое представлено трещиноватыми породами, склонными к дополнительному увлажнению в результате производства буровзрывных работ и рыхления при экскавации. Если толща полезного ископаемого не может быть эффективно осушена водопонижающими скважинами (при резко неоднородной трещиноватости, при наличии "водоупорных" прослоев, падающих в сторону карьера, при плохой водоотдаче, вызванной наличием сильно выветрелых пород глинистого состава), то с этой целью могут применяться дополнительные горизонтальные и наклонные самотечные скважины, проходимые непосредственно из карьера по полезному ископаемому.

д. При наличии вблизи карьера подземных выработок (добычных, разведочных и т.д.), которые могут быть использованы для целей дренирования и централизации водоотлива. Для пересечения водоупорных зон и прослоев целесообразно дополнительно проходить из подземных выработок восстающие наклонные скважины.

В. Особенности осушения при наличии сильно выветрелых и дезинтегрированных пород

Особые задачи ставятся перед дренажем, когда в толще трещиноватых пород имеются значительные участки каолинизированных или других сильно выветрелых и измененных пород.

1. Если эти участки имеют локальное распространение, то общий подход к выбору дренажных схем не меняется. Необходимо только иметь в виду пониженную степень устойчивости пород на таких участках и предусмотреть дополнительные мероприятия (например, выполаживание откоса уступа).

2. Если подобные породы залегают повсеместно на площади карьерного поля, то условия для применения открытого дренажа сужаются (по сравнению с предшествующими случаями) и основной упор следует делать на дренаж водопонижающими скважинами, пройденными с низовых берм или в подошве карьера (иногда - в сочетании с поглощающими). Такой дренаж оказывается особенно эффективным, если литологический комплекс, к которому приурочены сильно выветрелые породы, подстилается водопроницаемыми породами.

§ 4. Дренаж пород лежачего бока в период эксплуатации

1. Если водоносные породы в лежачем боку вскрываются карьером, то дренирование их может осуществляться, как правило, открытым водоотливом. Глубинный дренаж следует проводить лишь в двух случаях:

а) когда породы лежачего бока целесообразно дренировать для осушения пород висячего бока (§ 3);

б) когда необходимо снижение влажности полезного ископаемого, представленного склонными к набуханию породами, причем водоносные породы лежачего бока являются единственным источником дополнительного увлажнения полезного ископаемого; в этом случае дренаж может осуществляться ли-

со неглубокими водопонижающими колодцами, проходимыми с подошвы карьера, либо водопонижающими скважинами, предназначенными для дренажа пород висячего бока [x].

2. Если водоносные породы в лежачем боку отделены от выработанного пространства водоупором, то глубинный дренаж является необходимым в двух случаях:

а) когда существование напоров в лежачем боку значительно ухудшает устойчивость борта;

б) при больших напорах и большой водообильности пород лежачего бока (например, известняки) – для предотвращения неожиданных прорывов подземных вод в карьер.

В обоих случаях для снижения напоров могут применяться наклонные или вертикальные самоизливающие скважины, пройденные из карьера.

ГЛАВА У

ДРЕНАЖ КАРЬЕРОВ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ГРУППЫ В. ОСОБЕННОСТИ ДРЕНАЖА ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ

§ 1. Дренаж карьеров на месторождениях группы В

Сложность обоснования схем осушения месторождений этой группы определяется как разнообразным характером залегания водовмещающих пород, так и резко различной степенью их устойчивости в бортах карьеров. Так, складчатые обводненные структуры трещиноватых устойчивых пород могут перекрываться водоносными горизонтами, приуроченными

---

x) Целесообразность оборудования скважин для совместной откачки воды из пород лежачего и висячего бока в этом случае определяется теми же соображениями, что и для месторождений группы А.

к горизонтально залегающим рыхлым несвязным породам, характеризующимся слабой устойчивостью, или к коре выветривания. При этом горизонтально залегающие отложения могут иметь различную степень устойчивости, различную мощность и т.д.; в зависимости от этого, условия дренирования и характер возможных схем меняются.

В качестве примеров месторождений этой группы можно привести Краснооктябрьское месторождение бокситов и железорудные месторождения Соколовско-Сарбайской группы (при полном развитии добычных работ).

Многообразие дренажных схем в этих условиях делает невозможным подробное их рассмотрение. Важно лишь подчеркнуть, что схемы дренирования таких месторождений могут основываться на рассмотренных выше элементарных схемах, отвечающих однородным (с точки зрения принятой типизации) водоносным комплексам. Принципиальный подход к расчетному обоснованию таких схем также полностью аналогичен элементарным схемам.

Сказанное, в частности, относится ко многим месторождениям, характеризующимся глубоким залеганием полезного ископаемого (до 300–500 и более метров).

§ 2. Особенности дренажа глубоких карьеров

1. Принципиальный подход к выбору и обоснованию дренажных мероприятий на глубоких карьерах определяется рядом специфических особенностей.

а. Карьерами вскрывается относительно большое число водоносных горизонтов, что приводит к образованию нескольких горизонтов высачивания по высоте борта и вызывает необходимость создания ряда "дренажных этажей" – с целью улучшения условий отработки отдельных уступов и ограничения (при необходимости) масштабов фильтрационных деформаций. В таких случаях возрастает значение правильно орга-

низованного централизованного внутрикарьерного водоотлива.

б. Так как на больших глубинах проницаемость и водообильность водоносных горизонтов, а также интенсивность их питания, как правило, заметно снижаются, то во многих случаях представляется целесообразным осушать верхнюю и нижнюю части разреза обособленными дренажными системами; несоблюдение этого требования и перепуск воды по скважинам (фильтрам) из верхних горизонтов в нижние может привести к существенному возрастанию эксплуатационных затрат на дренажные работы. Конечно, создание обособленных дренажных систем будет иметь смысл лишь в условиях, когда наиболее водообильные породы залегают в верхней части разреза. Если же проводимость верхнего водоносного горизонта меньше, чем у нижнего, то следует по возможности шире использовать эффект поглощения.

в. Большие напоры, сохраняющиеся в водоносных горизонтах (комплексах), не вскрытых карьером, оказывают повышенное воздействие на устойчивость бортов карьера и создают угрозу неожиданных прорывов подземных вод; в связи с этим следует обращать особенно большое внимание на заблаговременное глубинное дренирование таких горизонтов (комплексов).

г. С другой стороны, наоборот, влияние водоносных горизонтов, вскрытых карьером, на общую устойчивость борта будет ослаблено, ввиду относительно малой мощности обводненных пород (в пределах каждого обособленного горизонта), по сравнению с общей высотой борта. Кроме того, на больших глубинах уменьшается вероятность вскрытия рыхлых несвязных пород, подверженных интенсивным фильтрационным деформациям, а также слабых глинистых пород, склонных к значительному набуханию - разупрочнению. Все это улучшает условия применения открытого дренажа пород.

д. В результате дренирующего действия карьера (или его водопонизительной системы) между отдельными водоносными горизонтами создаются значительные перепады напоров, что вызывает широкое развитие процессов перетекания через слабопроницаемые (относительно водоупорные)

слои из верхних горизонтов в нижние. Эти процессы, имеющие существенное значение даже при малых коэффициентах фильтрации слабопроницаемых слоев (порядка 10^{-3} - 10^{-4} м/сутки), могут оказывать заметное влияние на распределение расходов вод, поступающих в карьер или в осушительные системы из отдельных водоносных горизонтов.

е. Затрудненность питания водоносных горизонтов глубокого залегания приводит к повышенному значению неустановившегося режима фильтрации: во многих случаях следует ожидать заметного сокращения водопритоков в первые годы строительства и эксплуатации карьера, что необходимо учитывать при назначении схем осушения карьеров и общего числа дренажных устройств.

ж. С возрастанием глубины залегания водоносных пород резко возрастают эксплуатационные затраты на откачку. Это, в особенности, относится к водопонижающим скважинам, оборудованным погружными насосами, при использовании которых стоимость откачки растет в степени гораздо большей, чем глубина. Поэтому в настоящее время, при необходимости длительного (эксплуатационного) дренажа глубоко залегающих (120-150 и более метров) рыхлых несвязных пород, водопонижающие скважины, проходимые с поверхности, не могут успешно конкурировать с подземными системами осушения (штрек со сквозными или забивными фильтрами).

з. Ввиду больших глубин карьеров существенно возрастают объемы капитальных затрат по строительству подземных систем осушения, использующих дренажные стволы, пройденные с поверхности. Поэтому во многих случаях, особенно в период эксплуатации, целесообразно ориентироваться на проходку дренажных штреков и наклонных стволов непосредственно из карьера.

и. В связи с относительно меньшим (по сравнению с карьерами обычной глубины) развитием карьера по площади улучшаются условия для использования одних и тех же контурных систем осушения в течение всего периода строительства и значительной части периода эксплуатации карьера.

2. Месторождения, характеризующиеся глубоким залеганием полезного ископаемого, можно разбить на четыре основных инженерно-геологических типа.

а. Месторождения, на которых карьером вскрывается, главным образом, горизонтально-слоистая толща рыхлых несвязных и мягких глинистых осадочных пород. Фильтрующие породы представлены, главным образом, песками и слабосцементированными песчаниками, а водоупорные породы - глинами. Примером месторождений этого типа является Гостищевское месторождение КМА.

б. Месторождения, на которых полезное ископаемое приурочено к слоистому комплексу плотных осадочных пород, в основном, песчано-глинистого состава (песчаники, аргиллиты, алевролиты и т.п.), при малой мощности покровных отложений. Отдельные слои характеризуются достаточной выдержанностью по простиранию; падение слоев - большей частью пологое или наклонное. В ряде случаев в разрезе присутствуют породы глинистого состава, склонные к набуханию при снижении внешней нагрузки. Для гидрогеологических условий характерно переслаивание водоносных (трещиноватые песчаники, угли) и водоупорных (аргиллиты) пород, причем водообильность обычно не очень высокая. Примером месторождений этого типа является Коркинское угольное месторождение.

в. Полезное ископаемое приурочено к комплексу трещиноватых скальных и полускальных пород - в основном изверженных или метаморфических, при малой мощности покровных отложений. Наименее устойчивые породы приурочены либо к коре выветривания, либо к тектоническим зонам дробления. Водообильность пород зависит, главным образом, от степени их трещиноватости или закарстованности; выдержанные водоупорные прослои отсутствуют. Наибольшей водообильностью породы обычно характеризуются в пределах развития трещин древнего выветривания (если они не заглинизированы) и вблизи тектонических нарушений, а также в пределах карстовых массивов. Примером месторождений этого типа является Сибайское медноколчеданное месторождение.

г. Месторождения комбинированного типа - когда комплекс пород, характерный для месторождений 2-го или 3-го

типов, перекрыт мощной толщей рыхлых несвязных и мягких глинистых пород. Примером месторождений этого типа является Качарское железорудное месторождение.

3. На месторождениях первого типа (п.2а) дренаж проводится, в целом, аналогично месторождениям подгруппы А-1. Основной упор должен, по возможности, делаться на самотечные системы: горизонтальные скважины, горизонтальный прибортовой дренаж и открытые дренажные траншеи, пройденные в основании уступов фильтрующих пород, а также поглощающие скважины - в тех случаях, когда выполняются условия, необходимые для эффекта поглощения.

Со стороны нерабочего борта карьера такие системы могут (погоризонтно) применяться в большинстве случаев - для ограничения фильтрационных деформаций пород и организованного отвода вод, высачивающихся на откосах. В тех случаях, когда использование перечисленных средств дренажа нерационально (гл.II, § 3), следует ориентироваться, главным образом, на подземные системы осушения (штрек со сквозными или забивными фильтрами).

Со стороны рабочего борта дренажные траншеи особенно целесообразны при отработке обводненных пород с "недобором" по ним (гл.II, § 4, п.А). Горизонтальные скважины также наиболее удобно проходить по "недобору", принимая их длину равной удвоенной ширине заходки.

В тех случаях, когда использование эффекта поглощения невозможно, а применение горизонтальных и дренажных траншей недопустимо по горно-техническим условиям или по соображениям устойчивости фильтрующих откосов, следует ориентироваться на использование водопонижающих скважин или подземных систем осушения.

4. На месторождениях второго типа (п.2б) основной упор в период строительства и в первые годы эксплуатации карьера должен делаться на глубинный дренаж пород - водопонижающими скважинами, поглощающими скважинами (когда это возможно) и подземными системами осушения. Последние обычно могут быть целесообразными при крутом падении слоев или при глубине откачки более 200-250 м.

При использовании дренажных штреков для осушения мощных продуктивных толщ следует, по возможности, шире применять проходку дренажных штреков непосредственно из карьера или из неглубоких стволов, пройденных с подошвы карьера; целесообразными могут оказаться также наклонные стволы, проходимые с поверхности (рис.20).

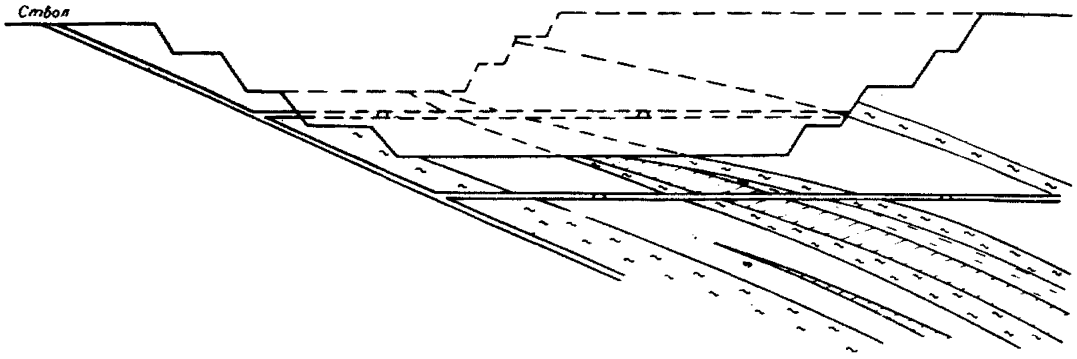


Рис. 20. Осушение карьера дренажными выработками, пройденными из наклонного ствола

Водопонижающие скважины могут нередко проходиться также с подошвы карьера или с одной из низовых берм. Это, прежде всего, относится к двум случаям:

а) в подошве карьера залегает водоносный комплекс с достаточно большой проводимостью (например, трещиноватые известняки), так что при откачке воды из этого комплекса могут быть эффективно осушены вышележащие толщи (в том числе и полезное ископаемое) -или вследствие прямой гидравлической связи с указанным водообильным комплексом, или путем использования эффекта поглощения; в частности, для дренажа толщи полезного ископаемого, при отсутствии в нем "водоупорных" прослоев, в этом случае нередко могут использоваться водопонижающие колодцы (трубчатые или копаные), пройденные у основания нижнего добычного уступа;

б) имеется не вскрытый карьером высоконапорный водоносный комплекс, существенно снижающий степень устойчивости борта или создающий угрозу катастрофического прорыва; в этом случае водопонижающие разгрузочные скважины нередко могут сопровождаться (или заменяться) самоизливающими скважинами, также пройденными из карьера.

Открытый дренаж пород на месторождениях второго типа в период строительства и в первые годы эксплуатации следует применять в основном, на тех участках, где падение слоев направлено в сторону карьера; однако и на таких участках при работах с временной подвалкой целесообразно, по возможности, уменьшать поступление подземных вод к добычным забоям, используя либо поглощающие скважины (когда выполнены условия поглощения), либо подземные системы осушения (проходя штрек по полезному ископаемому).Если после первых 5-10 лет работы карьера притоки из пород висячего бока и полезного ископаемого упадут до таких величин, что они не будут оказывать заметного влияния на условия ведения горных работ и на влажность полезного ископаемого, то необходимость в глубинном дренаже этих пород полностью отпадает. Это относится, например, к современному положению на Коркинском угольном карьере.

5. На месторождениях третьего типа (п.2в) в большинстве случаев основным способом осушения должен являться открытый дренаж; глубинный дренаж чаще всего следует использовать в первые годы работы карьера - для скачивания основных статических запасов более обводненной верхней части толщи вскрышных пород. В период эксплуатации карьера глубинный дренаж посредством водопонижающих скважин обычно целесообразно применять в следующих случаях:

а) при наличии выявленных предварительными изысканиями зон с резко повышенной обводненностью или проницаемостью;

б) при возможности полного осушения вскрышной толщи и полезного ископаемого малым числом водопонижающих скважин, пробуренных в подошву карьера;

в) при вскрытии карьером массива закарствованных пород.

При сложном тектоническом строении месторождения, когда имеется возможность "консервации" напоров в бортах карьера за непроницаемыми экранирующими перемычками, следует проходить горизонтальные и наклонные самоизливающие скважины непосредственно с рабочих уступов или с по-

дощвы карьера – в целях предотвращения неожиданных прорывов и обеспечения устойчивости борта.

Особые условия возникают при наличии зон сильно выветрелых и измененных пород, распространенных на значительной площади месторождения. На таких участках, в целях снижения влажности полезного ископаемого и обеспечения устойчивости борта, может возникнуть необходимость бурения дополнительных водопонижающих скважин.

6. На месторождениях четвертого типа (п.2г) подход к выбору схем осушения основывается на сочетании принципов, изложенных для месторождений первых трех типов.

7. Особое внимание на глубоких карьерах должно уделяться вопросам централизации водоотлива и правильной организации внутрикарьерного стока. Это, в первую очередь, касается карьеров, вскрывающих большое число обособленных водоносных горизонтов; в подобных случаях целесообразно проходить дополнительные подземные выработки – специально для сброса вод с верхних уступов – с целью повышения степени цен рализации водоотлива и устранения трубопроводов, загромождающих рабочие площадки.

8. На глубоких карьерах весьма жесткие требования следует предъявлять к организации стока поверхностных вод, а также к отводу и изоляции поверхностных водотоков и водоемов, так как осуществление этих мероприятий, во многих случаях резко сокращающее питание водоносных горизонтов, потребует меньших затрат, чем откачка с больших глубин инфильтрующихся вод. В связи с этим, в частности, размеры территории, в пределах которой должна проводиться регулировка поверхностного стока, могут приниматься гораздо большими, чем это принято на карьерах нормальной глубины.

9. Для осушения глубоких карьеров исключительное значение приобретает совершенствование новых средств и методов дренажа: водопонижающих скважин большого диаметра, горизонтальных скважин, многозабойных скважин, а для верхних водоносных комплексов – и водонепроницаемых завес. Внедрение этих средств в практику осушения глубоких карьеров позволит значительно увеличить рентабельность дренажных работ.

Г Л А В А У1

ОСУШЕНИЕ ОТВАЛОВ И ПОДОШВЫ КАРЬЕРА

§ 1. Дренаж внутренних отвалов и подошвы карьера

А. Общие положения

1. Основными мероприятиями по обеспечению устойчивости внутренних отвалов песчано-глинистых пород являются организация водоотвода в подошве карьера и дренаж основания отвалов [x], а иногда - и дренирование самих отсыпаемых пород; особо следует выделить мероприятия, направленные на ускорение консолидации пород отвалов и их основания.

2. Водоотвод в подошве карьера проводится с целью устранения скоплений воды в выработанном пространстве и предотвращения возможности отсыпки пород в воду. Это мероприятие является обязательным во всех случаях (более подробно см. гл.У11,§ 3).

3. Дренаж основания отвалов имеет целью предупреждение дополнительного увлажнения отсыпаемых пород за счет горизонтов, залегающих в подошве карьера, или снижение напоров в этих горизонтах - для повышения степени устойчивости внутренних отвалов. Требования к дренажу подошвы карьера изложены в § 1 гл.11 (п.Е).

4. Дренирование самих отсыпаемых пород (в дополнение к средствам дренажа основания) может иметь целью

---

x) Для отвалов, "прислоненных" к нерабочему борту, необходимо также предотвращение поступления в отвалы вод, вытекающих из вскрышных пород.

снижение уровней вод в теле отвала – для отвалов с преобладанием песчаных, а иногда – и пылеватых пород. Вопрос о целесообразности этих мероприятий во многих случаях может окончательно решаться лишь на основании наблюдений за уровнями вод на действующих отвалах (за исключением тех случаев, когда система отвалообразования позволяет отсыпать пластовую дрену – п.В).

5. Для отвалов, сложенных породами глинистого состава, а также для отвалов на глинистом основании могут проектироваться мероприятия, направленные на ускорение консолидации отсыпаемых пород или пород, слагающих основание отвала. Вопрос о целесообразности этих мероприятий решается на основании расчета устойчивости отвала и последующего сопоставления требуемых затрат со стоимостью возможных мероприятий технологического характера (применение селективной отсыпки отвала, снижение высоты отвала и т.п.).

Б. Дренаж основания отвалов и подошвы карьера

1. Если непосредственно в подошве карьера залегают водоносные породы, то обычно наиболее целесообразен систематический дренаж в виде системы канав-осушителей и канав-собирателей; канавы могут сочетаться с водопонижающими колодцами или скважинами.

а. Канавы-осушители обычно проходятся в выработанном пространстве вдоль фронта отвалов с уклоном к канавам-собирателям или к специальному коллектору. Канавы-собиратели располагаются перпендикулярно или под углом к канавам-осушителям на наиболее низких участках выработанного пространства и обеспечивают сток воды к водосборникам.

б. Если отработка пород и отвалообразование осуществляются с помощью драглайнов, то ввиду малости ширины заходки роль дрен-осушителей могут играть поперечные канавы (перпендикулярные фронту работ); это объясняется тем, что в данном случае использование продольных

канав-осушителей приводит к их большому сгущению - по крайней мере, по одной канаве в пределах заходки.

в. Наибольшие затруднения в осушении отвалов возникают при бестранспортной схеме работ с подвалкой обводненных пород. В этом случае дренажные канавы должны оборудоваться сразу вслед за движением добычного экскаватора. Так как при подвалке остаются небольшие целики угля, не позволяющие осуществить непрерывную проходку канав-собирателей, то целики должны прорезаться короткими штольнями, в почве которых укладывается дренажный слой. В качестве примера, на рис.21 приведена

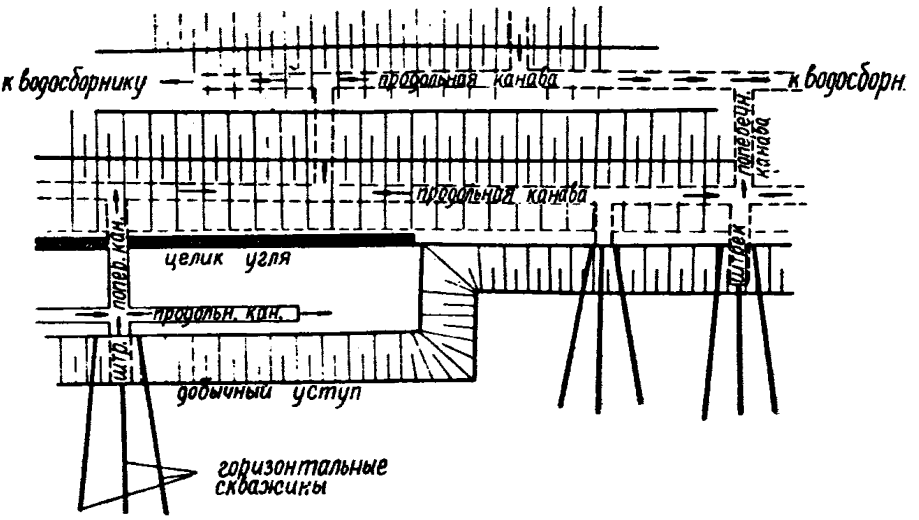


Рис. 21. Схема дренажа основания отвалов.

схема осушения угольного пласта и водоносных песчаников в основании отвалов, рекомендуемая для Назаровского угольного карьера Канско-Ачинского бассейна в условиях работ по бестранспортной схеме. Иногда в подобных условиях приходится устраивать специальные штреки под подошвой карьера - в целях облегчения отвода воды по канавам и централизации водоотлива.

г. Глубина канав-осушителей, проходимых по водонос-

ным породам, может быть различной, в зависимости от требуемого снижения уровней (гл.II,§ 1, п.Е) и принятого расстояния между ними. Обычно глубина канав не превышает 2-3 м, Расстояние между канавами-осушителями чаще всего принимается равным ширине заходки (иногда - двух заходок), а затем уточняется в ходе эксплуатации.

е. В канавы укладываются трубы или они заполняются фильтрующим материалом (крупнозернистый песок, щебень и т.п.). Замена фильтрующего материала пористыми трубами уменьшает трудоемкость работ, но при деформации отвала трубы могут быть смещены, а при большой высоте отвала даже раздавлены, так что вся система дренажа будет нарушена. Поэтому трубы следует применять лишь при достаточно устойчивом основании отвалов, когда не ожидается его выпирание. При большой высоте отвалов должен быть проведен расчет труб на прочность. Трубы или дренажный материал, во избежание заиливания, должны покрываться слоем песка мощностью 0,5-1,0 м.

ж. Первая дренажная канава (прилегающая к нерабочему борту) должна устраиваться более капитально: следует придать ей большую глубину (до 3-х-4-х м) и более тщательно подобрать материал-заполнитель. В этом случае она будет играть роль передовой дрены, перехватывающей основную часть потока подземных вод.

з. Если притоки к канаве превышают "критические" величины (приложение № 4), то устройство канав осложняется их заиливанием. В этих условиях по линии канав следует предварительно проходить неглубокие водопонижающие колодцы; они могут быть как трубчатые, так и копаные (с креплением). Под защитой колодцев проходятся и оборудуются дренажные канавы, после чего откачку из колодцев можно прекратить.

и. Если дренажные канавы не обеспечивают достаточного снижения уровня воды под отвалами или если требуется делать их слишком глубокими (более 3-4 м), то водоносный горизонт в подошве карьера необходимо постоянно дренировать трубчатыми водопонижающими колодцами, расположенными в выработанном пространстве параллельно линии отвалов. По мере подвигания фронта работ

проходятся новые ряды колодцев, а старые соединяются магистральными канавами и засыпаются фильтрующим материалом. Расчет колодцев проводится по формулам для скважин с заданным уровнем. В некоторых случаях, особенно при работах с подвалкой, целесообразно использовать вместо колодцев водопонижающие скважины, пробуренные с бермы добычного уступа.

к. Для экономии водоотводных труб и устойчивой работы дренажных устройств сброс дренируемых вод следует, по возможности, производить в стационарный водосборник, расположенный в выработанном пространстве.

2. При наличии мощного напорного горизонта под основанием отвалов, для предотвращения возможности прорывов (разд.1, гл.I , § 2 п.Б) в выработанное пространство с последующим подтоплением внутренних отвалов и для уменьшения гидростатических и гидродинамических сил (в тех случаях, когда это требуется по соображениям обеспечения устойчивости бортов или отвалов) необходимо снижение напоров в соответствии с требованиями, изложенными в гл.II, § 1, п.Е. Для этого могут применяться дренажные канавы, водопонижающие скважины и колодцы, самоизливающие скважины и средства комбинированного типа.

а. Снижение напоров подземных вод системой дренажных канав, заполненных фильтрующим материалом, может быть осуществлено при небольшой мощности глинистых пород основания отвалов - до 2-3-х м.

б. В большинстве прочих случаев следует ориентироваться на водопонижающие или самоизливающие скважины. Водопонижающим скважинам, пройденным с бермы добычного уступа, должно отдаваться предпочтение при работах с подвалкой или при малой ширине (менее 10-15 м) свободного пространства в подошве карьера. В прочих случаях оптимальный вариант выбирается на основании экономического сопоставления. Скважины следует располагать в подошве карьера линейными рядами параллельно фронту отвалов. Перед засыпкой скважин отвалами от каждой скважины в сторону выработанного пространства прокладывается водоотводная труба. По мере перемещения фронта отва-

лов сооружается следующий ряд скважин, а предыдущий (расположенный вне призмы возможного оползания) выключается из работы путем цементации устьев скважин через водоотводные трубы. Нередко целесообразно сочетать разгрузочные скважины с системой закрытых дренажных канав.

3. Для дренажа основания отвалов, представленного водоносными скальными или полускальными породами, могут быть применены дренажные канавы и водопонижающие скважины.

а. Дренажные канавы целесообразно применять в случаях, когда для их сооружения не требуется проводить буровзрывные работы.

б. Водопонижающие скважины следует применять, когда при действии дренажных канав не достигается требуемое понижение уровня воды или проходка канав неэкономична, вследствие необходимости проведения буровзрывных работ.

4. Если в снижении уровней (напоров) нет необходимости, то можно ограничиться организацией водоотвода в подошве карьера. В большинстве случаев водоотводные канавы перед отсыпкой отвалами следует заполнять дренажным материалом - за исключением тех условий, когда нижняя часть отвала сложена хорошо фильтрующим материалом.

В. Дренаж тела отвала

1. Для дренажа тела отвала, сложенного однородными песчаными и пылеватыми грунтами или смешанными породами с преобладанием песков, которые отсыпаны на основание из глинистых или водонепроницаемых полускальных пород, могут применяться дренажные насыпи, пластовый дренаж и водопонижающие скважины - в дополнение к средствам дренажа основания.

а. Пластовый дренаж целесообразно применять при наличии во вскрышной толще хорошо фильтрующих пород, когда

принятая система горных работ позволяет проводить селективно отсыпку таких пород в подошву отвала. Водоотвод осуществляется дренажными канавами. При отсыпке отвалов на основание из скальных или полускальных пород дренирующий слой в их подошве может быть создан также путем рыхления основания буровзрывными работами.

б. Если создание пластового дренажа невозможно или неэкономично, то следует ориентироваться на сооружение в подошве карьера дренажных насыпей из гравия или щебня, в которых закладываются один или несколько рядов фильтровых труб /14/. Насыпи высотой до 1,0-1,5 м при ширине их 4-8 м располагаются параллельно фронту отвалов. Расстояние между ними принимается равным ширине одной (реже двух) заходки. Отвод сдренированных вод осуществляется поперечными водоотводными трубами, проложенными обычно на пониженных участках основания отвалов. По мере перемещения фронта отвалов и засыпки ими насыпей, водоотводные трубы, расположенные вне призмы возможного оползания, тампонируются цементом и из работы выключаются.

в. Если наблюдения показывают, что работа запроектированных средств дренажа не обеспечивает необходимого снижения уровня воды в теле отвала или происходит повышение уровня (например, в результате интенсивного выпадения атмосферных осадков), что может привести к возникновению недопустимых оползневых деформаций, то следует применять аварийные средства дренажа, в качестве которых могут быть использованы водопонижающие скважины, пробуренные с поверхности отвала вблизи откоса, а для отвалов, находящихся в течение длительного времени в неподвижном состоянии - горизонтальные скважины и фильтрующая пригрузка в нижней части отвала.

2. При водопроницаемом основании [x], служащем как бы пластовой дреной для отвальных масс, дренаж тела отвалов самостоятельными средствами не проводится.

3. В целях уменьшения величины инфильтрации атмосферных осадков целесообразно, по возможности, проводить

---

x) Имеется в виду, что проницаемость пород основания выше осредненной проницаемости пород отвала.

планировку поверхности отвалов на участках, прилегающих к откосу.

Г. Мероприятия, направленные на ускорение консолидации пород отвалов и основания

1. Если испытания пород отвалов или замеры с помощью специальных датчиков показывают, что в отвалах, при заданной их высоте, развивается поровое давление (разд.1, гл.1, § 1, п.Д), существенно снижающее сопротивление пород сдвигу и устойчивость отвалов, а селективная отсыпка представляется невозможной или неэкономичной, то целесообразно рассмотреть возможность интенсификации процесса консолидации пород посредством устройства сплошных песчаных подушек в основании отвалов. Мощность песчаного слоя может приниматься относительно небольшой - 50-80 см.

Процесс рассеивания порового давления оценивается по формулам теории консолидации /4/ и контролируются специальными датчиками. Конечно, это мероприятие может быть целесообразным лишь для отвалов глинистых пород большой (более 30-40 м) высоты на непроницаемом основании, при наличии песчаных пород во вскрышной толще.

2. При отсыпке отвалов глинистых пород на слабое глинистое основание, в котором ожидается развитие порового давления, устойчивость отвала также может быть существенно повышена путем устройства песчаной подушки - аналогично п.1 - в целях ускорения процесса консолидации пород основания. В особо ответственных случаях следует рассматривать вопрос о целесообразности бурения в породах основания часто расположенных неглубоких скважин типа "песчаных свай" /4/.

§ 2. Дренаж внешних отвалов

1. Основным мероприятием по дренажу внешних отвалов является организация стока талых и атмосферных вод.

Для этого должна проводиться планировка поверхности отвала и его основания; поверхности отвала придается обратный уклон (в сторону от откоса).

Если возникает необходимость в повышении степени устойчивости внешних отвалов путем снижения гидростатического или порового давления (например, при работе на отвалах тяжелого оборудования), то могут проводиться мероприятия, аналогичные тем, которые рекомендовались с этой целью для внутренних отвалов и для их основания (§ 1). Следует помнить, что если основанием внешних отвалов служат породы с низкой несущей способностью (илы, торфа и т.д.), то дренаж нередко требует больших материальных затрат, так что полная "срезка" этих пород может оказаться более целесообразной. При многоярусном размещении внешних отвалов во всех случаях, если это возможно по технологии работ, в нижний ярус следует отсыпать водопроницаемые породы.

2. Если на карьере имеет место гидравлическое отвалообразование, то особенно важно следить за поровым давлением в глинистых ядрах дамб гидроотвалов, которое нередко является причиной опасных деформаций. С целью снижения порового давления могут быть использованы "песчаные сваи" и горизонтальные дрены пластового типа, устраиваемые одновременно с намывом гидроотвала. При наблюдаемых значительных фильтрационных деформациях откосов гидроотвала следует осуществлять их пригрузку дренажным материалом или бурить неглубокие (до 15-20 м) горизонтальные скважины в нижней части откоса. Ввиду сложного состава породных масс, слагающих гидроотвал, проектная оценка требуемой интенсивности (а иногда - и самой необходимости) этих мероприятий представляется затруднительной. В связи с этим особенно большое значение приобретают наблюдения за гидроотвалами в период строительства и эксплуатации карьера.

Важно отметить, что проектирование участков гидроотвалов должно учитывать задачи осушения карьерного поля; в частности, в качестве основания гидроотвалов желательно выбирать непроницаемые породы, с тем, чтобы предотвратить подпитку водоносных горизонтов, вскрываемых карьером.

ГЛАВА VII

ОРГАНИЗАЦИЯ ВОДООТВОДА И СТОКА В КАРЬЕРЕ И НА ПРИЛЕЖАЩЕЙ ТЕРРИТОРИИ

§ 1. Отвод и осушение постоянных водных коллекторов

1. Отвод и осушение рек и водных коллекторов (озер, прудов, болот) применяется в тех случаях, когда обводнение карьера за счет поступления вод из них достаточно существенно.

2. Чаще всего реку отводят в новое забетонированное русло. В условиях закарствованных пород более эффективным является отвод речных вод по трубам. Если русло реки проходит по слабопроницаемым покровным отложениям, то иногда бывает возможно отказаться от бетонирования, что должно подтверждаться фильтрационным расчетом.

3. Расстояние, на которое отводится река от карьера, определяется, с одной стороны, проницаемостью покровных отложений и геоморфологическими особенностями местности и, с другой стороны, рациональной степенью уменьшения влияния инфильтрации из реки на условия дренирования водоносного горизонта. Того же принципа следует придерживаться при отводе и осушении водоемов и болот. При этом нужно учитывать, что поступление воды за счет инфильтрации из водоемов, подстилаемых слабопроницаемыми породами, будет тем больше, чем больше размеры зеркала водоема.

4. Иногда дно водоема (или реки), являющегося источником инфильтрации, можно частично закольматировать путем сброса в водоем глинистой пульпы.

5. В некоторых случаях /5/ речные воды отводятся во временное русло; старое русло на участке, прилежащем к карьеру, бетонируется, после чего вода вновь поступает по нему.

6. Следует обращать больше внимания на тщательность изоляции русел отводных каналов, которые часто играют роль дополнительного источника питания подземных вод и вызывают нередко оползневые деформации.

7. Для обоснования целесообразности отвода и изоляции постоянного коллектора необходимо произвести технико-экономический расчет, сопоставив стоимость отвода и тех дренажных мероприятий, которые нужно осуществить для обеспечения нормального хода горных работ на весь период эксплуатации месторождения.

8. В заслушливых районах отвод рек в ряде случаев может оказаться нецелесообразным, - если фильтрация речных (особенно паводковых) вод является необходимым условием бесперебойного водоснабжения.

§ 2. Организация стока дождевых, талых и технических вод

1. Регулирование поверхностного стока дождевых, талых и технических вод должно производиться в пределах самого карьера (площадок уступов, откосов, дна), а также в пределах некоторой полосы вокруг карьера.

а. Ширина этой полосы определяется геоморфологическим строением района, количеством выпадающих осадков или талых вод, инфильтрационной способностью покрывных отложений, составом и условиями залегания водоносных пород, соотношением между величинами притоков к карьеру и количеством профильтровавшихся поверхностных вод, наличием или отсутствием заградительного дренажного контура и его расположением.

б. Во всяком случае, регулирование поверхностного стока всегда целесообразно производить в полосе между контуром карьера и дренажным контуром - если он существует. В целом, ширина этой полосы должна быть не меньше 150-200 м - при наличии слабопроницаемых покровных отложений и 300-400 м - при отсутствии таковых.

в. В условиях наклонного залегания слоев мероприятия по регулированию поверхностного стока должны проводиться с максимальной интенсивностью на прилежащих к карьеру участках выходов водоносных слоев на поверхность.

г. На месторождениях группы Б, при малой мощности покрывных отложений глинистого состава регулирование поверхностного стока также является обязательным, так как поступление атмосферных или талых вод может привести к быстрому подъему уровней в трещиноватых породах.

2. Мероприятия по регулированию поверхностного стока сводятся к устройству нагорных и водоспускных канав, планировка территории вокруг карьера (с приданием поверхности уклона в сторону нагорных канав), а также к планировке площадок уступов. Канавы проходятся вокруг карьера в пределах полосы необходимого осушения (см.выше) и на каждом уступе, сложенном водонепроницаемыми или слабопроницаемыми породами. Уклоны, придаваемые канавам, должны гарантировать отсутствие эрозионного размыва (приложение 3). На откосах уступов необходимо предусматривать ливнестоки.

Следует обращать внимание на то, чтобы все эти устройства не приводили к ощутимому пополнению подземных вод на отдельных участках карьерного поля. В особенности, это относится к прудам-аккумуляторам и скоплениям технических вод, создаваемым нередко в недопустимой близости бортов карьеров и откосов уступов и вызывающим их оползни.

3. Система отвода дождевых, талых и технических вод должна увязываться со всей системой дренажа месторождения; при этом в ряде случаев оказывается целесообразным применение единых водоотливных средств путем использования общих водосборников и насосов, устройства водосбросных скважин и т.д.

§ 3. Организация стока и отвода подземных вод, вытекающих в карьер

1. Мероприятия по организации внутрикарьерного сто-

ка должны, в первую очередь, предотвратить свободное стекание высачивающихся вод по откосам бортов карьера и образование скоплений воды на площадках уступов и в подошве карьера. Несоблюдение этого требования приводит к развитию различного рода деформаций, начиная от размыва откосов и кончая оползнями уступов набухающих глинистых пород. Кроме того, стекающая вода, скапливаясь на площадках добычных уступов и в их основании, приводит к дополнительному увлажнению полезного ископаемого.

2. Вытекающие на откос воды должны поступать в водосборники по специальным водоотводным устройствам (закрытым и открытым канавам, трубопроводам и т.п.).

3. Для централизации водоотлива иногда может быть признана целесообразной проходка специальных подземных выработок под подошвой карьера, на которые из отдельных открытых водосборников бурятся водосбросные скважины. Особенно часто необходимость в этом возникает при наличии внутренних отвалов (в частности, при работах с подвалкой обводненных пород), - если ввиду сложной гипсометрии водоупорных пород в подошве карьера самотечный водоотвод невозможен. В подобных условиях может оказаться также целесообразным устройство в понижениях "водоупора" отдельных временных водосборников (зумпфов), заполненных хорошо фильтрующим материалом, на которые после засыпки их отвалами бурятся водопонижающие скважины.

4. Не следует во всех случаях стремиться к перепуску всех фильтрующихся вод в общий водосборник, расположенный в подошве карьера или в подземных дренажных выработках: для карьеров большой (более 100 м) глубины это может привести к существенному удорожанию откачки, - если основной водоносный горизонт приурочен к верхней части толщи вскрышных пород.

5. Схемы водоотвода должны увязываться с проектными схемами ведения горных работ.

а. При пологом залегании пласта полезного ископаемого когда в ряде случаев технически невозможно организовать водоотвод в карьере с помощью профилированных канав (при большой длине фронта горных работ, невыдержанной гипсо-

метрии почвы полезного ископаемого и т.д.), самотечный внутрикарьерный водоотвод может быть обеспечен за счет размещения вскрывающих выработок под углом по отношению к изогипсам почвы пласта полезного ископаемого.

б. Важное значение имеет учет гипсометрии почвы пласта полезного ископаемого для организации водоотвода на карьерах с веерным перемещением фронта горных работ. В этом случае, при выборе варианта вскрытия и общей схемы развития работ, должна учитываться целесообразность расположения поворотного пункта карьера в наинизшей части почвы карьерного поля на весь срок его эксплуатации.

в. Применение бестранспортных систем разработки с подвалкой откоса добычного уступа, - при отработке месторождений по восстанию гипсометрии почвы обводненного полезного ископаемого, - вообще следует считать крайне нежелательным. Здесь подвалка вскрышными породами обводненного полезного ископаемого, как правило, делает невозможным создание приемлемой схемы водоотвода.

6. Откачиваемые на поверхность подземные воды, не используемые в целях водоснабжения, должны сбрасываться в реки или водоемы, если это допустимо по санитарным условиям. В прочих случаях (при отсутствии близко расположенных рек и водоемов или при опасности их загрязнения) следует устраивать пруды-аккумуляторы, приуроченные к естественным впадинам или оконтуренные ограждающими дамбами. В целях снижения до минимума величины вторичного поглощения, пруды-аккумуляторы необходимо располагать на участках распространения слабопроницаемых ("водоупорных") покрывных отложений. При отсутствии таких участков следует прибегать к искусственной кольматации или удалять пруды-аккумуляторы на значительное расстояние от карьера, так чтобы ожидаемое вторичное поглощение не вызывало бы роста водопритоков более, чем на 5-10%.

Сказанное не относится к засушливым районам, где вторичное поглощение откачиваемых вод, количество которых в отдельные моменты превышает практические потребности, может оказаться вполне целесообразным (создание подземных водохранилищ).

7. В целом, следует обращать особое внимание на мероприятия по отводу поверхностных вод и по организации внутрикарьерного стока; пренебрежение этими мероприятиями часто сводит на нет работу мощных дренажных устройств, предназначенных для борьбы с подземными водами.

8. Необходимый расчет водоотводных систем может быть сделан по формулам, приведенным в работе /1/.

ЛИТЕРАТУРА К РАЗДЕЛУ II

1. Абрамов С.К., Скиргелло О.Б., Чельцов М.И. Осушение шахтных полей и карьеров, Госгортехиздат, 1961.

2. Бечин А.П. Сооружение котлованов гидроузлов, Госэнергоиздат, 1961.

3. Гаев П.Т. Осушение буроугольных карьеров ФРГ, изд.ЦИТИугля, 1962.

4. Герсеванов Н.М., Польшин Д.Е. Теоретические основы механики грунтов, Стройиздат, 1948.

5. Гольд К.А. Вскрытие буроугольных карьерных полей, Углетехиздат, 1957.

6. Жернов И.Е. Рациональные схемы осушен. карьеров на месторождениях с крутым падением пластов, "Научные записки УкрНИИпроекта", 1961.

7. Мельников Н.Н. Применение экскаваторов-драглайнов на открытых горных работах, "Гидротехническое строительство", 1964, № 8.

8. Мироненко В.А. К вопросу об устойчивости обводненных песчаных откосов на карьерах КМА, "Известия высших учебных заведений", геология и разведка. 1962, № 7.

9. Мироненко В.А. О применении горизонтальных скважин при дренировании карьеров, "Труды ВНИМИ", сб.ХУП, 1962.

10. Осушение карьерных полей (Материалы к "Методическому пособию по дренажу месторождений полезных ископаемых, подлежащих разработке открытым способом), составители: Мироненко В.А., Фисенко Г.Л., Норватов Ю.А., Бокий Л.Л., изд. ВНИМИ, Л., 1965.

11. Плотников Н.И., Сыроватко М.В., Щеголев Д.И. Подземные воды рудных месторождений, Металлургиздат, 1957.

12. Троянский С.В., Белицкий А.С., Чекин А.И. Гидрогеология и осушение месторождений полезных ископаемых, Углетехиздат, 1956.

13. Труды института ЦНИИгоросушение, вып.1 и 2, Белгород, 1962.

14. Труды совещания по строительству горных предприятий в сложных условиях, Углетехиздат, 1959.

15. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов, "Недра", 1965.

16. Шестаков В.М. Фильтрационная устойчивость песчаных откосов, "Гидротехническое строительство", 1959, № 10.

17. Newby J.E. "Proceedings of American society of civil engineers", 23, 10, 1953.

18. Rettig F. "Taschenbuch für den Bergbau", Leipzig, 1953.

ПРИЛОЖЕНИЯ К РАЗДЕЛАМ I и II

Приложение № 1

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ ОБВОДНЕННОГО ОТКОСА

А. Рассчитать устойчивость подтопленного откоса, показанного на рис.22 (см.гл.1, § 1).

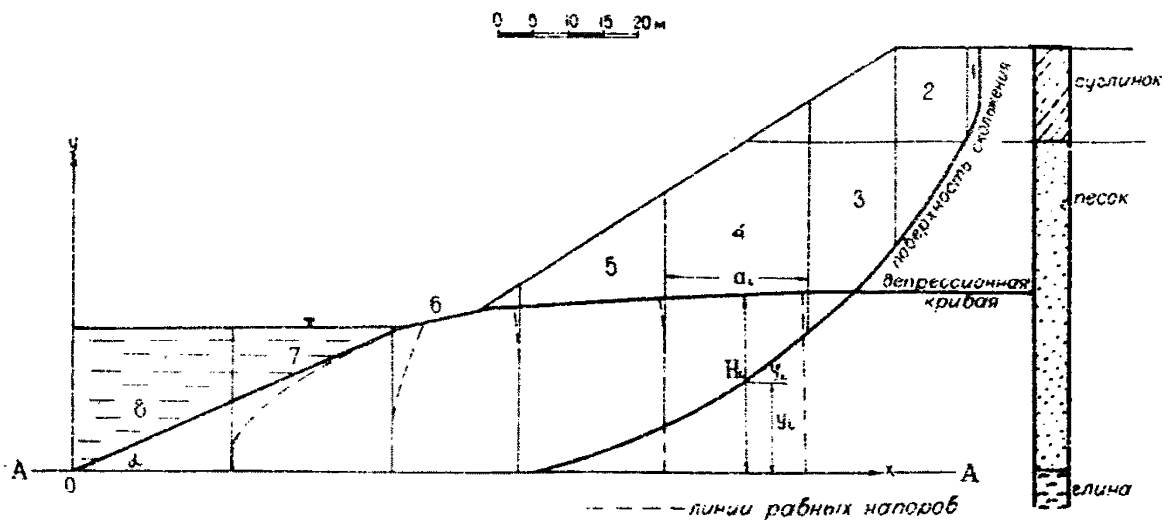


Рис.22. Схема к расчету устойчивости подтопленного откоса

И с х о д н ы е д а н н ы е:

γ суглинка	$= 2$ т/м^3	ρ суглинка	$= 28^\circ$
γ песка	$= 1{,}7$ т/м^3	ρ песка	$= 33^\circ$
K песка	$= 2$ т/м^2	n песка	$= 0{,}35$
K суглинка	$= 5$ т/м^2	Δ песка	$= 2{,}65$ т/м^3

1. Определяем положение "наиболее опасной поверхности скольжения" необводненного откоса.

2. Моделированием на приборе ЭГДА находим положение депрессионной кривой и линий равных напоров, отсчет которых ведем от прямой АА. Для определения напора в какой-либо точке М следует найти точку пересечения N линии равного напора, проходящей через точку М, с депрессионной кривой. Расстояние от точки N до прямой АА и есть величина напора в точке М.

При отсутствии линии равных напоров, построенных на ЭГДА, в данном случае можно приближенно принимать величину напора в точке М равной отрезку вертикали(проведенной через эту точку) заключенному между прямой АА и депрессионной кривой (или линией уреза воды в котловане).

3. Участок между "кривой скольжения" и линией откоса разбиваем на вертикальные блоки и в пределах каждого блока определяем результирующую силу гидростатического и гидродинамического давления по формуле (1.4).

4. Определяем объемный вес водонасыщенных песков по формуле:

$$\gamma_{нас.} = \Delta(1-n)+\Delta_0 n \quad ; \quad \gamma_{нас.} = 2{,}07 \text{ т/м}^3.$$

5. Коэффициент запаса устойчивости определяем по формуле (1.5а). Коэффициент запаса устойчивости η получился равным

$$\eta = \frac{2316}{1933} = 1{,}2 \qquad \text{(см.таблицу 1)}$$

Б. Рассчитать устойчивость обводненного многослойного откоса.

Геологическое строение откоса и расчетная схема приведены на рис.23.

И с х о д н ы е д а н н ы е:

слои 1 и 3 - песок: уд.вес $\Delta = 2{,}65$ т/м^3; пористость $n = 0{,}35$; угол внутреннего трения $\rho = 33^0$; сцепление $K = 0$;

слой 2 - песчаная глина: $\Delta = 2{,}70$ т/м^3; $n = 0{,}43$; $\rho = 28^0$; $K = 3$ т/м^2 ;

Таблица I

Номер блока	Площадь блока S_i	P_i	φ_i	$\cos\varphi_i$	$\sin\varphi_i$	N_i	T_i	H_i	y_i	H_i-y_i	a_i	$(H_i-y_i)a_i$	F_i	$Pb_i \cdot \cos(\alpha-\varphi_i)$	7+15-14	ρ_i	$tg\rho_i$	16-18	K_i	L_i	K_iL_i	19+22
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	17,6	35,2	59	0,515	0,857	18,1	30,1	-	-	-	-	-	-	-	30,1	28	0,32	9,6	5	13,5	67,5	77,1
2	128,5 71,2	257,0 121,0 Σ=378,0	56	0,559	0,828	211,5	313,0	-	-	-	-	-	-	-	211,5	33	0,65	137,5	2	18,0	36,0	173,5
3	118,7 249,5 17,9	237,4 423,0 37,1 Σ=697,5	43	0,735	0,681	512,5	475,0	25,00	22,5	2,50	6,00	15,0	20,4	-	492,1	33	0,65	320,0	2	17,5	35,0	355,0
4	24,8 398,5 250,0	49,6 677,5 517,5 Σ=1244,6	34	0,828	0,559	1032	697,0	25,00	13,00	13,00	20,85	250,0	302,0	-	730,0	33	0,65	475,0	2	25,0	50,0	525,0
5	236,0 440,0	401,0 910,0 Σ=1311,0	20	0,939	0,342	1230	448,0	23,50	1,0	22,50	20,85	470,0	500,0	-	730,0	33	0,65	475,0	2	22,0	44,0	519,0
6	8,25 376,0	14,0 778,0 Σ=792,0	0	1,000	0,000	792,5	0,0	22,00	0,0	22,00	17,50	385,0	385,0	-	407,5	33	0,65	265,0	2	17,5	35,0	300,0
7	112,5 337,5	112,5 699,0	0	1,000	0,000	699,0	0,0	20,50	0,0	20,50	22,50	461,2	461,2	102,5	340,3	33	0,65	222,5	2	22,5	45,0	267,5
8	337,5 112,5	337,5 233,0	0	1,000	0,000	233,0	0,0	20,25	0,0	20,25	22,50	457,0	457,0	307,0	83,0	33	0,65	53,9	2	22,5	45,0	98,9
	Сумма						1933															2316

Таблица 2

Номер блока	Площадь блока S_i	P_i	φ_i	$\cos\varphi_i$	$\sin\varphi_i$	N_i	T_i	H_i	y_i	H_i-y_i	a_i	$(H_i-y_i)a_i$	F_i	N_i-F_i	ρ_i	$\operatorname{tg}\rho_i$	15.17	K_i	L_i	K_iL_i	18+21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	111	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	46,75	80,5	49,5	0,65	0,76	52,5	61,0	-	-	-	-	-	-	52,5	33	0,65	34	0	14,0	0	34
2	152,5 95,5	262,0 197,5 Σ=459,5	41,5	0,75	0,66	345	303,5	49,4	42,6	6,8	14,4	98,0	131	214	33	0,65	139	0	20,0	0	139
3	169,6 203,0 98,0	292,0 420,0 194,0 Σ=906,0	37,0	0,80	0,60	723	542,5	36,4	29,6	6,8	16,4	111,5	139	584	28	0,53	310	3	20,6	62	372
4	91,2 164,0 182,4 76,0	157,0 340,0 360,0 157,5 Σ=1014,5	32,0	0,85	0,53	862	538,0	25,0	18,8	6,2	15,2	94,2	111	751	33	0,65	488	0	18,0	0	488
5	27,0 94,5 125,0 104,0 29,1	46,5 195,5 246,0 215,5 57,5 Σ=761,0	28,5	0,88	0,48	669	365,0	17,4	11,2	6,2	10,4	64,5	73	596	18	0,32	190	5	12,0	60	250
6	9,6 96,0 192,0 9,6 150,0 139,0	16,5 198,5 378,0 16,5 312,0 274,0 Σ=1195,5	22,0	0,93	0,37	1110	442,0	8,0	4,6	3,4	16,0	54,4	58	1052	18	0,32	337	5	17,6	88	425
7	12,8 161,0 22,4 117,5 180,5	26,5 317,0 38,5 243,5 356,0 Σ=981,5	9,0	0,99	0,16	971	157,0	1,2	0,8	0,4	14,0	5,6	6	965	18	0,32	309	5	14,4	72	381
8	108,0 47,0 133,0 252,0	212,5 80,5 276,0 495,0 Σ=1064,0	0,0	1,00	0,00	1064	0,0	0,0	0,0	0,0	18,0	0,0	0	1064	18	0,32	341	5	18,0	90	431
9	7,2 47,0 91,0 224,0	14,0 81,0 189,0 440,0 Σ=724,0	0,0	1,00	0,00	724	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	0,0	0	724	18	0,32	232	5	16,0	80	312
10	4,8 40,2 224,0	8,0 83,0 440,0 Σ=531,0	0,0	1,00	0,00	531	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	0,0	0	531	18	0,32	170	5	16,0	80	250
11	166,0	328,0	0,0	1,00	0,00	328	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	0,0	0	328	18	0,32	105	5	16,0	80	185
12	65,0	128,0	0,0	1,00	0,00	128	0,0	0,0	0,0	0,0	18,0	0,0	0	128	18	0,32	41	5	18,0	90	131
	С у м м а						2348														3398

слой 4 – глина; $\Delta = 2{,}70$ т/м^3; $n = 0{,}43$; $\rho = 18^\circ$,

$K = 5$ т/м^2;

Объемные веса сухого (γ) и водонасыщенного ($\gamma_{нас}$) грунтов, соответственно, равны:

слои 1 и 3: $\gamma = \Delta(1-n) = 2{,}65\ (1-0{,}35) = 1{,}72$ т/м^3

$\gamma_{нас} = \Delta(1-n) + \Delta_0 n = 1{,}72 + 0{,}35 = 2{,}07$ т/м^3

слои 2 и 4: $\gamma = \Delta(1-n) = 2{,}70\ (1-0{,}43) = 1{,}54$ т/м^3

$\gamma_{нас} = \Delta(1-n) + \Delta_0 n = 1{,}54 + 0{,}43 = 1{,}97$ т/м^3

Δ_0 – удельный вес воды, $\Delta_0 = 1$ т/м^3.

При расчете принято:

1. Линии тока в песках горизонтальны по всему слою; линии равных напоров, соответственно, вертикальны.

2. Линии тока в глинах вертикальны по всему слою; линии равных напоров, соответственно, горизонтальны.

3. Поверхность скольжения (рис.23) необводненного откоса найдена предварительным расчетом.

Коэффициент запаса устойчивости, определяемый по формуле (1,5), получился равным:

$$\eta = \frac{3398}{2348} = 1{,}45 \qquad \text{(см.таблицу 2)}$$

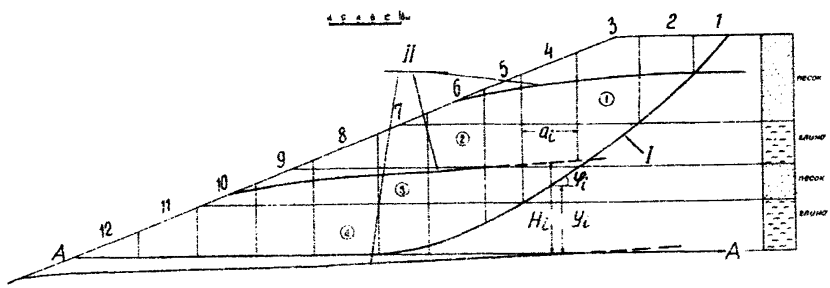


Рис.23. Схема к расчету устойчивости обводненного многослойного откоса

1 – поверхность скольжения, II – депрессионная кривая.

Приложение № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ ЯЗЫКА ОПЛЫВАНИЯ

Длина языка оплывания определяется по формуле:

$$l = \frac{h_б}{J_c}, \qquad /A/$$

где $h_б$ – высота промежутка высачивания,
J_c – средний уклон зоны оплывания.

Величину J_c можно найти из выражения:

$$J_c = \chi \frac{tg\rho}{2} \quad . \qquad /B/$$

где χ – определяется из графика (рис.24-а) – при $q_0 \leqslant 7$ м^3/сутки на пог.м.или из графика (рис.24-б) – при $q_0 > 7$ м^3/сутки на пог.м. (q_0 – удельный расход потока, вытекающего на откос).

Для подтопленных откосов вместо q_0 в расчет вводится величина:

$$q_0' = \kappa h_б \frac{h_б + 0{,}75\, h_0}{h_0 + (m + 0{,}5)\, h_б}; \qquad /C/$$

где h_0 – превышение зеркала воды над водоупором.

Высота промежутка высачивания $h_б$ определяется по формулам разд.Ш,гл.Ш,§ 3; причем в расчет вводится величина условного заложения откоса:

$$m = \frac{b}{tg\rho + 3J_c} \qquad /D/$$

Оплывание песков вызывает осыпание верхней части откоса, ширина зоны осыпания определяется формулой:

$$\Delta l = \frac{h_б^2}{2H}\left(\frac{1}{J_c} - \frac{1}{tg\rho}\right), \qquad /E/$$

где H – высота откоса

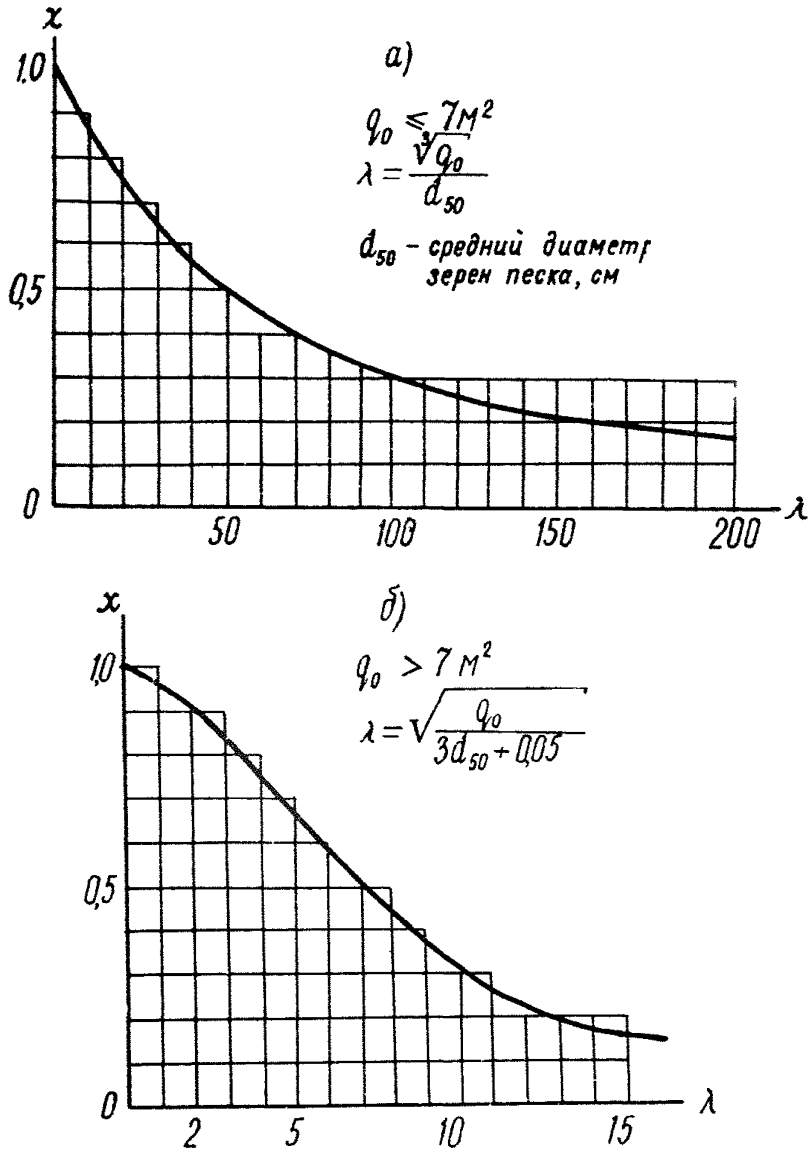


Рис. 24. Графики функций $x(\lambda)$

Приложение № 3

ТАБЛИЦА ПРЕДЕЛЬНЫХ (размывающих) СКОРОСТЕЙ

Таблица 3

Наименование грунта	Допускаемые средние скорости, м/сек.	Уклон, при котором скорость достигает размывающей величины
Илистые грунты . . .	0,1	0,005–0,01
Мелкозернистые пески	0,15–0,25	–"–
Среднезернистые пески	0,2 –0,6	0,01 – 0,02
Крупнозернистые пески	0,6 –0,8	0,01 – 0,02
Супесь и легкие суглинки.	0,5 –1,0	0,02 – 0,03
Тяжелые суглинки.	1,0 –1,4	0,03 – 0,04
Глины	1,4 –1,8	0,03 – 0,04
Мелкозернистые грунты с грубообломочным скелетом (до 10–50%)	0,4 –2,5	0,02 – 0,05
Тоже более 50% . . .	1,0 –4,0	0,03 – 0,05
Крепление мощением	2,5	
Крепленные деревянные и бетонированные канавы.	6	

Примечание. Таблица заимствована из "Справочника по инженерным изысканиям", Углетехиздат, 1958.

Приложение № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ "КРИТИЧЕСКИХ" ПРИТОКОВ

Под "критическим" притоком понимается такая величина притока на 1 пог. м протяженности фронта работ, которой соответствуют масштабы фильтрационных деформаций, предельно допустимые для данного типа горного оборудования и выбранной схемы отработки уступов.

1. Если почва водоносного горизонта совпадает с рабочей площадкой уступа, то "критический" приток определяется расчетом, исходя из допустимой длины языка оплывания ($t_{опл.g}$); расчет ведется подбором по формулам приложения 2.

а) Величина $t_{опл.g}$ для мехлопат может определяться из условия:

$$t_{опл.g} = R - H \cdot ctg\,\alpha,$$

где R – радиус черпания на уровне стояния экскаватора, H – высота уступа, α – угол откоса уступа.

Ориентировочно величину $t_{опл.g}$ для мехлопат можно принять равной 5–6 м.

б) Для многочерпаковых экскаваторов нижнего черпания величину $t_{опл.g}$ можно принять равной длине планирующего звена черпаковой рамы.

в) Для многочерпаковых экскаваторов верхнего черпания $t_{опл.g}$ равна удалению путей от основания уступа.

г) Для роторных экскаваторов $t_{опл.g}$ равна расстоянию от основания уступа до ближайшей опорной точки при минимальном радиусе резания.

д) Для драглайнов (при работах без подвалки):

$$t_{опл.g} = R_p - H_{отв} \cdot ctg\,\alpha_{отв} - b - \frac{B}{2} - H \cdot ctg\,\alpha,$$

где R_p – радиус разгрузки, $H_{отв.}$ – высота отвала,

$\alpha_{отб}$ угол его откоса, b – ширина бермы безопасности (3–5 м), B – расстояние между внешними краями лыж.

При работе с верхним подуступом $l_{отл.g.}$ должна быть меньше расстояния от нижней бровки подуступа до ближайшей опорной точки экскаватора.

2. Если почва водоносного горизонта "подрезана", то для "критических" притоков в условиях работы многочерпаковых экскаваторов и мехлопат рекомендуются следующие величины, полученные на основании наблюдений:

для пылеватых песков 0,2 м³/сутки,
для чистых тонкозернистых песков 0,5 м³/сутки,
для мелкозернистых песков 1,2 м³/сутки,
для среднезернистых песков 2,5 м³/сутки;
для крупнозернистых песков 5 м³/сутки (на 1 пог.м.).

Для драглайнов и роторных экскаваторов, в первом приближении, можно ориентироваться на величины "критических" притоков, подсчитанные согласно п.1, вводя в них коэффициент запаса порядка 2,0.

3. При работе гидромониторов "критические" расходы определяются исходя из условия, чтобы фильтрационными деформациями не была захвачена рабочая площадка вышележащего уступа (если таковой имеется). Кроме того, в целях устранения существенных затруднений в организации водоотвода, целесообразно, чтобы притоки не превышали следующих величин:

для тонкозернистых песков – 2,0 м³/сутки,
для мелкозернистых песков – 4,0 м³/сутки,
для среднезернистых песков – 10 м³/сутки,
для крупнозернистых песков – 18 м³/сутки на 1 пог.м. откоса.

4. Если фильтрующиеся воды поступают не в забой, а в дренажную траншею (канаву), "критические" расходы определяются исходя из требований устойчивости ее откосов. Согласно результатам наблюдений, можно рекомендовать следующие величины предельных притоков:

для пылеватых песков –0,4 м³/сутки,

для тонкозернистых песков –0,8 м^3/сутки,
для мелкозернистых песков –2,0 м^3/сутки,
для среднезернистых песков –3,5 м^3/сутки,
для крупнозернистых песков –7 м^3/сутки (на 1 пог.м.)

Указанные величины должны сопоставляться с притоками в пределах промежутка высачивания (приложение 2, формула "С").

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Стр.

Введение 3

РАЗДЕЛ 1. ВЛИЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НА УСЛОВИЯ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Г л а в а 1. Влияние подземных и поверхностных вод на устойчивость бортов, откосов уступов и отвалов.

§ 1. Влияние подземных и поверхностных вод на развитие оползневых деформаций за счет изменения напряженного состояния пород. 6

§ 2. Фильтрационные деформации и поверхностная эрозия откосов. 21

§ 3. Растворение и выщелачивание пород в период строительства и эксплуатации карьеров. 33

§ 4. Изменение механических свойств горных пород под влиянием подземных и поверхностных вод. 34

Г л а в а II. Влияние подземных и поверхностных вод на качество полезного ископаемого и на технологию горных работ.

§ 1. Влияние подземных и поверхностных вод на качественную характеристику полезного ископаемого 43

§ 2. Влияние подземных и поверхностных вод на работу горного и транспортного оборудования и на буровзрывные работы. 45

ЛИТЕРАТУРА К РАЗДЕЛУ 1 50

РАЗДЕЛ II. ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ СПОСОБОВ И СХЕМ ОСУШЕНИЯ КАРЬЕРНЫХ ПОЛЕЙ В РАЗЛИЧНЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Г л а в а 1. Принципы обоснования рациональных способов и схем осушения карьерных полей.

§ 1. Понятие об осушении карьерных полей и его задачах 52

§ 2. Факторы, определяющие выбор схемы осушения карьерного поля. 53

§ 3. О требованиях к обоснованию схемы осушения 55

§ 4. Типизация месторождений применительно к вопросам обоснования схем осушения карьеров. 56

§ 5. Значение современного состояния техники дренажа для выбора схемы осушения 58

Г л а в а II. Дренаж карьеров на месторождениях подгруппы А-1.

§ 1. Некоторые критерии для выбора способа и целесообразных пределов осушения. 64

§ 2. Дренаж разрезной траншеи. 72

§ 3. Дренаж нерабочего борта карьера. 82

§ 4. Дренаж рабочего борта карьера 90

Г л а в а III. Дренаж карьеров на месторождениях подгруппы А-2.

§ 1. Особенности осушения пород при наклонном залегании слоев. 113

§ 2. Дренаж разрезной траншеи 115

§ 3. Дренаж пород висячего бока и покровных отложений в период эксплуатации 117

§ 4. Осушение толщи полезного ископаемого. 120

§ 5. Дренаж пород лежачего бока в период эксплуатации 121

Г л а в а 1У. Дренаж карьеров на месторождениях группы Б.

§ 1. Особенности осушения трещиноватых и закарстованных пород. 125

§ 2. Дренаж разрезной траншеи 128

§ 3. Дренаж пород висячего бока и полезного ископаемого в период эксплуатации . . . 129

§ 4. Дренаж пород лежачего бока в период эксплуатации 133

Г л а в а У. Дренаж карьеров на месторождениях группы В. Особенности дренажа глубоких карьеров.

§ 1. Дренаж карьеров на месторождениях группы В. 134

§ 2. Особенности дренажа глубоких карьеров. 135

Г л а в а У1. Осушение отвалов и подошвы карьера.

§ 1. Дренаж внутренних отвалов и подошвы карьера. 143

§ 2. Дренаж внешних отвалов 150

Г л а в а УП. Организация водоотвода и стока в карьере и на прилежащей территории.

§ 1. Отвод и осушение постоянных водных коллекторов. 152

§ 2. Организация стока дождевых, талых и технических вод 153

§ 3. Организация стока и отвода подземных вод, вытекающих в карьер. 154

ЛИТЕРАТУРА К РАЗДЕЛУ II 157

ПРИЛОЖЕНИЯ К РАЗДЕЛАМ I и II 159

Руководство по дренированию карьерных полей

Отв.редактор В.А.Мироненко. Лит.редактор К.К. Глазенап

Печатный цех ВНИМИ Заказ № 41 Тираж 1000 5/IX-68 г

М-18780 Объем 10,5 п.л. Цена 84 коп.

gost.e-ecolog.ru