МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
ВНИМИ

ИНСТРУКЦИЯ

по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости

Ленинград
1971

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
ВНИМИ

СОГЛАСОВАНО

Министерством угольной промышленности СССР
Министерством черной металлургии СССР
Министерством цветной металлургии СССР
Министерством химической промышленности СССР
Министерством промышленности строительных материалов СССР

УТВЕРЖДЕНА

Госгортехнадзором СССР
21 июля 1970 г.

ИНСТРУКЦИЯ

по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости

Ленинград
1971

А Н Н О Т А Ц И Я

"Инструкция по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости" включает весь комплекс маркшейдерских и инженерно-геологических наблюдений, необходимых для решения вопросов по обеспечению устойчивости откосов, и мероприятий по предотвращению нарушений устойчивости откосов и обеспечению безопасности работ на действующих карьерах.

"Инструкция . . ." предназначена для горных предприятий, разрабатывающих твердые полезные ископаемые открытым способом.

В В Е Д Е Н И Е

Развитие горнодобывающей промышленности в СССР сопровождается ростом удельного веса открытого способа разработки полезных ископаемых, который имеет ряд преимуществ перед подземным способом, а именно: более высокая производительность труда, меньшая себестоимость и меньшие потери полезного ископаемого, лучшие и более безопасные условия работы.

Развитие горных разработок открытым способом сопровождается ростом числа карьеров, интенсивности работ на них и увеличением их предельной глубины.

В настоящее время глубина Коркинского угольного карьера превысила 300 м, а в ближайшие годы глубина целого ряда карьеров также превысит 300 м. В проектах значительного числа строящихся и реконструируемых карьеров предусмотрено развитие работ на глубину 500 м и более (Коркинский и Бачатский угольные, Баженовский и Джетыгаринский асбестовые, Сарбайский и Качарский железорудные и ряд других).

Вместе с ростом глубины карьеров также увеличивается срок службы их бортов. В настоящее время средний проектный срок службы карьера уже превышает 30 лет. Характерной чертой современного этапа развития открытой добычи полезных ископаемых является вовлечение в эксплуатацию месторождений со сложными геолого-горнотехническими условиями.

Применение на карьерах мощной высокопроизводительной техники ведет к увеличению параметров элементов горных выработок и к максимальной концентрации работ. В этих условиях вопрос об определении оптимальных углов откосов и обеспечении их устойчивости на открытых разработках приобретает первостепенное значение.

Расчет ожидаемой устойчивости откосов при проектировании базируется, как правило, на весьма приближенном фактическом материале, и поэтому он нуждается в корректиров-

ке в процессе строительства и эксплуатации карьеров. Нарушения устойчивости откосов влекут за собой увеличение объемов вскрыши, непроизводительные расходы на дополнительную переэкскавацию, нарушают режим работы на карьерах, вызывают простои и аварии горнотранспортного оборудования и приносят значительный материальный ущерб.

Правильное решение вопросов обеспечения устойчивости откосов на карьерах, своевременное предупреждение возникающих деформаций откосов и корректировка углов откосов в зависимости от изменяющейся горно-геологической обстановки невозможны без постоянного контроля со стороны геолого-маркшейдерской службы горных предприятий за состоянием откосов уступов, бортов и отвалов карьеров.

Со времени издания "Методических указаний по производству маркшейдерских наблюдений за оползневыми явлениями на угольных карьерах", Углетехиздат, М., 1955, прошло более 14 лет. За это время накоплен большой опыт по изучению деформаций бортов и отвалов, исследованию физико-механических свойств и структурных особенностей массива горных пород и их влияния на устойчивость пород в откосах, исследованию особенностей развития различного типа нарушений устойчивости во времени; совершенствовались методы расчета устойчивости откосов и наблюдений за ними.

Вследствие указанного появилась необходимость в разработке "Инструкции по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости".

Весь комплекс работ по обеспечению устойчивости откосов на карьерах состоит из наблюдений за деформациями откосов, расчетов устойчивости, на основе которых устанавливаются их оптимальные параметры, и разработки и осуществления мероприятий по предотвращению нарушений устойчивости откосов.

В настоящей Инструкции освещены комплексные маркшейдерские и инженерно-геологические наблюдения за деформациями откосов на карьерах и основные мероприятия по

предотвращению нарушений устойчивости откосов и обеспечению безопасности работ на карьерах.

Вопросы расчетов устойчивости откосов на карьерах и методика установления оптимальных параметров устойчивых бортов карьеров изложены в "Методическом руководстве по определению оптимальных углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров", ВНИМИ, Л., 1971 г., являющемся дополнением к настоящей Инструкции.

При составлении Инструкции учтены замечания Министерства угольной промышленности СССР, Министерства черной металлургии СССР, Министерства промышленности строительных материалов СССР, Министерства цветной металлургии СССР и Министерства химической промышленности СССР, институтов УкрНИИпроект. ИГД МЧМ СССР, ГИГХС, Унипромедь и Свердловского горного института им.В.В.Вахрушева, комбинатов "Челябинскуголь" и "Свердловскуголь", а также Управлений округов Госгортехнадзора СССР: Красноярского, Челябинского, Свердловского, Курско-Белгородского, Восточно-Казахстанского, Северо-Западного и Кузнецкого.

Инструкция по наблюдениям за деформациями откосов на карьерах и обеспечению их устойчивости составлена институтами ВНИМИ (главы 1, 2, 3, 4, 5, 6 и приложения 1-17, 21-27) и ВИОГЕМ (главы 1, 2, 6 и приложения 1, 18-20).

В составлении Инструкции принимали участие: от института ВНИМИ - профессор, докт.техн.наук Г.Л.Фисенко канд.техн.наук А.М.Мочалов, канд.геол.-мин.наук В.И.Веселков, инженеры Ю.С.Козлов и С.В.Кагермазова; от института ВИОГЕМ - канд.техн.наук А.И.Ильин, канд.техн. наук Ю.М.Николашин и инженер В.П.Будков.

Г Л А В А 1

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Предотвращение оползней и обрушений откосов на карьерах, а также разработка мероприятий, снижающих вредное воздействие деформаций уступов, бортов, отвалов и территорий, прилегающих к карьеру, является необходимым условием бесперебойной работы горного предприятия.

1.2. Целью комплекса работ, предусматриваемых "Инструкцией по наблюдениям за деформациями бортов откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости", является:

а) изучение деформаций бортов карьеров, уступов и отвалов и выявление причин их возникновения;

б) установление оптимальных параметров откосов участков горных работ;

в) предупреждение оползней и обрушений откосов на карьерах, разработка и применение мер, исключающих проявление деформаций, опасных для жизни людей и влекущих за собой снижение экономической эффективности горных разработок.

1.3. Для достижения этих целей на карьерах должны проводиться систематические инструментальные наблюдения за деформациями откосов, изучение физико-механических свойств горных пород, а также геологических и гидрогеологических условий месторождения.

1.4. Для разработки противодеформационных мероприятий, предотвращающих опасное проявление деформаций откосов на карьерах, выполняются следующие виды работ:

а) проведение систематических глазомерных наблюдений за состоянием откосов в карьере и на отвалах; изучение геологических и гидрогеологических условий месторождения, изучение условий залегания породных слоев, структуры мас-

сива полезного ископаемого, налегающих и вмещающих пород, пород основания отвалов;

б) выявление зон и участков возможного проявления разрушающих деформаций откосов на карьерах и организация на этих участках стационарных инструментальных наблюдений;

в) проведение инструментальных наблюдений за деформациями бортов уступов и откосов отвалов;

г) изучение возникающих нарушений устойчивости, установление их характера, степени опасности и причин возникновения, их документация;

д) составление проектов искусственного укрепления ослабленных зон и участков, контрфорсов, пригрузок откосов, специальной технологии горных работ и других мероприятий по борьбе с разрушениями откосов на карьерах;

е) систематический контроль за состоянием противодеформационных сооружений и выполнением мероприятий, предотвращающих развитие нарушений устойчивости откосов;

ж) контроль за соблюдением проектных параметров откосов уступов, отвалов и бортов карьеров; корректировка углов откосов рабочих уступов и отдельных участков рабочих бортов x).

1.5. В зависимости от горно-геологических и гидрогеологических условий разрабатываемых месторождений, срока службы карьеров, глубины разработок, горнотехнических условий и применяемого горного оборудования и механизмов на карьерах, выполняется весь комплекс работ, предусмотренный настоящей Инструкцией, или часть его.

Объем работ, подлежащих выполнению на каждом карьере, определяется техническим руководством предприятия и после согласования с местным органом Госгортехнадзора утверждается вышестоящей организацией.

---

x) Корректировка общих углов наклона бортов осуществляется проектной организацией на основе данных наблюдений.

1.6. Общее руководство и ответственность за своевременное и качественное выполнение работ по наблюдениям за деформациями откосов и оперативному решению вопросов по обеспечению устойчивости бортов карьеров, откосов уступов и отвалов возлагаются на главного инженера предприятия.

Работы, предусмотренные настоящей Инструкцией, должны выполняться инженерами и техниками маркшейдерской и геологической специальностей, для чего в геолого-маркшейдерской службе горных предприятий должны быть предусмотрены соответствующие штаты.

1.7. На карьерах со сложными инженерно-геологическими условиями по усмотрению главного инженера предприятия в составе отделов геолого-маркшейдерской службы предприятия образуется специальная группа по обеспечению устойчивости бортов карьеров, состоящая из специалистов-горняка, маркшейдера и геолога.

Для выполнения специализированных работ, рекомендуемых Инструкцией, могут быть привлечены научно-исследовательские, проектные, учебные и производственные организации соответствующего профиля. Последнее, однако, не снимает ответственности с горного предприятия за правильное и своевременное выполнение всего комплекса работ, необходимого для обеспечения устойчивости бортов уступов и отвалов.

1.8. На карьерах различают следующие виды нарушения устойчивости уступов, бортов и отвалов: осыпи, обрушения, оползни, просадки, оплывины и фильтрационные деформации.

О с ы п и характерны для всех видов горных пород, затрагивают, как правило, приповерхностную часть крутых откосов и формируются в течение значительного периода времени (несколько лет). Способствуют выполаживанию общего угла наклона борта карьера за счет уменьшения (сработки) площадок (берм) уступов. Иногда осыпи являются источником образования более крупных нарушений устойчивости (оплывин, оползней).

О б р у ш е н и я (см.п.31 приложения 1) захватывают значительные части массивов горных пород и возникают при углах откосов,превышающих 25-35°; активная стадия обрушений протекает практически мгновенно. Обрушения представляют наибольшую опасность для людей и механизмов, работающих на нижележащих уступах.

О п о л з н и (см.п.35 приложения 1) - наиболее распространенный вид нарушения устойчивости откосов, связанный с наличием в толще пород пластичных прослойков, слоев и слабых контактов; они происходят при углах наклона бортов и откосов уступов положе 25-35°; активная стадия оползней протекает в течение значительного времени (от нескольких часов до месяцев). Оползни вовлекают в движение значительные массы горных пород—от сотен до нескольких млн.м^3; в ряде случаев оползни приводят к полному прекращению работ в карьере.

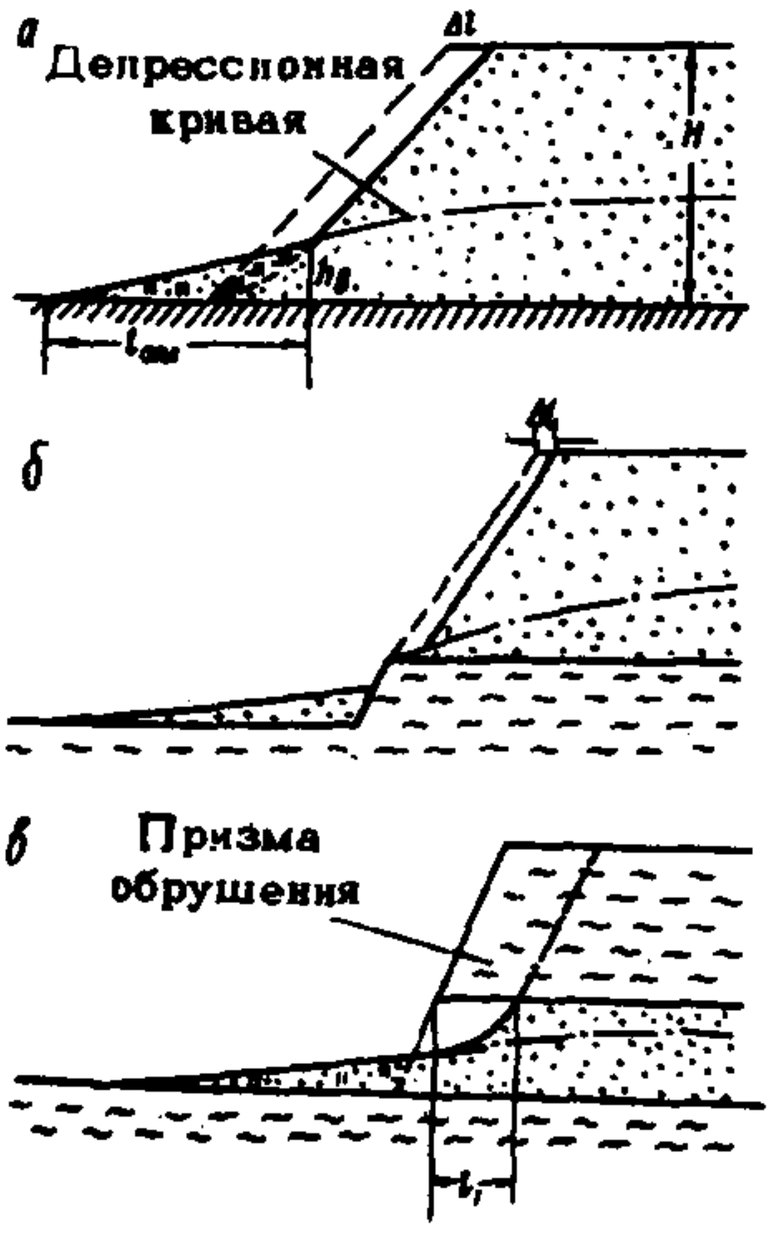
П р о с а д к и (см.п.47 приложения 1) связаны с уплотнением высокопористых рыхлых отложений и отвальных пород под влиянием внешних пригрузок, увлажнения атмосферными осадками и консолидации. Обычно это наименее опасный вид нарушения устойчивости, однако в определенных условиях может служить причиной серьезных нарушений режима работы, аварий и травм.

О п л ы в и н ы (см.п.34 приложения 1) характеризуются перемещением в виде потока насыщенных водой до текучего состояния некоторых разновидностей песчано-глинистых пород нарушенной структуры - пылеватых песков и глин, а также лессовидных суглинков и лессов. Оплывины захватывают значительные объемы пород, развиваются интенсивно, часто приобретая катастрофический характер.

Ф и л ь т р а ц и о н н ы е д е ф о р м а ц и и, вызываемые подземными водами, разделяются на оплывание, выпор, механическую суффозию и фильтрационный вынос вдоль трещин.

О п л ы в а н и е связано с переносом и переотложением грунтовых частиц подземными водами, вытекающими на откос в пределах промежутка высачивания; наиболь-

шее развитие процесс получает в песчаных грунтах (рис.1).



—·— -первоначальное положение откоса

▨ -оплывший песок

Рис.1.
а-схема оплывающего откоса;
б-схема оплывающего откоса при "подрезанном водоупоре";
в-схема образования "козырьков нависания" при оплывании

Процесс оплывания песков идет относительно равномерно в том случае, когда перед откосом имеется площадка для размещения оплывающих масс песка (рис.1а). При "подрезанном водоупоре" (рис.1б) оплывание характеризуется резко выраженной неравномерностью, что приводит к образованию промоин, а при устойчивых сводах - к возникновению пещер.

Оплывание может явиться причиной деформаций вышележащих пород (рис.1в).

Фильтрационный выпор - нарушение устойчивости частично подтопленных песчаных откосов, при котором приходит в движение некоторый его объем; выпор происходит под влиянием сил тяжести и гидродинамического давления, которое играет в этом процессе основную роль.

Угол затопленной части откоса, устойчивого на выпор, определяется условием:

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

где α - угол откоса, устойчивого на выпор,
J - градиент напора,
ρ - угол трения.

На промежутке высачивания незатопленного откоса

деформаций выпора не наблюдается.

М е х а н и ч е с к а я с у ф ф о з и я - вынос мелких частиц из массива горных пород под влиянием гидродинамических сил. Суффозионные явления наблюдаются главным образом в песчаных грунтах с коэффициентом неоднородности $\eta <$ 15-20. По данным В.С.Истоминой (1957) при величинах $\eta < 10$ суффозионные явления возникают лишь при весьма больших градиентах (0,5-1,0). Такие градиенты фильтрации в песчаных породах в практике эксплуатации карьеров встречаются крайне редко и лишь на весьма ограниченных участках, поэтому суффозионные явления - весьма редкий тип фильтрационных деформаций откосов на карьерах.

Фильтрационный вынос вдоль трещин носит эрозионный характер и может развиваться в слабосцементированных породах с характерной естественной трещиноватостью. В отдельных случаях фильтрационный вынос может привести к образованию подземных пустот и провальных воронок. Этот вид деформаций встречается редко и имеет существенное развитие лишь в слабосцементированных рыхлых песчаниках.

Из других видов деформаций откосов уступов и бортов карьеров, связанных с влиянием поверхностных и подземных вод, следует отметить поверхностную эрозию, выщелачивание и растворение пород.

Поверхностной эрозии подвержены песчано-глинистые рыхлые породы, слагающие борта карьеров. Эрозия развивается под воздействием на породы поверхностных потоков атмосферных или технических вод, а также подземных вод, вытекающих в карьер.

Выщелачиванию подземными водами чаще всего подвергаются карбонатные трещиноватые породы. Процесс выщелачивания развивается медленно, поэтому при отработке месторождений он не оказывает существенного влияния на устойчивость бортов карьеров. Однако, наличие естественных карстов осложняет ведение горных работ и ухудшает устойчивость откосов, т.к. при вскрытии их возможны значительные водопритоки и вынос рыхлого заполнителя.

Наиболее существенное влияние на устойчивость бортов оказывает соляной карст, связанный с быстрым растворением солей (галита, ангидрита и др.), который может явиться причиной обрушения борта карьера.

Деформации в лессовидных породах (просадки) связаны с растворением цементирующих соединений; деформации носят локальный характер и, как правило, не оказывают существенного влияния на устойчивость бортов карьеров.

На карьерах наблюдаются также провальные явления под влиянием подземных разработок и карстовых процессов.

1.8. При анализе условий возникновения деформаций откосов различают факторы, способствующие возникновению деформаций, и причины их возникновения.

Основными факторами, способствующими развитию деформаций откосов на карьерах, являются:

а) наличие поверхностей ослабления - тектонических нарушений, поверхностей скольжения древних оползней, слабых контактов между слоями;

б) обводненность пород и слабая их дренируемость;

в) интенсивная трещиноватость отдельных участков;

г) наличие прослоев слабых глинистых пород.

Основными причинами развития деформаций откосов являются:

а) несоответствие углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов или несоответствие их высот геологическим условиям;

б) отсутствие дренажа или недостаточная его эффективность;

в) неправильное ведение горных работ (буро-взрывных, экскаваторных и др.) и очередности отработки участков;

г) неправильная оценка устойчивости откоса или принятие углов откосов без достаточного обоснования.

Указанные геологические факторы, снижающие прочность и устойчивость в откосах массива горных пород, невозможно с необходимой детальностью выявить при разведке месторождений, поэтому при определении параметров откосов в период проектирования карьера они не могут быть учтены с необходимой полнотой. Детальное изучение неблагоприятных для устойчивости откосов геологических факторов производится в период строительства и эксплуатации карьеров.

1.10. Визуальное обследование состояния откосов на карьерах проводится не реже одного раза в месяц участковым маркшейдером или геологом и включает в себя фиксирование всех признаков начинающихся деформаций откосов, геологических и горнотехнических факторов, влияющих на устойчивость откосов.

Результаты визуального обследования состояния откосов заносятся в специальный журнал осмотра состояния откосов и подписываются лицом, произведшим осмотр.

На основе этого обследования определяется объем работ по наблюдениям за деформациями откосов и обеспечению устойчивости и безопасности работ в карьере.

1.11. При выполнении наблюдений за деформациями откосов на карьерах должны соблюдаться "Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом."

В случаях, когда на бортах карьера проводятся профилировка откосов, наблюдения за выветриванием пород в уступах и натурные испытания больших призм, должна производиться предварительная оборка откосов уступов с целью предотвращения вывалов отдельных кусков породы.

Г Л А В А 2

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ, ТРЕЩИНОВАТОСТИ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ МАССИВОВ

2.1. Изучение геологического строения и физико-механических свойств пород

2.1.1. Изучение геологических, инженерно-геологических и гидрогеологических условий месторождений, а также физико-механических свойств горных пород в период строительства и эксплуатации карьеров должно производиться с учетом изученности этих условий в период разведки месторождений и с учетом типа инженерно-геологических комплексов пород, слагающих месторождения, и их сложности (приложения 2,3).

2.1.2. В условиях, когда откосы уступов и борта карьеров сложены комплексами крепких скальных пород, подлежат изучению трещиноватость, слоистость и сланцеватость пород, дизъюнктивные нарушения и тектонические трещины большой протяженности. Гидрогеологические факторы в этих условиях, как правило, существенного влияния на устойчивость бортов не оказывают.

2.1.3. На месторождениях, сложенных комплексами пород средней прочности, изучению подлежат факторы, указанные в п.2.1.2, и дополнительно-структурные особенности массива, прочность пород в образце и гидрогеологические условия месторождений. Наиболее важным гидрогеологическим показателем, оказывающим решающее влияние на устойчивость бортов карьеров, является гидростатический напор (или пьезометрический уровень) во всех точках водоносных слоев в пределах призмы возможного оползания.

2.1.4. На месторождениях, сложенных комплексом слабых глинистых и несвязных пород, подлежат изучению минералогический состав и прочность пород, склонность их к набуханию и проявлению пластических деформаций, наличие в

слоистом массиве поверхностей ослабления (слабых контактов между слоями, зеркал скольжения в глинистых породах, поверхностей скольжения древних оползней) и гидрогеологические условия.

2.1.5. Основные характеристики прочности горных пород,-сцепление и угол внутреннего трения-должны определяться в лабораторных условиях путем испытаний на срез или трехосное сжатие однородных малогабаритных образцов, отобранных непосредственно из свежих обнажений в карьере или из инженерно-геологических скважин в виде кусков керна.

2.1.6. Определение сопротивления сдвигу горных пород в массиве с учетом их слоистости, сланцеватости и трещиноватости производится в полевых условиях путем испытачий на срез призм горных пород размерами порядка 40x80x120 $см^3$.

Количество натурных испытаний должно быть не менее трех для каждой разновидности пород, при этом испытаничми необходимо определять как прочность трещиноватого массива, так и прочностные характеристики по поверхности ослабления.

Натурные испытания должны проводиться по методике, изложенной в приложении 4.

2.1.7. Величину сцепления горных пород в массиве с учетом его трещиноватости $К_м$, $т/м^3$ можно определять также по эмпирической зависимости, установленной на основании большого числа натурных испытаний:

$$К_м = К' + \frac{К_к - К'}{1 + \alpha \ln(H/l)}, \qquad (2)$$

где H - наибольший размер области возможных деформаций (для карьеров - высота борта), м;

l - средний линейный размер блоков, ограниченных трещинами, м;

α - коэффициент, зависящий от прочности пород в куске и характера трещиноватости (α =0-3 для песчано-глинистых пород и α =3-10 для скальных и полускальных пород - приложение 5);

$K_к$ – сцепление в куске, т/м^2;
K' – сцепление по трещинам, т/м^2.

Величины $K_к$ и K' получают по результатам лабораторных испытаний горных пород.

2.1.8. Изучение состава, физических и водных свойств, влияющих на изменение показателей сопротивления пород срезу, осуществляется по методике, освещенной в руководствах: "Методы лабораторных исследований физико-механических свойств песчаных и глинистых грунтов", М., Госгеолиздат, 1952, и "Практическом руководстве к лабораторным работам по грунтоведению и механике грунтов", М., Госгеолтехиздат, 1961.

2.1.9. Определение прочностных характеристик песчано-глинистых пород должно производиться, в основном, на приборах одноплоскостного среза, косого среза и стабилометрах. Перечень и объем лабораторных определений физико-механических свойств пород, необходимых для решения вопросов устойчивости бортов карьеров, приведены в приложении 6.

2.1.10. Характеристики прочности скальных и полускальных пород определяются путем испытаний образцов цилиндрической формы на одноосное сжатие; высота образца должна в 2 раза превышать диаметр цилиндра. Изготовление образцов производится из керна и заключает в обрезке и шлифовке торцевых плоскостей (можно также придавать образцам и прямоугольную форму); при этом торцевые поверхности образцов должны быть параллельны между собой и перпендикулярны их продольной оси.

Величина сцепления K, кг/см^2 по результатам испытаний на одноосное сжатие определяется по формуле:

$$K = \frac{\sigma_{сж}}{2} \operatorname{tg}\left(45^0 - \frac{\rho}{2}\right), \qquad (3)$$

где $\sigma_{сж}$ – сопротивление одноосному сжатию, кг/см^2;
ρ – угол внутреннего трения, величина которого зависит от литологического состава и характера породы, град.(см.приложение 7).

Прочность скальных и полускальных, а также плотных глинистых пород можно также определять путем проведения испытаний образцов диаметром 30-70 мм в приборах "косого среза".

2.1.11. Определение сопротивления сдвигу по поверхностям ослабления (трещинам, слоистости, сланцеватости, тектоническим нарушениям) производится в лабораторных условиях на специальном срезном приборе, на котором раздельно создаются нормальные и касательные усилия, или в полевых условиях - путем натурных испытаний. Приближенные значения углов трения по поверхностям ослабления можно выбирать из приложения 8.

2.1.12. Схема проведения испытаний песчано-глинистых пород должна отвечать двум основным требованиям:

а) испытуемый образец по возможности должен иметь такое исходное состояние (плотность-влажность), которое он будет иметь в борту карьера, основании отвала или самом отвале;

б) исходное состояние образца должно сохраняться до конца проведения испытания, что достигается проведением испытаний на срез по схеме быстрого среза (общая продолжительность опыта не более 8-10 мин.).

В производственных условиях, при отсутствии стабилометров, испытания на срез можно проводить в одноплоскостных рычажных приборах и приборах "косого среза".

2.1.3. При эксплуатации карьеров отбор образцов песчано-глинистых, полускальных и скальных пород следует производить непосредственно в карьере из свежих обнажений откосов уступов с учетом охвата всех литологических разностей. Отбор образцов производится в виде монолитов размерами 20x20x30 $см^3$.

Отбор образцов горных пород может производиться также из инженерно-геологических скважин, пробуриваемых в случаях, когда карьерное поле недостаточно разведано и горными работами полностью не вскрываются породы, для которых показатели физико-механических свойств отсутствуют.

2.1.14. Инженерно-геологические скважины следует располагать вблизи границ карьерного поля и на первоочередных участках ведения горных работ. Их местоположение определяется в каждом конкретном случае в зависимости от сложности геологического строения и рельефа местности; скважины следует располагать так, чтобы они оказывались в пределах призмы возможного обрушения нерабочих бортов проектируемого карьера.

2.1.15. Основным требованием к методике бурения инженерно-геологических скважин в песчано-глинистых породах является обеспечение максимального выхода керна (не менее 80%) и сохранение естественной влажности и структуры образцов горных пород.

Определение физико-механических свойств скальных и полускальных пород может осуществляться по керну, отбираемому из геолого-структурных скважин.

Минимальный диаметр керна для лабораторных испытаний должен быть: для скальных пород - 40 мм, для полускальных - 55-60 мм, а для слабых 90-100 мм.

2.1.16. При бурении скважин в песчано-глинистых породах в качестве промывочной жидкости должен применяться густой глинистый раствор - для предотвращения набухания и размыва керна.

Бурение производится колонковой трубой с минимальной подачей промывочной жидкости при небольшом (120-180об/мин.) числе оборотов.

Для отбора образцов сланцеватых глин, крупнозернистых и гравелистых отложений, а также современных озерно-болотных осадков целесообразно применение грунтоносов.

Методика отбора образцов из инженерно-геологических скважин и порядок их парафинирования изложены в приложении 8.

2.1.17. Перед испытаниями на срез образцы песчано-глинистых пород, которые в процессе отбора могли разуплотниться, выдерживаются в уплотнителях под природными напряжениями до полной стабилизации; неразуплотненные по-

роды срезаются без предварительного уплотнения.

Природные напряжения в массиве σ т/м^2 песчано-глинистых пород определяются умножением объемного веса пород γ, т/м^3 (средневзвешенного по мощности в слоистом массиве) на глубину отбора образцов H,м: $\sigma = \gamma H$. При определении природных напряжений должно учитываться взвешивание горных пород, залегающих ниже депрессионной поверхности подземных вод.

2.1.18. Испытания на срез песчано-глинистых пород производятся при 3–4-х нормальных нагрузках, из которых максимальная должна составлять не менее 80% от природной нагрузки, а минимальная – 15–20%. Все испытания на срез производятся по схеме быстрого среза во избежание оттока поровой воды; касательные нагрузки при срезе даются ступенями через 1 мин., а отсчет деформации производится через 30 сек.

2.1.19. Сопротивление срезу глинистых пород с учетом набухания в откосах определяется путем испытания образцов, которые выдерживаются в уплотнителе под водой при нескольких величинах нагрузок (обычно 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0 кг/см^2); нормальная нагрузка при срезе набухших образцов, во избежание отжима воды и выдавливания породы в зазор между коробками, уменьшается на 20–30% по сравнению с нагрузкой в уплотнителе. Необходимое число таких испытаний составляет 3–4 при каждой нормальной нагрузке.

2.1.20. Сопротивление сдвигу по контактам и трещинам можно определять также в лабораторных условиях путем проведения испытаний на сдвиг образцов пород в рычажных одноплоскостных приборах по схеме повторного сдвига.

2.1.21. Испытания глинистых пород сопровождаются определением напряжений, вызывающих незатухающие пластические деформации (предела ползучести).

Определение предела ползучести можно производить одним из упрощенных способов, изложенных в приложении 10.

2.1.22. Определение сопротивления срезу отвальных пород глинистого состава производится на обычных срезных приборах. Из отобранных образцов изготовляется стружка размером 2-5 мм, которая укладывается в уплотнители и выдерживается в течение 1-2 часов при 3-4-х нормальных нагрузках, в зависимости от величины напряжения, испытываемого породой в отвале. При селективном отвалообразовании испытаниям подвергаются все литологические разности, а при валовой отсыпке изготовляется смесь в пропорции, отвечающей соотношению пород в геологическом разрезе.

Нормальные напряжения при срезе задаются таким образом, чтобы во время опыта не происходило отжима воды, рассеивания порового давления и дополнительного уплотнения образцов.

Максимальное нормальное напряженне при испытании отвальной массы задается, исходя из двух условий:

а) отвальные породы срезаются при напряжениях, которые испытывает порода в отвале;

б) предельным сопротивлением срезу глинистых отвальных пород считается сопротивление, соответствующее нормальному напряжению, при котором начинается отжим воды; испытание отвальных пород при больших напряжениях нецелесообразно.

В связи с тем, что в нижней части отвалов возможно дополнительное увлажнение, которое приводит к уменьшению сопротивления срезу, испытания одних и тех же пород следует проводить при 2-3-х значениях влажности, превышающей естественную на 2-6%.

2.1.23. Испытания отвальных пород, представленных смесью глин и грубообломочных твердых пород, необходимо производить в приборах с увеличенной площадью среза; рекомендуется соотношение диаметра срезной коробки и диаметра наиболее крупных твердых включений на менее 15.

По результатам испытаний литологических разностей и смесей отвальных пород строятся графики сопротивления

срезу в зависимости от нормальных нагрузок, которые используются при расчете устойчивости отвалов.

2.1.24. С целью прогнозирования проявления на карьерах фильтрационных деформаций (оплывания, механической суффозии, фильтрационного выпора и выноса вдоль трещин), а также деформаций, связанных с прорывом подземных вод, кроме изучения механических характеристик (п.п.2.1.17-2.1.22), дополнительно определяются: гранулометрический состав песчаных пород (для определения коэффициента неоднородности), коэффициент фильтрации песков и песчаных глин, величины напоров водоносных горизонтов.

2.1.25. На соляных карьерах для получения исходных данных о процессах выщелачивания и растворения пород следует определять химический состав растворимых пород и цементирующего материала и химический состав подземных вод.

Методика получения перечисленных исходных величин изложена в "Справочном руководстве гидрогеолога", Л.,Гостоптехиздат, 1959.

2.1.26. Все данные о геологических, инженерно-геологических и гидрогеологических особенностях участков карьерного поля, а также физико-механических свойствах горных пород отражаются на детальных инженерно-геологических погоризонтных картах и поперечных разрезах, ориентируемых в направлении, перпендикулярном простиранию соответствующих участков борта карьера. Для составления погоризонтных карт и разрезов в качестве основы используется существующая на предприятии маркшейдерско-геологическая документация.

2.1.27. Погоризонтные инженерно-геологические карты составляются не реже, чем через 50 м по высоте, на рабочей основе маркшейдерских планов горных работ масштаба 1:2000 и непрерывно пополняются по мере отработки очередных заходок. Одновременно составляются и пополняются инженерно-геологические разрезы вкрест простирания слоев пород (или простирания литологических разностей изверженных и метаморфических пород).

Первичными материалами к составлению инженерно-гео-

логических карт и разрезов являются инженерно-геологические съемки и зарисовки.

Погоризонтные инженерно-геологические карты и разрезы являются основными исходными документами для прогнозирования изменения с глубиной и по простиранию всех инженерно-геологических факторов, влияющих на устойчивость бортов карьеров, решения оперативных вопросов обеспечения устойчивости бортов карьеров и откосов уступов и составления проектов реконструкции карьеров.

2.2.Изучение структурных особенностей массива

2.2.1. Изучение структурных особенностей горных пород, слагающих месторождение, основывается на материалах разведки месторождения и полевых наблюдений в карьере и включает:

а) определение направления и характера основных поверхностей ослабления (тектонических нарушений, контактов между слоями и пр.);

б) определение протяженности и ориентировки в пространстве основных систем трещин;

в) установление интенсивности трещиноватости горных пород;

г) выделение участков карьера с характерными структурными особенностями.

2.2.2. При исследованиях устойчивости бортов карьеров различают два вида трещин: сплошные трещины большого протяжения (до 10 м и более) и трещины малые,или трещины отдельности. Трещины отдельности являются более частыми, чем сплошные трещины; ими, в основном, определяются форма и размеры элементарных блоков горной породы; трещины отдельности располагаются ступенчато.

Ряд трещин одного и того же направлен называется системой трещин. Совокупность систем трещин в опре-

деленном объеме массива горных пород называется трещиноватостью данного участка массива.

2.2.3. Число трещин одной системы, приходящихся на 1 пог.м в направлении, перпендикулярном плоскости трещин, характеризует интенсивность системы. Средняя интенсивность трещиноватости определяется интенсивностью трех ближних к взаимно перпендикулярным наиболее интенсивных систем и характеризует размер и форму элементарных структурных блоков породы.

Аналитически интенсивность трещиноватости ω ,1/м выражается в виде:

$$\omega = \frac{1}{l_{ср}} = \frac{1}{3}\left(\frac{1}{l_I} + \frac{1}{l_{II}} + \frac{1}{l_{III}}\right), \qquad (4)$$

где l_I, l_{II}, l_{III} - расстояния в метрах между трещинами I, II и III систем.

2.2.4. На устойчивость откосов наибольшее влияние оказывают трещины большого протяжения (сплошные трещины), развитые по слоистости, сланцеватости, параллельно тектоническим нарушениям и основной системе ступенчатых трещин отдельности. Сплошные трещины должны изучаться особенно тщательно. Предметом изучения является:

а) определение элементов залегания каждой трещины в нескольких точках;

б) плановая и высотная привязка точек замера;

в) характер поверхности трещин и заполняющий их материал.

Сплошные трещины документируются как в процессе ведения разведочных работ, так и непосредственно в искусственных обнажениях, образованных в результате ведения горных работ, а также в естественных обнажениях.

2.2.5. Системы ступенчато расположенных трещин отдельности интенсивностью не более 3, т.е. при крупности элементарных структурных блоков не менее 0,30 м, изучаются детально. Для этого по отдельным участкам, которые

характеризуются однородным литологическим сложением, а также некоторой общей закономерностью формы и ориентировки трещин, берется от 10 до 20 замеров элементов трещин каждой системы. Протяженность таких участков может колебаться в значительных пределах: от 10 до 100-150 м, а иногда и до 200 м.

2.2.6. Элементы залегания ступенчатых трещин отдельности при интенсивности трещиноватости более трех можно не изучать, так как при такой интенсивности залегание этих трещин (ориентировка трещин) не влияет на устойчивость откосов: в этих условиях откос деформируется как квазиизотропный массив. По участкам с большой интенсивностью трещиноватости дается описание формы ограниченных трещинами блоков горной породы и их размеров.

2.2.7. Количество и протяженность участков замера трещин и их взаимное расположение определяются сложностью геологического строения месторождения. Они должны располагаться так, чтобы изучению был подвергнут весь комплекс горных пород, слагающих месторождение, и все элементы структур месторождения (крылья складок, осевые части и пр.). Массивы горных пород, расчлененные крупными геологическими нарушениями, должны иметь два участка замера (каждый). При простом строении месторождения расстояние между участками замеров принимается равным 150-200 м. Общее количество замеров элементов залегания трещин в пункте замера определяется количеством систем трещин и характером их поверхностей. При этом следует исходить из того, чтобы каждая система трещин имела не менее 15-20 замеров элементов залегания. При сильном разбросе данных для отдельных систем количество замеров увеличивается до 30.

Участки замера трещиноватости привязываются к маркшейдерским точкам или к характерным предметам, зафиксированным на плане горных работ, с точностью до 3-5 м.

2.2.8. На каждом участке замера трещиноватости определяются следующие параметры:

а) элементы залегания всех систем трещин;

б) элементы залегания напластования , сланцеватости и тектонических нарушений;

в) средние расстояния между трещинами каждой системы (интенсивность системы);

г) линейные размеры отдельных крупных трещин;

д) характеристика поверхности трещин, заполняющий материал;

е) форма структурных блоков.

Запись полевых данных производится в журнале по следующей форме.

Наименование горной породы, место и дата замера	Элементы залегания наслоения, сланцеватости или основной системы трещин		Элементы залегания трещин		Расстояние между трещинами системы	Характеристика поверхности трещин	Примечания и эскиз
	A	α	A'	α'	ι		
I	2	3	4	5	6	7	8

Здесь A и A' - азимуты простирания поверхностей ослабления;

α и α' - углы падения.

2.2.9. Непосредственно на карьере единичные точки замеров элементов залегания поверхностей ослабления наносятся на круговые равнопромежуточные сетки (рис.2). На круговой диаграмме определяются средние значения элементов залегания систем как медианные значения для группы нанесенных на сетку точек каждой системы.

Для выявления основных систем трещин на месторождении средние значения элементов залегания каждой отдельной системы наносятся на сводную круговую диаграмму трещиноватости.

2.2.10. Замеры элементов залегания трещин производятся горным компасом; в магнитных породах на каждом

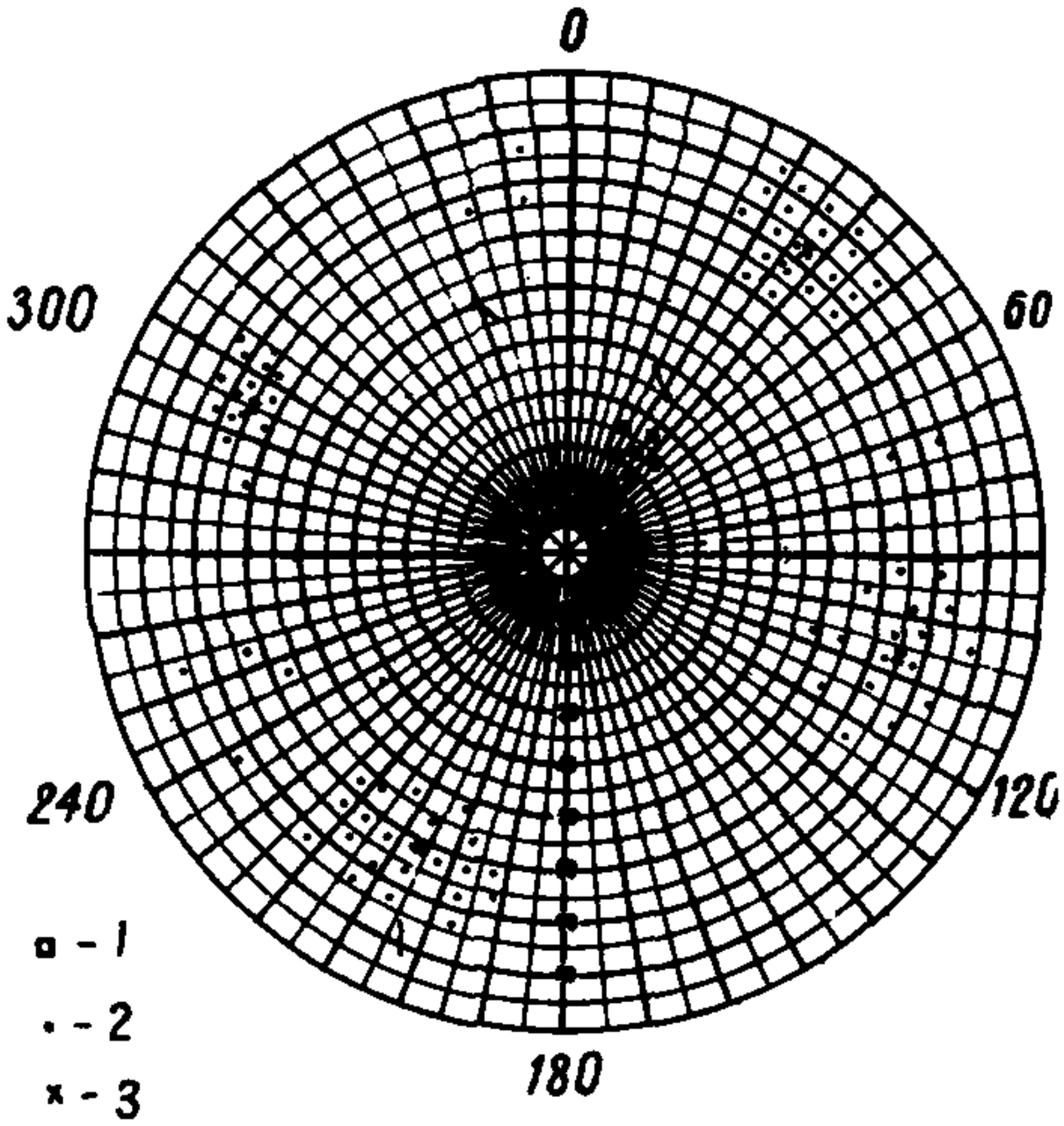


Рис.2. Круговая равнопромежуточная сетка
1-элементы залегания наслоения;
2-элементы залегания систем трещин по единичным замерам;
3-средние значения

участке замера определяется магнитное склонение, для этого производится визирование горным компасом по направлению с известным азимутом простирания.

В тех случаях, когда магнитное склонение определить не удается, рекомендуется солнечный компас (ориентир), у которого вместо обычной магнитной стрелки в центре круговой шкалы горного компаса нормально к плоскости ее устанавливается металлический стержень высотою 4-5 см. При замерах солнечным компасом фиксируются азимут тени стержня и время наблюдения. Истинное направление Солнца в каждый момент устанавливается по местному времени. Для удобства заранее составляется таблица с указанием истинного направления на Солнце в зависимости от времени для данной местности.

В тех случаях, когда по тем или иным причинам определить элементы залегания солнечным компасом или введением поправок за магнитное склонение не представляется возможным (например, при замерах элементов залегания. поверхностей ослабления в шахте, на теневой стороне в карьере и др.), используется трещинный угломер, состоящий из 3-х частей: 1) Т-образной линейки, 2) лимба с нанесенными делениями через 1-2 градуса, 3) визира, жестко скрепленного с лимбом угломера.

Наблюдения трещинным угломером производятся следующим образом; линейка угломера, вращающаяся вокруг вертикальной оси лимба, прикладывается по линии простирания трещины, после чего визир, жестко связанный с лимбом,

направляется на теодолит или удобный для визирования ориентир (например, триангуляционный пункт, копер шахты и т.п.), и производится отсчет по лимбу. Азимут простирания трещины определяется непосредственно в натуре.

2.2.11. При описании характера поверхности трещин следует указывать, является ли поверхность волнистой или ровной, шероховатой или гладкой, заполнена ли трещина инфильтрационным материалом и каким именно (глинка, окислы железа и т.д.).

Расстояния между трещинами определяются непосредственным измерением линейкой, нивелирной рейкой или рулеткой. При изучении интенсивности трещиноватости можно использовать масштабное фотографирование откосов.

Масштабное фотографирование выполняется в следующей последовательности:

а) на изучаемом участке уступа устанавливаются две нивелирные рейки (одна по падению откоса уступа, другая - горизонтально вдоль простирания уступа);

б) уступ фотографируется с таким расчетом, чтобы в кадр попали рейки, а также верхняя и нижняя бровки уступа;

в) выполняется камеральная обработка фотоснимков:

- определяется масштаб изображения М (на фотоснимках размером 9x12 см величина М колеблется от 1:100 до 1:300),

- на фотоснимке намечаются 2-3 замерных участка - "окна" (не выше 2-3 м от верхней бровки уступа) размером 3x3 см,

- с помощью линейки замеряются размеры всех попавших в "окно" структурных блоков,

- зная величину М, находят истинные размеры структурных блоков и среднее значение интенсивности трещиноватости на изучаемом участке.

2.2.12. В результате изучения структурных особеннос-

тей массива горных пород месторождения составляются структурные планы (карты) (рис.3) и профили, на которых по каждому уступу и по каждому участку наносятся все точки замеров сплошных трещин и средние значения элементов залегания наслоения, рассланцованности и систем ступенчато расположенных трещин отдельности. Азимут падения сплошной трещины показывается стрелкой, рядом цифрой - угол падения трещины и ее размеры, причем первая цифра означает размер по простиранию, а вторая - по падению. Среднее значение азимута падения наслоения, рассланцованности, генеральной системы трещиноватости, а также систем трещиноватости на каждом участке показывается стрелкой, угол падения - цифрой. На участках с интенсивностью трещиноватости более 3 условным знаком обозначается форма элементарных структурных блоков (кубическая, параллелепипедальная, косоугольная или многогранников), а рядом со знаком цифрой обозначается интенсивность трещиноватости. Структурный план по мере отработки месторождения должен все время пополняться.

2.2.13. Структурные планы и профили наглядно показывают положение основных направлений поверхностей ослабления прочности по отношению к бортам карьеров и их взаимное расположение и позволяют произвести выбор расчетных схем как для борта в целом, так и для отдельных участков и уступов; осредненные размеры элементарных структурных блоков позволяют с достаточной точностью определить коэффициент структурного ослабления массива горных пород.

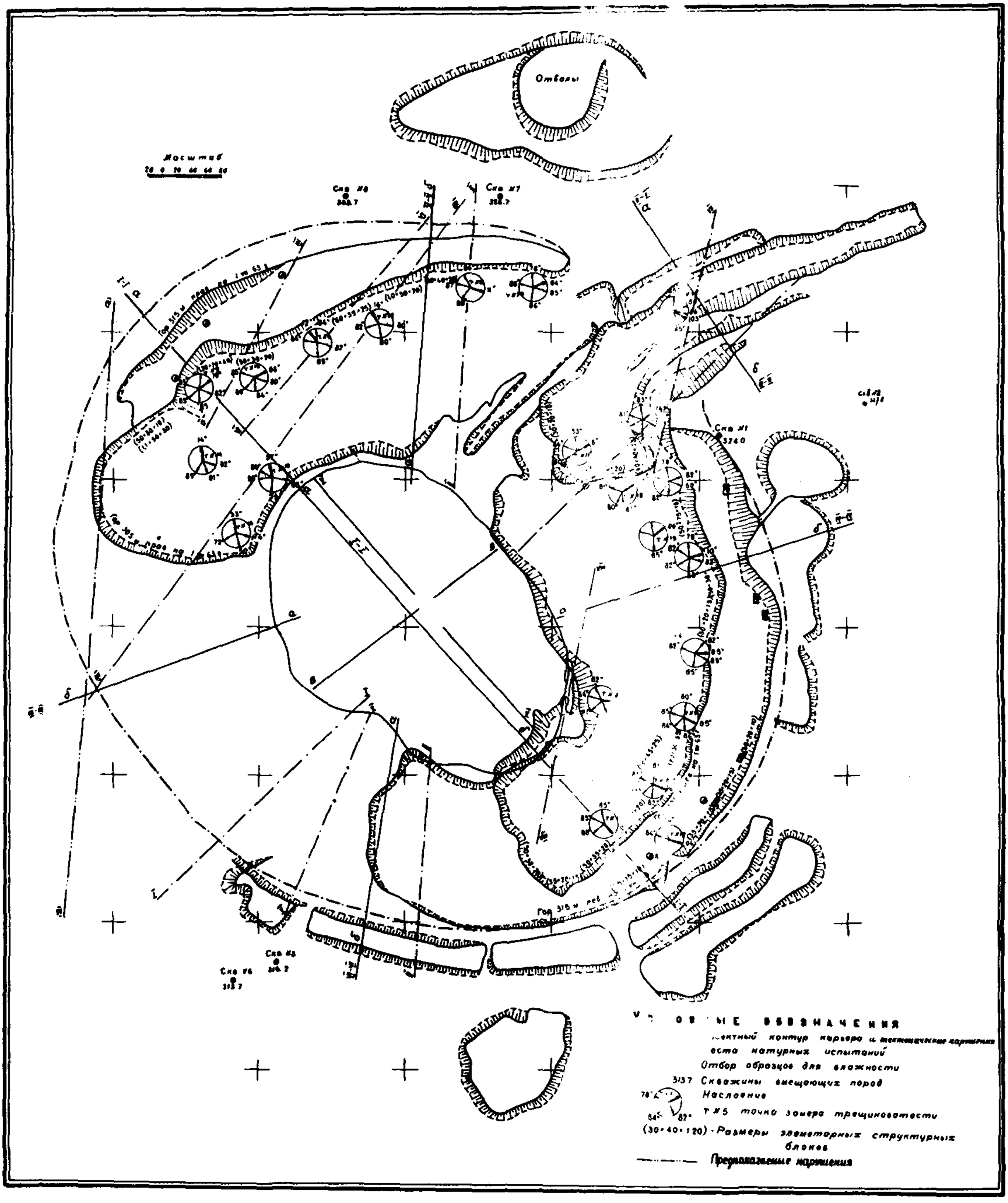

Отвалы
Масштаб
Скв №8
Скв №7
Скв №1
Скв №2
Скв №3
Скв №6
Гор 315 м
Условные обозначения
Контур карьера и тектонические нарушения
Места натурных испытаний
Отбор образцов для влажности
3137 Скважины вмещающих пород
Наслоение
Т №5 точка замера трещиноватости
(30×40×120) - Размеры элементарных структурных блоков
Предполагаемые нарушения

Рис.3

Г Л А В А 3

МАРКШЕЙДЕРСКИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ

3.1. Общие положения

3.1.1. Целью маркшейдерских наблюдений является:

а) установление границ распространения и вида деформаций горных пород;

б) определение скорости и величин деформаций;

в) определение критической величины смещений, предшествующих началу активной стадии, для различных инженерно-геологических комплексов;

г) предрасчет развития деформаций во времени при углубке карьера.

3.1.2. Для проведения маркшейдерских наблюдений за деформациями бортов карьеров и откосов отвалов закладываются специальные наблюдательные станции, на которых периодически проводятся инструментальные наблюдения. Наблюдательная станция состоит, как правило, из нескольких профильных линий, по которым расположены опорные и рабочие реперы.

3.1.3. Инструментальные маркшейдерские наблюдения за деформациями бортов и отвалов должны быть начаты одновременно с началом развития вскрышных работ на карьере.

В технических проектах разработки месторождений открытым способом должны содержаться проекты наблюдательных станций по наблюдению за деформациями бортов в целом и за деформациями отдельных участков бортов с неблагоприятными условиями устойчивости. В тех случаях, когда технические проекты отработки месторождений не содержат проектов наблюдательных станций, последние составляются геолого-маркшейдерской службой предприятий. По мере

накопления данных наблюдений за деформациями бортов карьеров и отвалов проекты наблюдательных станций и периоды наблюдений могут изменяться в соответствии с фактическими горно-геологическими условиями.

3.1.4. Использование инструментальных маркшейдерских наблюдений основывается на следующих положениях:

а) возникновению оползней и обрушений откосов предшествуют длительно развивающиеся микродеформации (скрытые деформации) прибортовых массивов;

б) отстройка бортов карьеров по предельному (проектному) контуру при существующих системах открытой разработки месторождений занимает значительный промежуток времени, вследствие чего период скрытой стадии деформирования бортов, предшествующий активной стадии, растянут во времени, что позволяет по результатам наблюдений судить о характере и степени опасности тех или иных деформаций;

в) для правильной интерпретации характера деформаций бортов длительные инструментальные наблюдения должны сопровождаться детальным изучением геологического строения отдельных участков месторождения и физико-механических свойств пород (в особенности деформационных свойств, в том числе предельных деформаций);

г) на устойчивость бортов карьеров оказывают влияние многие факторы, часть из которых учитывается с большой погрешностью, определяющей необходимость введения при расчетах устойчивости значительных коэффициентов запаса; материалы инструментальных наблюдений за деформацией бортов карьеров и отвалов дают возможность устанавливать углы наклона бортов и откосов отвалов с меньшим коэффициентом запаса;

д) позволяя дать количественную оценку деформации откоса, маркшейдерские инструментальные наблюдения, в комплексе с инженерно-геологическими и гидрогеологическими исследованиями, помогают выявить характер начавшейся деформации, что дает возможность сделать прогнозы относительно ее развития во времени и пространстве и на-

метить мероприятия по устранению причин, вызывающих развитие опасных деформаций.

3.2. Закладка наблюдательных станций

3.2.1. Реперы наблюдательной станции закладываются по линиям, перпендикулярным к простиранию борта карьера в предельном положении (рис.4). Вначале составляется проект наблюдательной станции, который должен состоять из плана наблюдательной станции в масштабе 1:1000 или 1:2000, краткой пояснительной записки, а также соответствующих геологических карт и разрезов.

На плане наблюдательной станции должно быть показано:

а) состояние горных работ на момент составления проекта;

б) проект дальнейшего развития горных работ;

в) сооружения, находящиеся на бортах карьера или вблизи отвала;

г) расположение запроектированных профильных линий и реперов на них;

д) рельеф местности.

К плану наблюдательной станции должны быть приложены детальные геологические разрезы, на которые наносятся:

а) границы литологических разностей пород;

б) степень и характер трещиноватости каждой литологической разности;

в) дизъюнктивные нарушения и тектонические трещины большого протяжения с указанием направления и угла их падения;

г) характеристики сопротивления сдвигу (ρ и K);

д) характеристики сопротивления сдвигу по поверхностям ослабления (ρ' и K') - по тектоническим трещинам, дизъюнктивным нарушениям, контактам между слоями или сланцеватости.

Пояснительная записка должна содержать:

а) общее краткое описание месторождения и горных работ;

б) расчеты по закладке наблюдательной станции (определение количества реперов, длины профильных линий, расстояния между реперами, объема работ по бурению скважин под реперы, расхода материалов - круглого железа, цемента, песка и т.п.);

в) краткую методику наблюдений с указанием сроков производства наблюдений и инструментов, которые предполагается применять.

Все материалы по проекту наблюдательной станции должны быть сброшюрованы и подписаны лицом, составившим проект. Проект наблюдательной станции утверждается главным инженером предприятия.

3.2.2. Профильные линии наблюдательной станции закладываются в различных горно-геологических условиях. В первую очередь, профильные линии закладываются на менее устойчивых участках борта.

Наименее устойчивые участки бортов карьеров характеризуются следующими признаками:

а) крутым углом заоткоски борта или крутым общим углом откоса многоярусного отвала;

б) большой глубиной карьера или высотой отвала;

в) подрезкой слоев в основании бортов и слоистым основанием отвалов;

г) наличием тектонических нарушений;

д) наличием слабых контактов и пластичных слоев в основании бортов или отвалов и ослаблений, обусловленных спецификой древнего и современного рельефа на отдельных

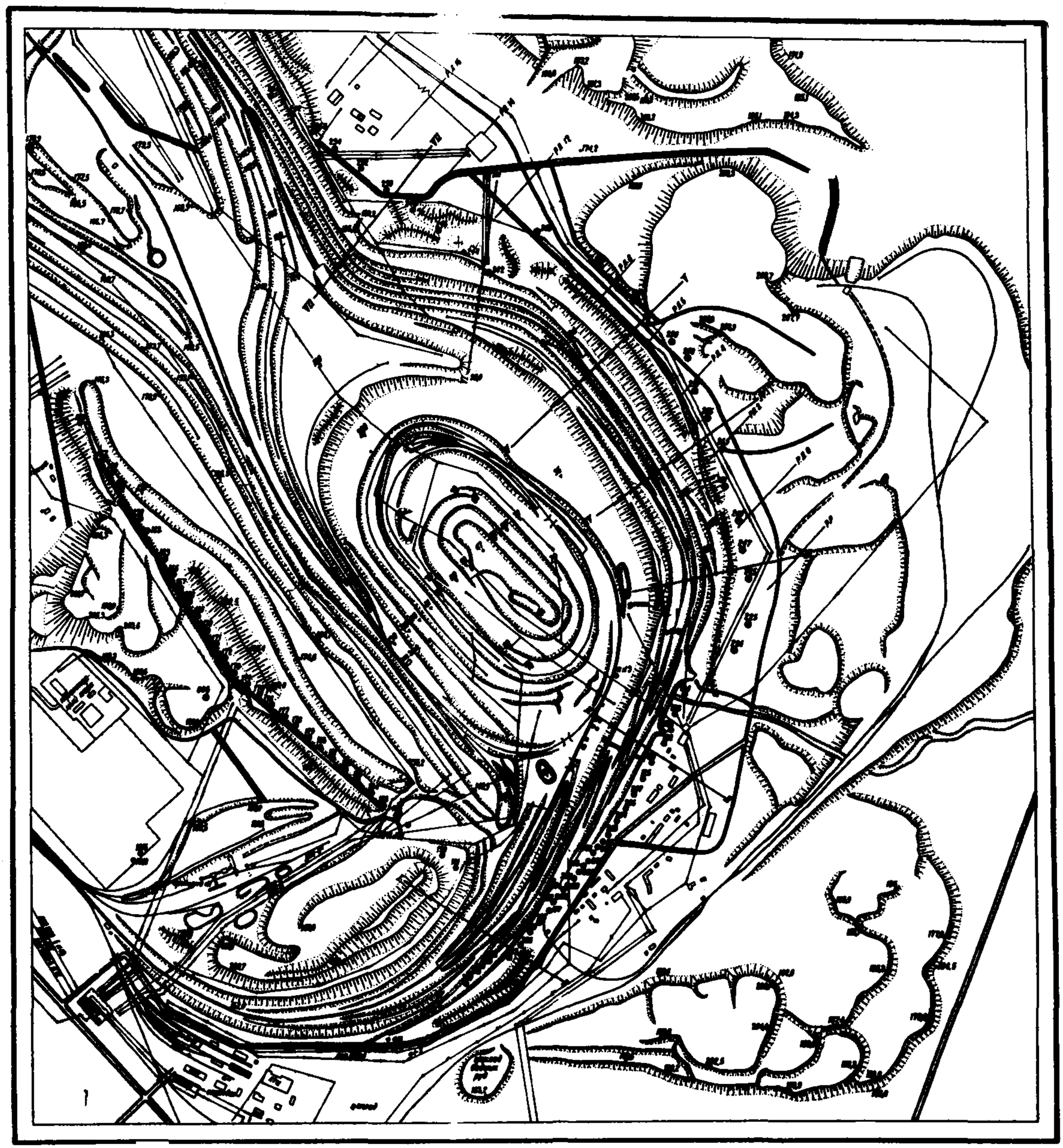


Рис.4. Проект наблюдательной станции на карьере

участках (балки, ложбины стока, карстовые проявления и т.д.);

е) обводненностью горных пород, увлажнением отвальных масс атмосферными осадками и обводненностью основания отвалов;

ж) наличием на бортах или отдельных уступах больших навалов породы;

з) сейсмическим воздействием взрывов и вибрацией от работы горнотранспортного оборудования (влияющих на устойчивость отдельных уступов).

3.2.3. Крайние пункты профильной линии должны быть заложены вне зоны деформаций, возникающих при углубке карьера до проектной глубины.

Профильные линии проводятся по всему карьеру (через оба противоположных борта и дно карьера), а при большой глубине карьера они закладываются на каждом борту карьера самостоятельно.

Профильная линия состоит из опорных и рабочих реперов. Протяженность части профильной линии без опорных реперов на поверхности, примыкающей к карьеру (рис.5),

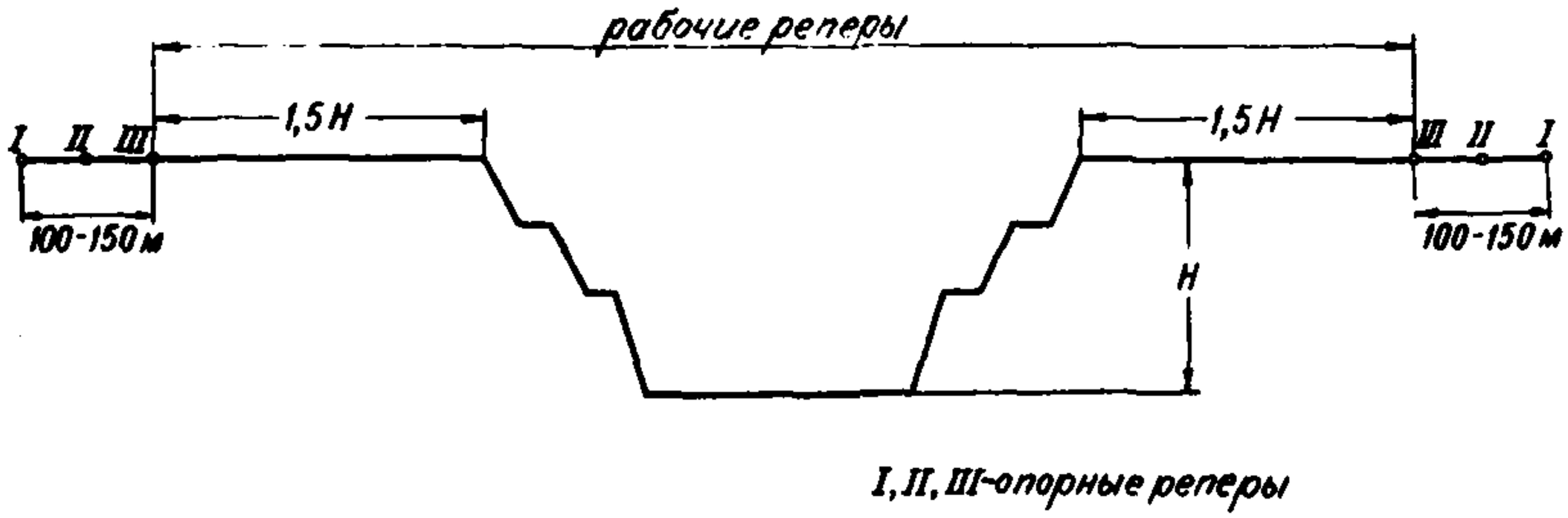


Рис.5.

должна быть не менее 1,5 H (здесь H -глубина карьера) при предельно допустимых углах наклона бортов, полученных на основе расчета устойчивости (при коэффициенте запаса устойчивости равном 1,2-1,3).

Опорные реперы профильных линий закладываются вне зоны деформаций в количестве не менее двух на каждой стороне (рис.5).

3.2.4. Расстояние между рабочими реперами зависит от их расположения на профильной линии. На каждой площадке (берме) уступа или яруса отвала должно быть заложено не менее двух реперов - один вблизи бровки уступа, другой - у подошвы вышележащего уступа. Реперы закладываются так, чтобы была обеспечена безопасность наблюдателя при работе на этих реперах. Расстояния между реперами, расположенными на земной поверхности, в зависимости от их удаления от верхней бровки борта карьера, принимаются следующие:

а) на участке призмы возможного оползания (обрушения) - 5-10-15 м;

б) с удалением от верхней бровки карьера - от 15 до 30 м.

Расстояние между опорными реперами - не менее 20 м.

3.2.5. Одновременно с закладкой наблюдательных станций должны быть заложены исходные реперы, к которым привязываются опорные реперы всех линий. Исходных реперов должно быть не менее трех. Закладка этих реперов производится в местах, обеспечивающих неизменность их положения в течение всего времени производства наблюдений. Исходные реперы должны быть заложены вне зоны влияния горных работ, а также за пределами зоны возможного оседания земной поверхности под влиянием снижения уровня подземных вод при дренаже карьерного поля.

3.2.6. Перенос проекта наблюдательной станции в натуру производится путем построения на местности соответствующих углов и длин.

3.2.7. Конструкция реперов должна быть простой, и способ закладки их должен обеспечить:

а) прочную связь репера с горной породой, чтобы сдвижения репера точно соответствовали сдвижениям пород;

б) сохранность и неизменность положения реперов на весь срок их службы. а также удобство пользования ими;

в) отчетливость отмеченного центра на головке (полусфере) репера для обеспечения точности наблюдений за сдвижением репера в горизонтальной плоскости;

г) устойчивость репера в условиях сезонных изменений температуры и влажности пород и промерзания и оттаивания горных пород.

3.2.8. Для длительного срока службы рекомендуется закладку репера осуществлять следующим образом: в пробуренную скважину диаметром 160–220 мм, на глубину ниже зоны промерзания на 0,5 м, бетонируется металлический штырь диаметром 20–30 мм. Цементный раствор заливается только в нижнюю часть скважины на 0,4–0,5 м (рис.6). Верхний конец металлического стержня репера обрабатывается на полусферу, на которую наносится центр в виде отверстия диаметром не более 2 мм и глубиной 4–5 мм. Пространство между стенками скважины и штырем выше бетонной подушки заполняется песком или шлаком и плотно утрамбовывается.

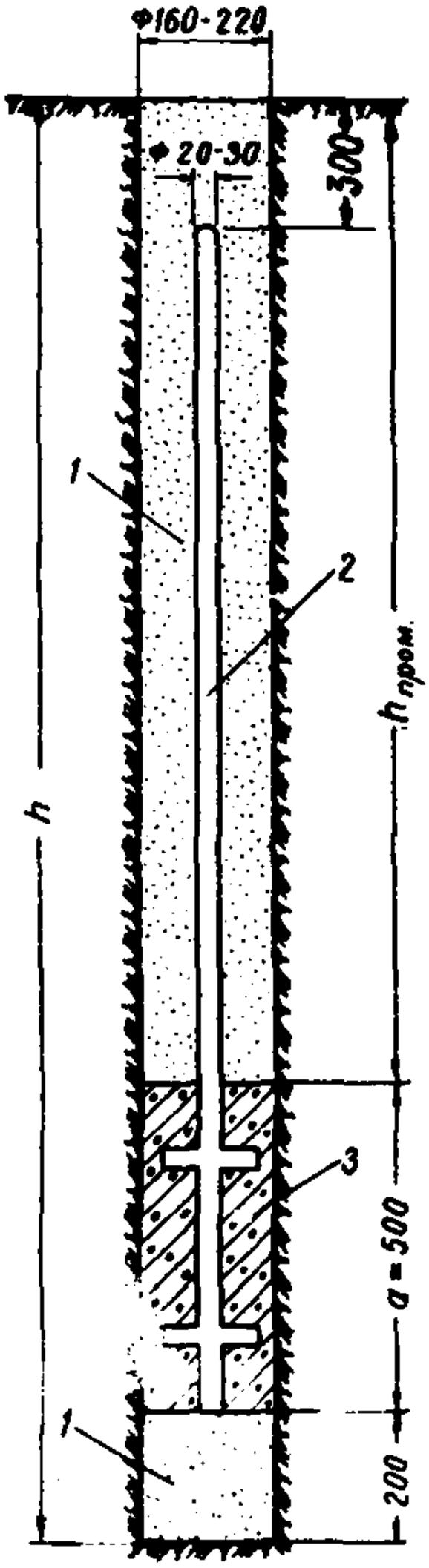
Для предотвращения образования ледяной подушки при промерзании в основании репера рекомендуется также укладка пористого основания из материалов, не обладающих капиллярными свойствами (шлак, крупнозернистый песок и др.).

Для уменьшения влияния на репер сил морозного выпучивания верхний конец штыря репера необходимо заглублять от поверхности земли на глубину 20–30 см.

Глубина закладки репера h относительно земной поверхности должна определяться следующим образом:

$$h = h_{max} + a + b, \qquad (5)$$

где h_{max} – максимальная глубина промерзания грунта;
a – высота якоря репера (0,4–0,5 м);
b – запас, определяемый величиной возможной ошибки определения глубины промерзания, в сумме с мощностью пористого основания.



1-сухой песок, шлак; 2-железный штырь; 3--бетон

Рис.6. Конструкция репера длительного срока службы

Во избежание вертикальных смещений репера за счет деформаций грунта, вызываемых изменением его влажности, глубина закладки реперов должна быть не менее 1,5 м.

На срок службы до 3-5 лет могут быть рекомендованы забивные реперы.

На рис.7 показан забивной репер,

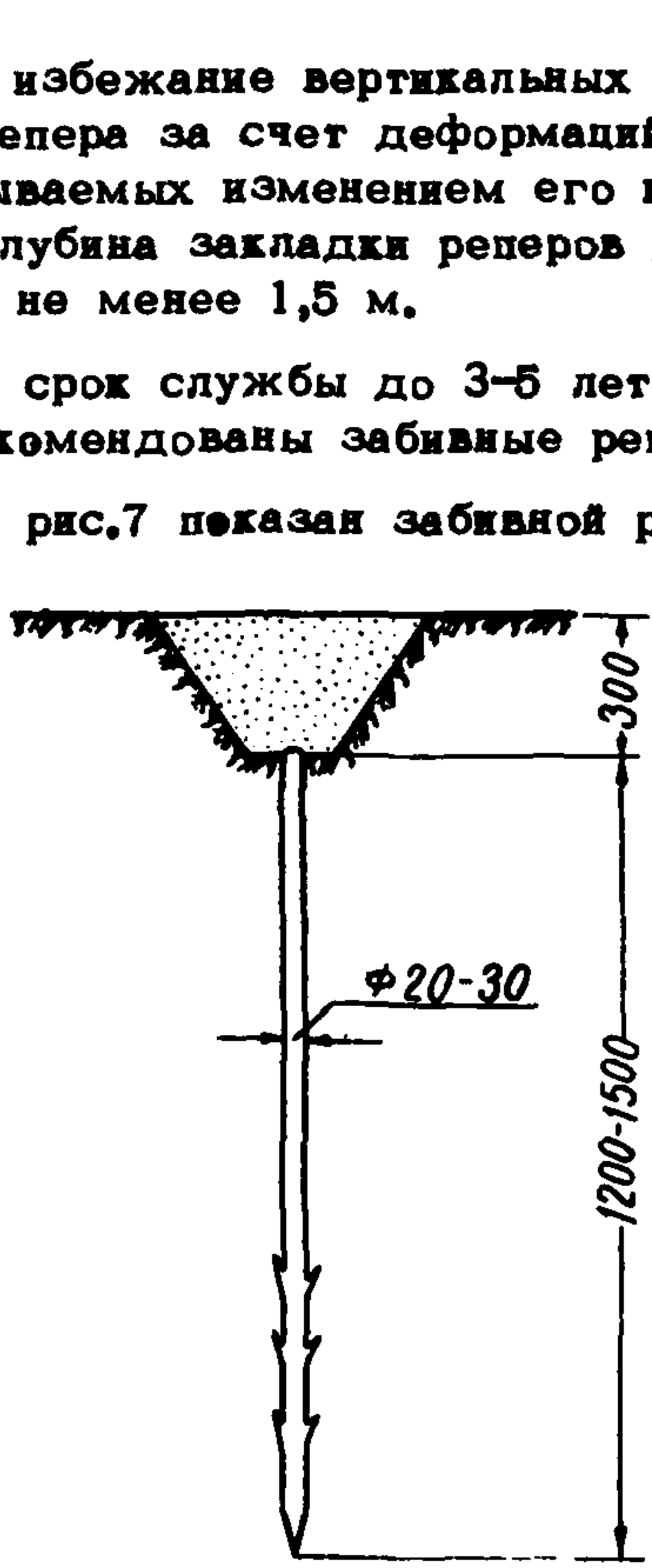


Рис.7. Тип забивного репера

представляющий собой металлический штырь диаметром 25-35 мм, заершенный и заостренный с одного конца; верхний конец штыря обрабатывается на полусферу, на которую наносится центр. Длина таких реперов выбирается в зависимости от плотности грунта - от 0,7-1,0 м до 1,5 м и более. В насыпных грунтах для повышения прочности закрепления грунтов длину забивных реперов увеличивают до

2,0–2,5 м. В качестве забивного может быть использован деревянный репер, представляющий собой деревянный кол диаметром 80–120 мм и длиной 0,5–0,7 м. После того как кол вбит, в его торцевую часть вбивают металлический центр.

Для закладки реперов в скальных породах выбуривается углубление, в котором бетонируется металлический штырь диаметром 20–30 мм и длиной 30–50 см.

В районе вечной мерзлоты конструкция реперов и глубина их закладки выбираются на основе сведений о влиянии промерзания грунта на устойчивость реперов в данном районе.

3.2.9. После закрепления опорных реперов необходимо составить подробный абрис их расположения относительно постоянных предметов местности и исходных реперов. Для удобства отыскания опорных реперов около них устанавливаются сторожки.

3.2.10. Дополнительно к реперам по профильным линиям необходимо производить закладку наблюдательных пунктов в шурфах и других выработках, имеющихся на оползневых участках, с целью выявления поверхности скольжения и мощности оползневого массива.

3.3. Методика маркшейдерских наблюдений

3.3.1. На наблюдательной станции выполняются следующие работы:

а) определение величин сдвижений реперов наблюдательной станции в горизонтальной и вертикальной плоскостях по результатам инструментальных наблюдений;

б) замеры ширины и протяженности трещин на земной поверхности и бермах уступов;

в) соответствующие съемки, в результате которых производится пополнение планов и разрезов горных работ на каждую дату наблюдений с указанием времени производства

отдельных операций горных работ (массовых взрывов, вскрышных работ и т.п.).

3.3.2. Инструментальные наблюдения на станции заключаются в работах по:

а) привязке опорных и исходных реперов наблюдательной станции к рудничной маркшейдерской опорной сети (к пунктам триангуляции, полигонометрии и нивелирным реперам);

б) производству начальных наблюдений для определения исходного положения реперов наблюдательной станции в горизонтальной и вертикальной плоскостях ;

в) производству систематических наблюдений за положением реперов для определения их сдвижения.

3.3.3. Привязка исходных и опорных реперов наблюдательной станции в горизонтальной плоскости осуществляется посредством триангуляции или проложением замкнутых полигонометрических ходов от близлежащих пунктов триангуляции или полигонометрии.

Относительная ошибка хода при этом должна быть не более 1:8000 и средняя ошибка измерения углов $\pm 8''$. Допускается привязка опорных реперов к одному триангуляционному или полигонометрическому пункту путем прокладывания висячего полигонометрического хода при условии проложения обратного хода.

Высотная привязка исходных и опорных реперов наблюдательной станции производится от пунктов триангуляции нивелированием П класса, в соответствии с "Инструкцией по нивелированию 1, II, III и 1У классов" (1957). Нивелирование производится из середины по башмакам в прямом и обратном направлениях. Невязка прямого и обратного ходов Δh, мм не должна превышать величины

$$\Delta h \leqslant \pm 5 \sqrt{L}, \qquad (6)$$

где L – длина хода (в одном направлении), км.

3.3.4. Начальные наблюдения на станции заключаются:

а) в нивелировании реперов наблюдательной станции;

б) в измерении расстояний между реперами по профильным линиям;

в) в съемке трещин на участке наблюдательной станции.

3.3.5. Для определения начального положения реперов наблюдательной станции выполняются две независимые серии измерений с интервалом 3-5 дней.

3.3.6. Нивелирование реперов по профильным линиям на горизонтальных участках и участках с небольшими наклонами (до 10-15°) выполняется геометрическим способом, а на наклонных участках - тригонометрическим способом. Нивелирование производится одновременно с измерением длин между реперами.

При геометрическом нивелировании невязка замкнутых ходов Δh, мм не должна превышать $\pm 2\sqrt{n}$ или $\pm 6\sqrt{L}$, где n - количество штативов, а L - длина хода, км.

3.3.7. Для нивелирования реперов наблюдательной станции могут применяться нивелиры с уровнями на трубе и ценою деления уровня не более 20″ на 2 мм при увеличении трубы не менее 25^{x}. Рейки применяются трехметровые, двусторонние, с уровнями.

3.3.8. Перед началом нивелирования на станции должны быть произведены все поверки инструментов в соответствии с требованиями инструкций /17, 18, 19/.

3.3.9. Нивелирование реперов в каждой серии наблюдений производится дважды - в прямом и обратном направлениях. Нивелирование производится из середины между связующими реперами с отклонением не более 2-3 м. Расстояние от инструмента до реек должно быть не более 50 м. Рейки устанавливаются непосредственно на реперы.

3.3.10. Тригонометрическое нивелирование производится для определения высотных отметок реперов и горизонтальных проложений между ними на участках с большими наклонами.

При наблюдениях применяются теодолиты с ценою деления вертикального круга не более 30″.

Измерение углов наклона линий при тригонометрическом нивелировании должно производиться при двух положениях трубы, измерение длин - стальной компарированной рулеткой при постоянном натяжении 10 кг с измерением температуры рулетки термистором на каждом интервале с точностью до 1°. При каждом измерении интервала по рулетке берется не менее трех отсчетов, со смещением начального отсчета на 5-10 см. Расхождения между измерениями при этом не должны превышать 2 мм.

Ошибка измерения высоты инструмента и сигнала не должна превышать 1 мм.

Высотные отметки всех реперов должны быть получены в каждой серии дважды, в прямом и обратном направлениях, либо в одном направлении при двух горизонтах инструмента.

При измерении угла наклона визировать следует по возможности непосредственно на центр репера; в этом случае ошибка в определении высоты сигнала исключается.

При каждом измерении угла наклона вычисляется "место нуля". Допустимые отклонения значений "места нуля" не должны превышать двойной точности нониуса вертикальн круга.

3.3.11. Погрешность определения отдельных превышений при тригонометрическом нивелировании, в зависимости от расстояния между реперами и угла наклона, определяется по таблице приложения 21.

3.3.12. Измерение расстояний между реперами профильных линий производится стальными компарированными рулетками длиной не менее 30 м, на весу. Компарирование рулетки должно производиться через каждые 2-3 серии наблюдений на наблюдательной станции. Вынос скрытых центров осуществляется с помощью лот-аппаратов, жестких или шнуровых отвесов. Описание жесткого отвеса и схема измерения длин интервалов приведены в приложении 11.

3.3.13. Измерение длин производится с постоянным натяжением (10 кг), определяемым с помощью динамометров, с замером температуры рулетки термистором с точностью до $\pm 1^{\circ}$ на каждом измеряемом интервале. Измерение длин в каждой серии должно производиться дважды - в прямом и обратном направлениях. (При измерении длин больших наклонных интервалов в ветреную погоду стрела провеса рулеток существенно возрастает и изменяется от порывов метра; в таких случаях следует длины измерять компарированными проволоками - приложение 11).

3.3.14. В отдельных случаях, когда производство непосредственных измерений длины между реперами затруднительно, для определения смещений реперов можно применять тригонометрические методы - прямые и обратные засечки.

3.3.15. Для съемки больших оползней и определения их развития во времени и пространстве следует применять метод наземной стереофотограмметрической съемки.

3.3.16. Сроки проведения повторных наблюдений устанавливаются в зависимости от поставленных в проекте задач и развития процесса сдвижения.

В первое время после закладки наблюдательной станции на действующем карьере с целью выявления характера деформирования бортов карьера наблюдения проводятся ежемесячно. После 3-4 серий наблюдений и установления скорости смещения прибортового массива периодичность наблюдений изменяется.

Если скорость смещения реперов не превысит 1 мм/сут и затухает во времени, интервалы времени между сериями наблюдений могут быть увеличены до 3-4 месяцев и более, однако наблюдения следует проводить не реже 1-2 раз в год.

Если скорость смещения реперов постоянна и составляет 0,5-1,0 мм/сут, наблюдения проводятся соответственно один раз в два месяца и ежемесячно.

При активизации процесса сдвижения интервалы между

серниями наблюдений сокращаются до нескольких недель и даже дней.

При наблюдениях за активными оползнями со скоростями смещения 10 мм/сут и более серии наблюдений проводятся ежедневно; если скорость смещения реперов увеличивается во времени, то для установления критических скоростей смещений, предшествующих срыву оползней, интервалы времени между серниями наблюдений сокращаются до нескольких часов, в отдельных случаях устанавливаются автоматические сигнализаторы скорости деформаций.

3.3.17. Средняя квадратическая погрешность определения положения реперов относительно опорных реперов не должна превышать:

а) в вертикальной плоскости m_h, мм (при геометрическом нивелировании): $m_h = \pm 6\sqrt{L}$;

б) в горизонтальной плоскости m_l, мм:

$$m_l = \pm \frac{1}{10000} L,$$

где L - удаление данного репера от близлежащего опорного репера в км.

На тех участках бортов, где применяется тригонометрическое нивелирование, среднеквадратические погрешности определяются по формулам, приведенным в приложении 21.

3.3.18. Значения координат X, Y и Z реперов, заложенных в стенках шурфов, определяют упрощенными методами решения аналогичных задач, известными из курса "Маркшейдерское дело"

3.4. Обработка результатов маркшейдерских наблюдений

3.4.1. Результаты полевых наблюдений подлежат аналитической и графической обработке.

Камеральная обработка результатов наблюдений производится непосредственно по окончании каждой серии измерений

и заключается в следующем:

а) проверка полевых журналов;

б) вычисление высотных отметок всех реперов наблюдательных станций;

в) вычисление горизонтальных расстояний между реперами профильных линий с введением в измеренные длины соответствующих поправок;

г) составление по каждой профильной линии ведомостей:

вертикальных смещений реперов;

горизонтальных смещений реперов вдоль профильных линий;

горизонтальных деформаций (растяжений и сжатий);

величин сдвигов;

скоростей смещения реперов по направлению векторов смещения;

д) составление и пополнение графических материалов:

пополненного плана наблюдательной станции и карьера;

вертикальных разрезов по каждой профильной линии с уточнением литологии пород и положения горных работ на момент закладки станции и на момент наблюдения появившихся трещин и заколов;

графиков вертикальных и горизонтальных сдвижений и деформаций по каждой профильной линии;

графиков скоростей смещения реперов по направлению векторов.

3.4.2. Вычисление превышений и отметок реперов при геометрическом нивелировании производится в журнале нивелирования, а при тригонометрическом нивелировании - в специальном журнале.

Отметки реперов после обработки каждой серии наблюдений заносятся в ведомость вертикальных смещений.

Вертикальные смещения η , мм определяются по формуле

$$\eta = H_n - H_{n+1}, \qquad (7)$$

где H_n - отметка репера из предыдущего или начального наблюдения;

H_{n+1} - отметка репера из последующего наблюдения.

3.4.3. Вычисление горизонтальных расстояний между реперами профильных линий производится в специальном журнале; при этом вычисляются и учитываются следующие поправки:

а) поправка за температуру Δl_1, мм: $\Delta l_1 = l \cdot \alpha (t - t_к)$, (8)

где l - длина измеренной линии, мм;

α - коэффициент линейного расширения (для стальных рулеток $\alpha = 1{,}15 \times 10^{-5}$);

t - температура воздуха при измерениях, град.;

$t_к$ - температура компарирования рулетки.

б) поправка за компарирование Δl_2 , мм берется из паспорта компарирования данной рулетки;

в) поправка за провес Δl_3 , мм: $\Delta l_3 = \Delta L \frac{l^3}{L^3}$, (9)

где L - длина всей рулетки;

l - измеренная длина интервала;

ΔL - поправка за провес на всю длину рулетки, которая вычисляется по формуле: $\Delta L = -\frac{8}{3} \cdot \frac{f^2}{L}$, (10)

где f - стрела провеса всей рулетки при данном натяжении, равная

$$f = \frac{T}{\theta} - \sqrt{\left(\frac{T}{\theta}\right)^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2}, \qquad (11)$$

где T - величина натяжения в кг;

θ - вес одного погонного метра рулетки в кг/м.

Поправка за провес вводится в том случае, если компарирование рулетки производилось не на весу, а на плоскости. С целью упрощения вычисления поправок за провес могут быть составлены график или таблица величин поправок. Для рулеток длиной 50 м можно пользоваться таблицами Д.Н.Оглоблина;

г) поправки за наклон Δl_4, мм и за отклонение от створа Δ_1, мм вычисляются по формулам:

$$\Delta l_4 = \left(-\frac{h^2}{2l} + \frac{h^4}{8l^3}\right) = \Delta_1 + \Delta_2, \qquad (12)$$

где $$\Delta_1 = -\frac{h^2}{2l}, \quad \Delta_2 = \frac{\Delta_1^2}{2l} \approx \frac{h^4}{8l^3},$$

l – измеренная длина интервала,

h – превышение между концами рулетки, или ордината (отклонение от створа).

3.4.4. При тригонометрическом нивелировании реперов горизонтальное расстояние между реперами d определяется по формуле:

$$d = l_{испр} \cdot \cos \delta, \qquad (13)$$

где δ – измеренный угол наклона;

$l_{испр}$ – наклонная длина, измеренная по направлению луча визирования и исправленная за температуру, провес и компарирование.

Вычисление превышений между реперами производится по формуле:

$$\Delta Z = l_{испр.} \cdot \sin \delta + i - v, \qquad (14)$$

где i – высота инструмента (от репера до оси вращения трубы);

v – высота сигнала.

Вычисленные горизонтальные расстояния между репе-

рами из каждой серии наблюдений выписываются в ведомость горизонтальных смещений.

3.4.5. Горизонтальные деформации интервала за период между двумя наблюдениями определяются по формуле:

$$\varepsilon = \frac{d_2 - d_1}{d}, \qquad (15)$$

где d, d_1, d_2 – горизонтальная длина интервала соответственно из начального, предыдущего и последующего наблюдений.

Горизонтальные деформации за весь период наблюдений – от начального до данного – определяются по формуле:

$$\varepsilon = \frac{d_n - d}{d}, \qquad (16)$$

где d_n – горизонтальная длина интервала из данного наблюдения.

Горизонтальные деформации, соответствующие увеличению интервала, обозначаются знаком (+) и называются растяжениями, а соответствующие уменьшению интервалов – отрицательными (–) и называются сжатиями.

3.4.5. По вычисленным горизонтальным расстояниям между реперами путем их суммирования определяются расстояния от опорного репера до каждого из реперов профильной линии, которые вписываются в ведомости горизонтальных смещений.

При обработке материалов наблюдений по профильной линии величины горизонтальных смещений ξ, мм определяются по следующей формуле:

$$\xi = D_2 - D_1, \qquad (17)$$

где D_1, D_2 – расстояния от опорного репера до данного репера соответственно из начального (или предыдущего) наблюдения и из последующего наблюдения.

Горизонтальные и вертикальные смещения могут вычис-

ляться также по разностям длин интервалов и превышений между смежными реперами в сравниваемых сериях наблюдений.

3.4.6. По смещениям реперов составляются ведомости величин сдвигов прибортовой зоны массива горных пород. Величина сдвига γ определяется как отношение разности полных смещений соседних реперов к расстоянию между этими реперами по нормали к направлению их смещения:

$$\gamma = \frac{\Delta b_{n+1} - \Delta b_n}{m}, \qquad (18)$$

где Δb_{n+1} – полное смещение переднего репера;

Δb_n – полное смещение заднего репера;

m – расстояние между реперами по нормали к направлению смещения векторов.

Величину сдвига относят к середине интервала.

3.4.7. Вертикальный и горизонтальный масштабы разрезов по профильным линиям должны быть одинаковыми и равными масштабу плана наблюдательной станции.

3.4.8. Масштабы графиков вертикальных и горизонтальных смещений, сдвигов, горизонтальных деформаций выбираются исходя из удобства и наглядности изображения. При этом масштаб расстояний между реперами принимается таким же, как на вертикальных разрезах.

Для удобства совместного рассмотрения графиков сдвижений и деформаций, положения горных работ, строения толщи пород, слагающих борт карьера, и других горно-геологических факторов, в целях установления степени влияния этих факторов на процесс развития деформаций, рекомендуется составлять графики и вертикальные разрезы на одном листе.

3.5. Упрощенные маркшейдерские наблюдения

3.5.1. Упрощенные маркшейдерские наблюдения за деформациями откосов на карьерах проводятся на участках, где глазомерным обследованием выявлены признаки формирую-

щихся нарушений устойчивости откосов (оползней, обрушений и др.).

3.5.2. Если деформации откоса развиваются интенсивно, проведение высокоточных измерений на постоянной наблюдательной станции нецелесообразно, закладывается временная наблюдательная станция упрощенного типа. В этом случае реперы представляют собой обычные деревянные колья или металлические стержни, забиваемые в грунт. При этом опорные реперы закладываются вне зоны заколов, а точность измерений не ниже 1:200. Привязка опорных реперов производится после завершения наблюдений.

3.5.3. Упрощенные наблюдения по реперам могут проводиться также на участках, где заложены станции длительного срока наблюдений, в промежутки времени между отдельными сериями наблюдений, выполняемых по полной программе.

3.5.4. Для наблюдения за оседанием прибортовых участков земной поверхности, участков уступов или отвалов производится периодическое нивелирование отдельных реперов или групп реперов, закладываемых на этих участках.

Нивелирование реперов производится от опорного репера, закрепляемого за пределами деформируемого участка. Погрешность определения высоты наблюдаемых реперов при нивелировании в прямом и обратном направлениях не должна превышать ± 3 мм, что позволяет устанавливать начало скрытой стадии деформирования бортов. Частота наблюдений определяется их задачей. Подобные же наблюдения проводятся за развитием просадок над карстовыми полостями и подземными горными выработками.

3.5.5. Наблюдения за раскрытием трещин проводятся по парным реперам, закладываемым с двух сторон наблюдаемой трещины. Парные реперы представляют собой колья или стойки с закрепленными на них телескопически скользящими оцифрованными рейками (рис.8-9), мерными лентами, проволоками (рис.10). Для более точных измерений используются микрометренные головки (индикаторы типа часового механизма, закрепляемые на рейках); наблюдения также

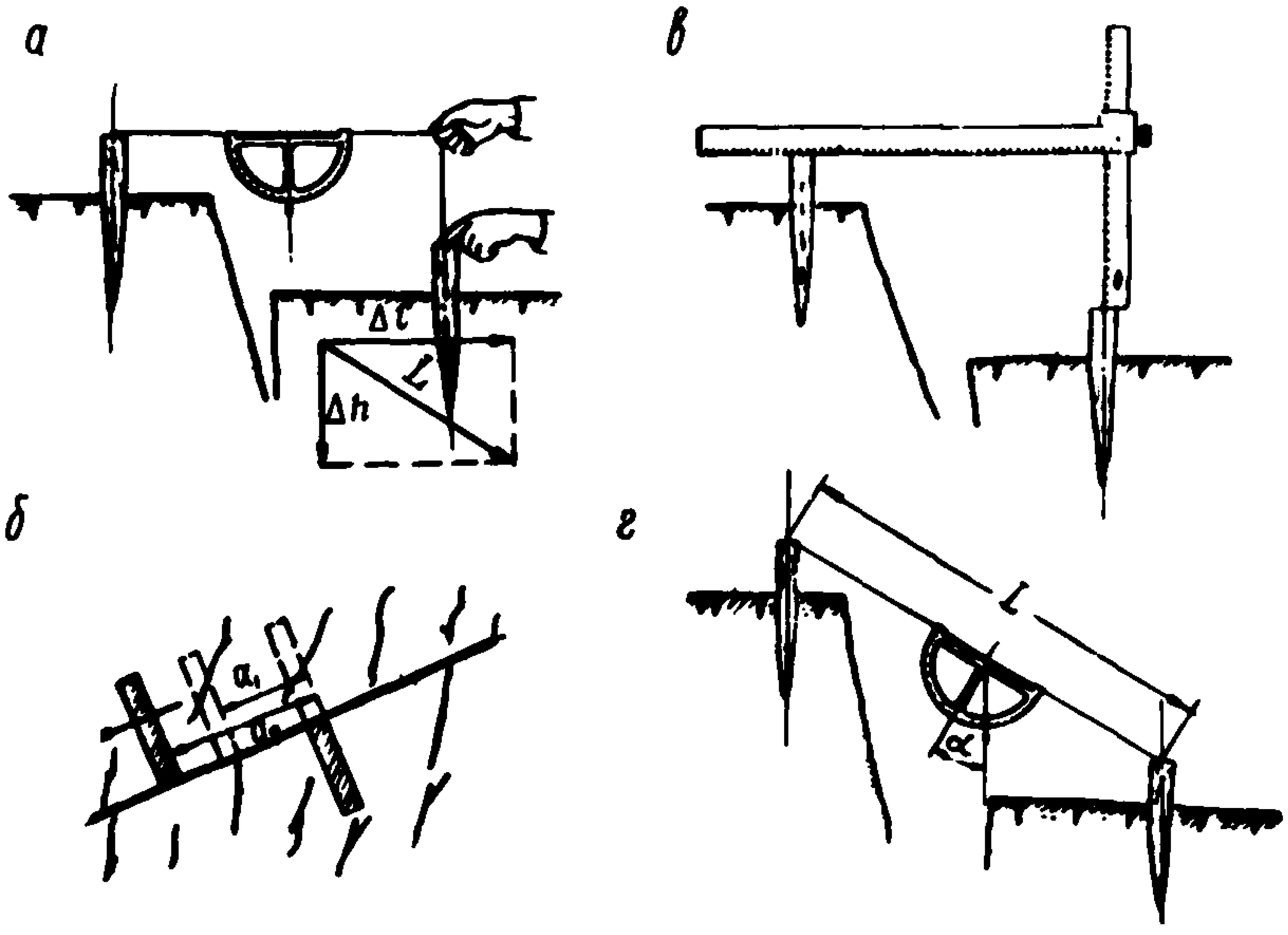


Рис.8. Наблюдения за развитием заколов и трещин а,г–измерения с применением шпагата и угломера; б–наблюдения за смещением массива по поверхности ослабления с применением маркирующих штрихов; в–измерения с использованием оцифрованных реек

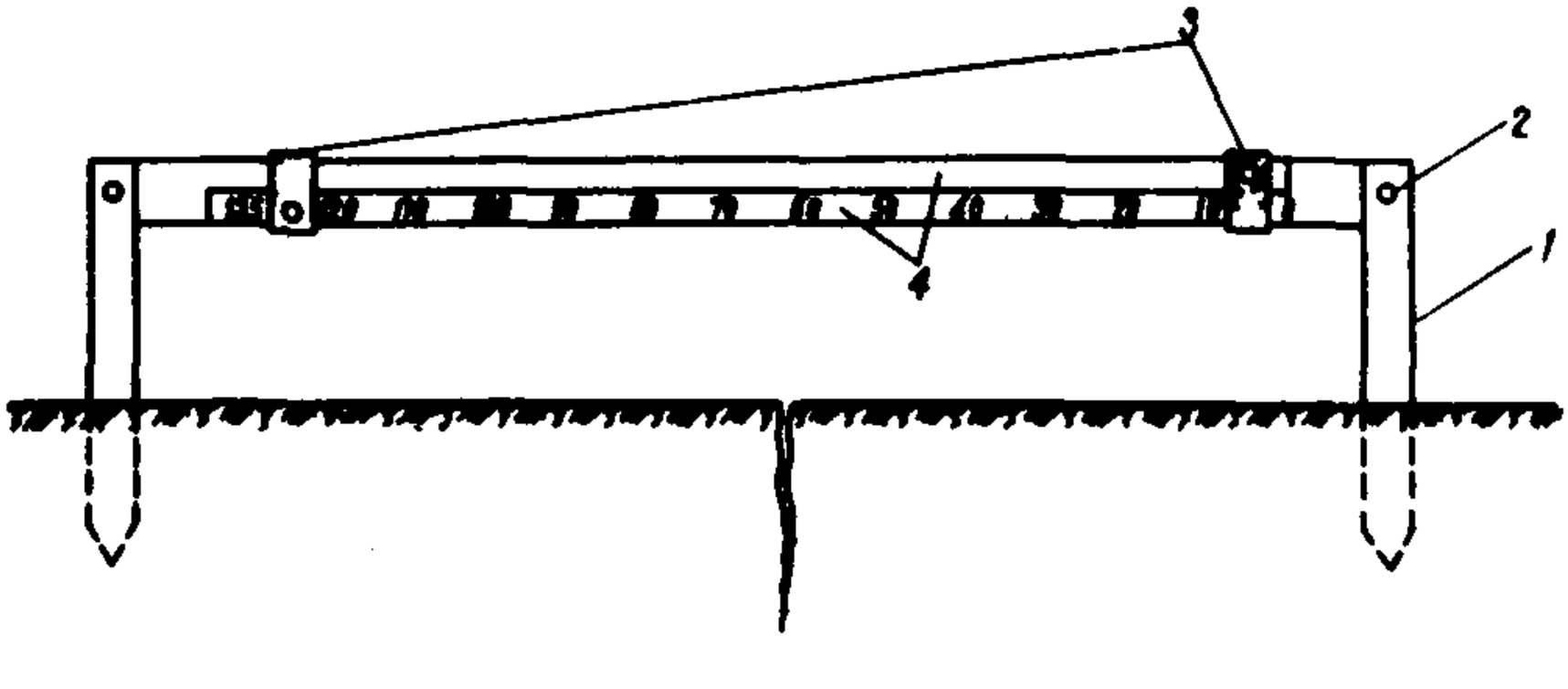


Рис.9. Наблюдения за раскрытием трещин с помощью реек

1–деревянный кол; 2–шарнир; 3–обоймы; 4–две рейки

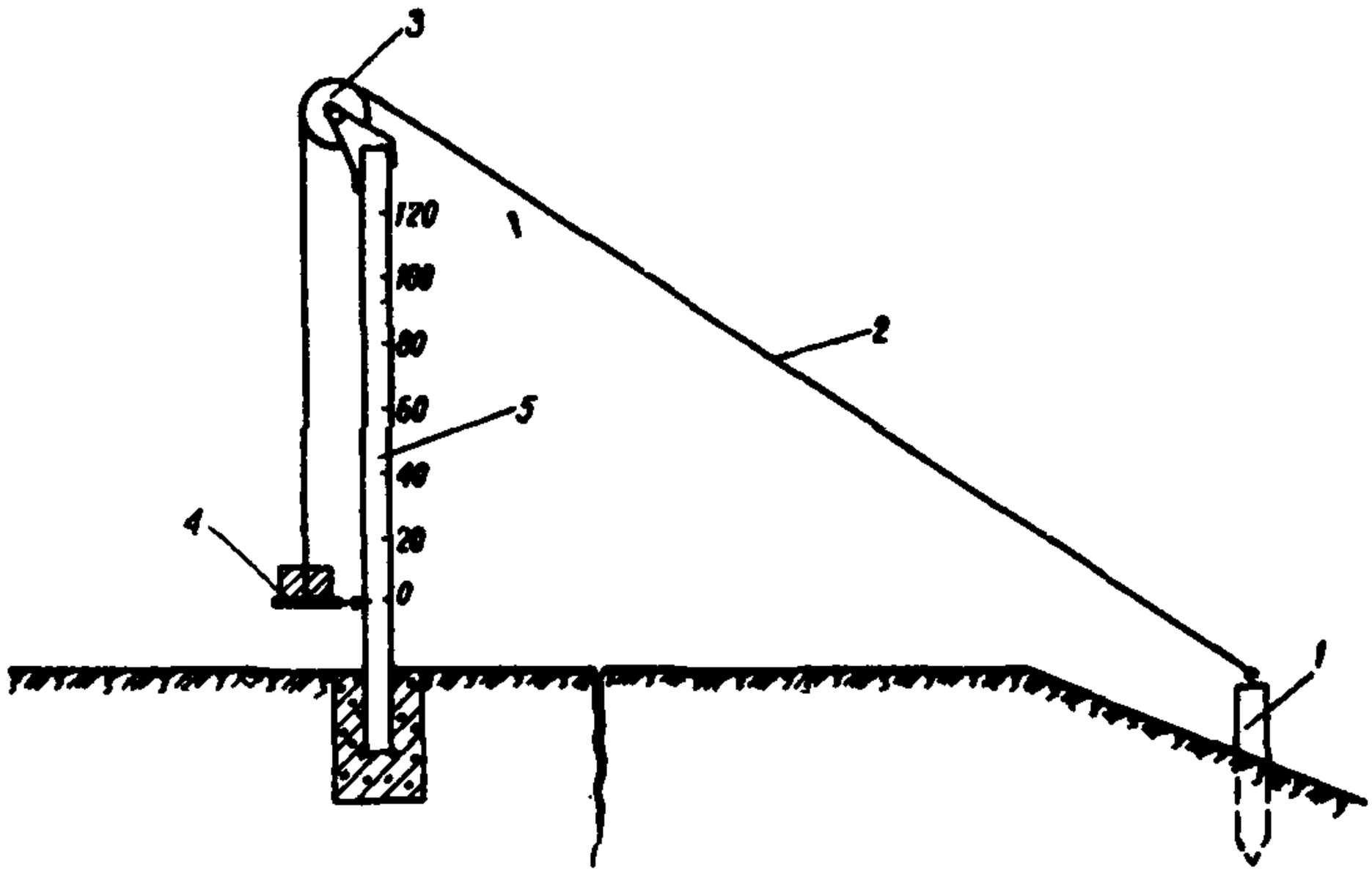


Рис.10. Наблюдения за раскрытием трещин с использованием проволоки и оцифрованной рейки

1-кол с крючком для зацепления проволоки;2-проволока; 3-блок; 4-груз со стрелкой указателя; 5-стойка со шкалой

могут быть автоматизированы и оборудованы сигнализацией в случаях, когда необходима автоматическая информация о появлении критических смещений (рис.11). На трещинах зна-

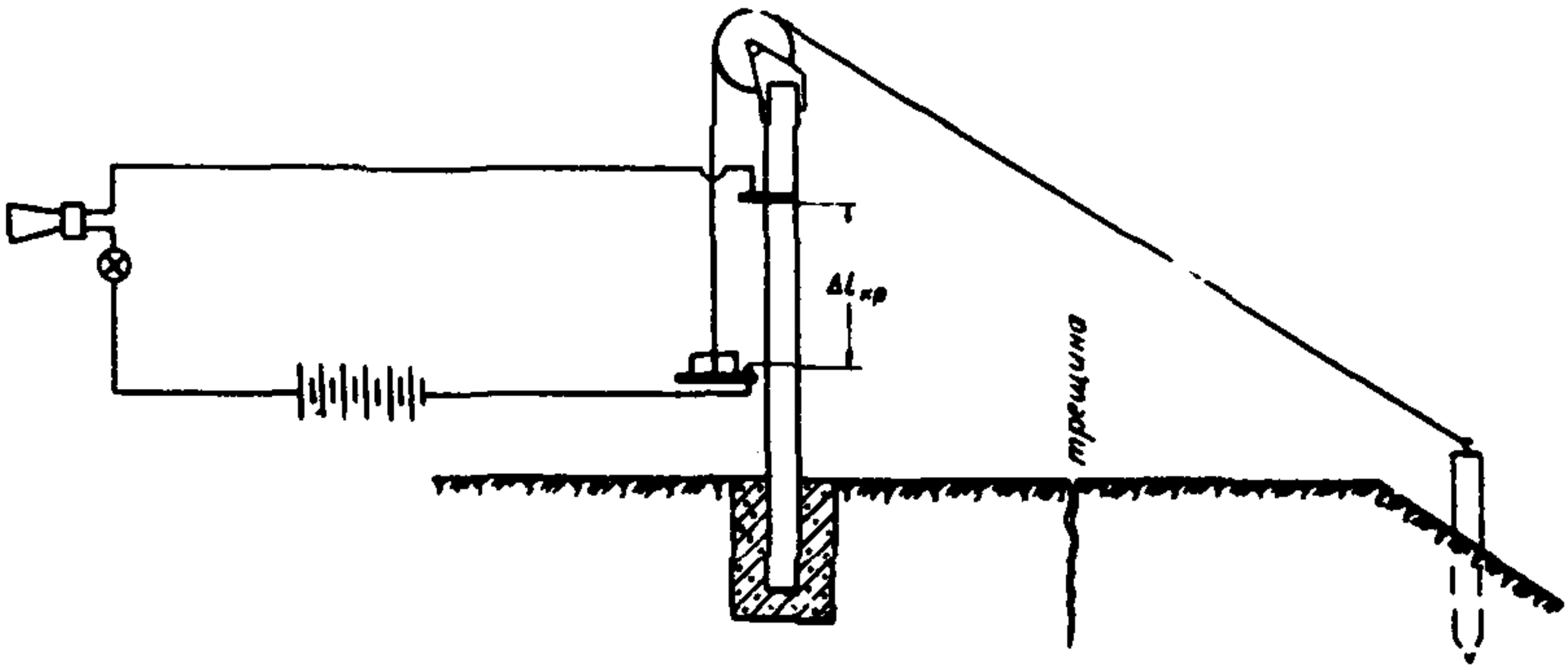


Рис.11. Схема сигнализирующего устройства,рассчитанного на заданную величину деформации

чительной протяженности устанавливается несколько пар таких реперов.

Периодичность взятия отсчетов по парным реперам определяется в зависимости от скорости раскрытия трещины и опасности возникновения обрушения. Резкое возрастание скоростей смещений свидетельствует о приближении момента обрушения.

3.6. Особенности маркшейдерских наблюдений за деформациями отвалов

3.6.1. Наблюдения за деформациями отвалов отличаются рядом особенностей, связанных с условиями отвалообразования, составом отвальных пород, их уплотнением и релаксацией порового давления.

3.6.2. Устойчивость отвалов зависит главным образом от механических характеристик отвальных пород и пород основания отвалов, гидрогеологических условий основания, а также климатических условий района.

3.6.3. Для свежеотсыпанных отвалов характерны деформации оседания, связанные с уплотнением разрыхленных горных пород (величины оседаний достигают 4-7% от их высоты).

Процесс уплотнения отвалов протекает более интенсивно в первый период после отсыпки отвалов и затухает с течением времени; 90-95% величины общего оседания происходит в течение первых 6 месяцев в слабых породах и 10-12 месяцев в крепких породах. Деформации отвалов, связанные с их уплотнением, не представляют опасности для ведения горных работ.

3.6.4. Наиболее опасными являются развивающиеся во времени сдвиговые деформации типа оползней.

Различают следующие типы оползней отвалов: подподошвенный, характеризующийся выпиранием слоев слабых пород основания отвалов и оседанием верхней площадки отвала; надподошвенный - при прочном основании, харак-

теризующийся образованием в нижней части откоса отвала надвигающегося оползневого вала отвальных пород и оседанием верхней площадки отвала; подошвенный - при размещении отвалов на слоистом основании, когда слои залегают согласно с поверхностью основания отвала, характеризующийся оседанием верхней площади отвала и отсутствием видимых признаков развития оползня в основании отвала.

3.6.5. Наблюдения за деформациями отвалов должны производиться на наблюдательных станциях, состоящих из ряда линий реперов, закладываемых на верхней площадке отвала перпендикулярно верхней бровке отвала, и ряда линий реперов, закладываемых по основанию отвала и нижней части откоса отвала перпендикулярно нижней бровке отвала.

Начало развития оползня и его тип объективно можно установить только по характеру деформирования основания отвала.

При недоступности для наблюдений основания отвалов о развитии оползневых деформаций можно судить по графикам скоростей оседания верхней (рабочей) площадки отвалов:

а) если оседание площадки после отсыпки очередной заходки связано только с уплотнением отвальных пород, то скорости оседания имеют отчетливо выраженный затухающий характер;

б) при развитии оползневых деформаций скорости оседания площадки в первое время после отсыпки могут иметь также затухающий характер, а затем затухание уменьшается и скорость оседания приближается к постоянной величине; при дальнейшем развитии оползневого процесса скорости оседания верхней площадки возрастают.

3.6.6. Требования к закладке реперов наблюдательных станций на отвале сводятся к следующему:

а) опорные реперы должны располагаться вне зоны деформаций как верхней площадки, так и основания отвалов;

б) расстояние до ближайшего опорного репера должно быть

не менее высоты отвала на верхней площадке уступа и не менее 100 м по основанию отвала (на внутренних отвалах опорные реперы для линий реперов, располагаемых в основании отвала, могут быть заложены в откосе нижнего уступа рабочего борта карьера).

3.6.7. Привязка опорных реперов профильных линий наблюдательных станций производится к точкам рабочего обоснования; точность привязки должна соответствовать точности определения местоположения точек рабочего обоснования.

3.6.8. Расстояние между рабочими реперами не должно превышать половины ширины заходки (отсыпки); рабочие реперы на верхней площадке отвалов пополняются сразу же после отсыпки очередной заходки.

3.6.9. На наблюдательных станциях производится нивелирование всех реперов и измерение расстояния между ними по профильным линиям с точностью, предусмотренной п.п. 3.3.6-3.3.13.

3.6.10. Сроки между сериями наблюдений принимаются в зависимости от интенсивности отсыпки отвала и скорости его деформации. При отсыпке высоких нагорных отвалов и наличии оползневых деформаций упрощенные наблюдения должны быть ежедневными.

3.7. Анализ материалов маркшейдерских наблюдений

3.7.1. Анализ материалов наблюдений сводится к следующему:

а) выделение в бортах карьеров участков, характеризующихся одинаковыми условиями, влияющими на их устойчивость;

б) установление зон максимальных растяжений и сжатий и максимальных сдвигов. Примечание: зоны максимальных сдвигов и растяжений на верхней площадке откоса и максимального сдвига и сжатия в основании откоса соответствуют наиболее вероятному выходу потенциальной поверхности скольжения на дневную поверхность (приложение 12);

в) установление типа потенциального оползня или происшедших нарушений устойчивости откосов;

г) по графику изменения во времени скоростей смещения отдельных характерных реперов - определение влияния времени, времен года и производственных процессов на развитие деформаций бортов карьеров;

д) установление степени опасности деформаций;

е) разработка мероприятий по предотвращению развития опасных деформаций.

3.7.2. Установление типа оползней и построение поверхности скольжения производится на основе следующих особенностей развития деформаций откосов.

Если векторы сдвижения реперов изменяют свое направление закономерно, плавно выполаживаясь к основанию откоса, а по величине почти одинаковы от верха до низа откоса, то это является признаком того, что оползневое тело движется по плавной криволинейной поверхности как одно целое без существенных относительных смещений отдельных участков.

В этом случае, пользуясь направлениями векторов перемещения реперов, строится приближенное положение поверхности скольжения.

Построение выполняют следующим образом (рис.12):

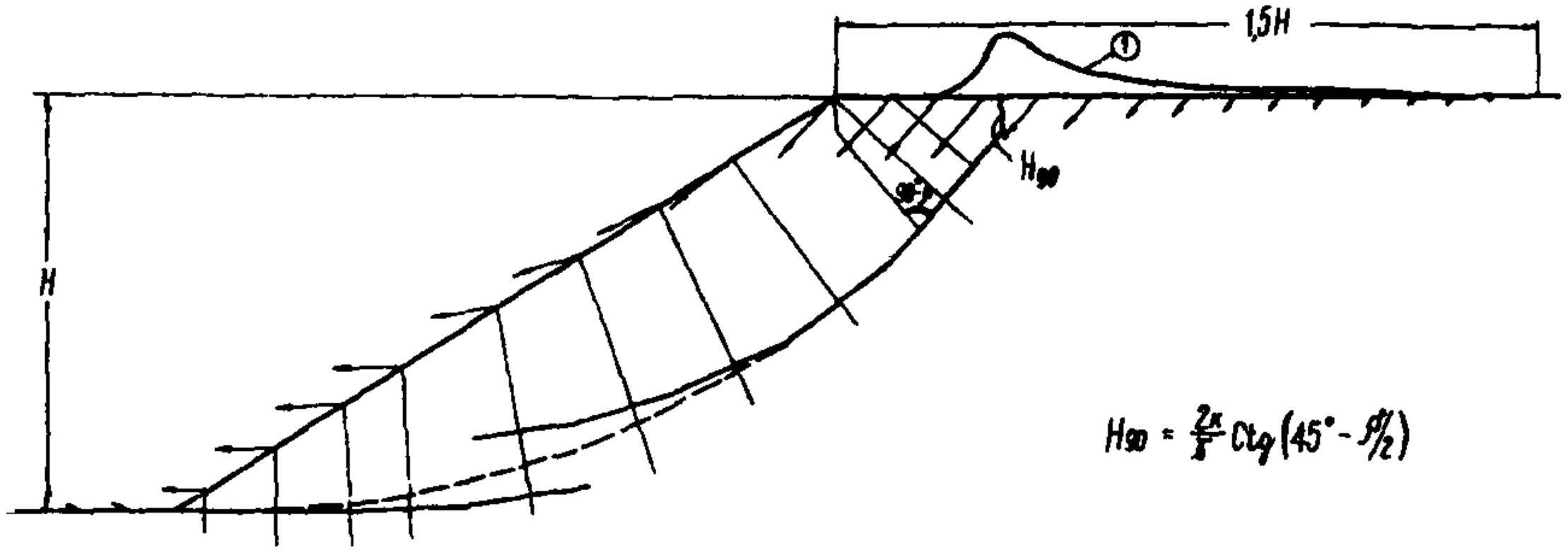


Рис.12. Построение поверхности скольжения в однородном откосе по векторам смещений реперов

1-график сдвигов

а) на профиле, где изображены в определенном масштабе векторы смещения реперов, заложенных на земной поверхности и поверхности откоса, из начала векторов восстанавливают перпендикуляры в сторону массива;

б) от точки на земной поверхности, в которой зафиксировано максимальное значение сдвига, строится вертикальный отрезок, равный H_{90};

в) из конца H_{90} и основания откоса проводятся отрезки, параллельные векторам смещения реперов и пересекающие перпендикуляры к векторам смещений; эти отрезки проводятся до пересечения с биссектрисами углов между соседними перпендикулярами (между перпендикулярами, пересекаемыми отрезками и соседними с ними);

г) из точек пересечения проведенных отрезков и биссектрис проводятся новые отрезки, параллельные последующим векторам смещения, до пересечения с биссектрисами углов между двумя другими следующими по порядку перпендикулярами и т.д.;

д) полученная таким путем ломаная линия между верхней и нижней точками сглаживается в плавную кривую;

е) если при построении ломаной линии от одной (верхней или нижней) точки она не смыкается с другой, построение необходимо вести одновременно от обеих точек до середины откоса; полученное несмыкание исправляется проведением плавной кривой, как показано на рис.12.

При значительных деформациях векторы смещения реперов на профиле изображаются в масштабе профиля, поэтому при построении поверхности скольжения в массиве перпендикуляры восстанавливают из середины вектора, а построение производят от трещины отрыва – сверху и линии отреза (надвига) – снизу.

Если векторы сдвижения реперов параллельны наслоению пород и между собой, то это указывает на скольжение оползневых масс по наслоению пород; такие деформации наблюдаются при контактных оползнях или подошвенных оползнях отвалов.

При оползнях выпирания или надвига, связанных с наличием горизонтально залегающего слабого контакта или слабого прослойка, деформации носят своеобразный характер: в массиве четко формируются клин активного давления, призма упора и вал выпирания. Общий вид оползня выпирания и направление векторов смещения реперов при развитии этого типа оползня показаны на рис.13.

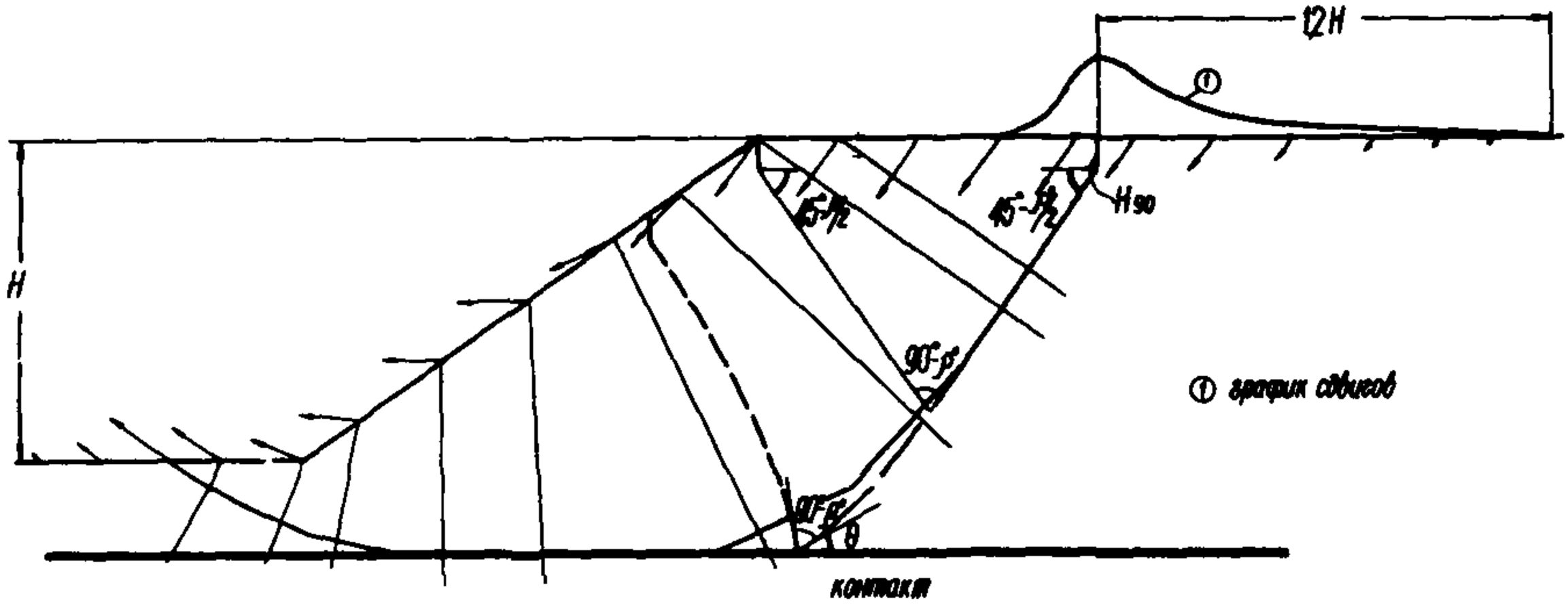


Рис.13. Построение поверхности скольжения по векторам смещений реперов при развитии оползня выпирания
1-график сдвигов

Построение потенциальной поверхности скольжения оползней выпирания и глубинных оползней лежачего бока производится аналогично вышеизложенному.

3.7.3. Степень опасности деформаций определяется по скорости смещения и величине деформаций сравнением их с допустимыми деформациями, установленными для конкретных пород лабораторными исследованиями деформационных свойств образцов пород (приложение 13).

При установившейся скорости деформирования (относительного сдвига) время до обрушения откоса можно определить из выражения:

$$\frac{\gamma_{пр} - \gamma_{уст}}{\operatorname{tg}\psi} = t, \qquad (19)$$

где $\gamma_{пр}$ – предельная относительная деформация сдвига, установленная лабораторными испытаниями перед или натурными наблюдениями, не дости-

жении которой наступает разрушение породы;

$\gamma_{уст}$ – деформация сдвига, по достижении которой наблюдается установившаяся постоянная скорость деформирования;

ψ – угол наклона отрезка графика зависимости $\gamma = f(t)$ на участке постоянной скорости деформирования (значение $tg\,\psi$ численно соответствует скорости деформации сдвига).

Принимая во внимание, что скорость деформации сдвига в стадии затухающей ползучести на любом ее интервале больше скорости деформирования на последующей стадии установившейся ползучести, приближенную оценку времени до разрушения откоса по скорости деформирования на стадии затухающей ползучести следует осуществлять по выражению:

$$t > \frac{\gamma_{пр} - \gamma_i}{tg\,\psi_i}, \qquad (20)$$

где γ_i – деформация сдвига на момент данного расчета;

$tg\,\psi_i = v_\gamma$ – скорость деформации сдвига на стадии затухающей ползучести по достижении общего сдвига γ_i.

3.7.4. Анализ данных наблюдений за деформациями отвалов также заключается в установлении типа оползня и прогнозе развития оползня.

Тип оползня устанавливается по характеру деформирования его основания. При этом различают:

а) подподошвенные оползни отвалов, которые характеризуются образованием "вала выпирания" основания; глубина залегания поверхности скольжения приближенно может быть определена по векторам смещения реперов, заложенных по основанию отвалов;

б) надподошвенные оползни отвалов, которые характеризуются образованием "вала накатывания" нижней части откоса отвала на его основание;

в) подошвенные оползни отвалов, которые не имеют визуально

определяемых признаков оползания и характеризуются перемещением отвальных пород по поверхности, прилегающей к основанию отвала, которое устанавливается маркшейдерскими наблюдениями.

3.7.5. В тех случаях, когда основание отвалов недоступно для маркшейдерских наблюдений, развитие оползневых деформаций отвалов устанавливается по изменению скоростей смещения верхней площадки отвалов; свежеотсыпанная верхняя часть отвалов во всех случаях подвергается связанному с уплотнением отвальной массы оседанию, скорость которого затухает со временем; при возникновении же оползневых смещений, имеющих прогрессирующий характер , скорость общего смещения рабочей площадки отвалов в течение короткого времени становится постоянной, а затем начинает возрастать.

3.7.6. При прогнозировании развития оползней отвалов во времени необходимо принимать во внимание, кроме нарастания скоростей смещений, также развитие оконтуривающей оползень трещины отрыва на флангах оползня (активная стадия оползня наступает при его полном оконтуривании трещиной отрыва на флангах); по данным совместных наблюдений за нарастанием скоростей смещения оползня в его центральной части и развития трещин отрыва по флангам оползня устанавливаются критические скорости смещения оползня для данных инженерно-геологических и горнотехнических условий.

3.7.7. Анализ данных маркшейдерских наблюдений о развитии осыпания откосов уступов сводится к установлению зависимости скорости осыпания от величины углов откосов уступов на отдельных участках бортов карьеров (с учетом литологического состава пород, их трещиноватости и критической прочности, положения откосов относительно стран света и др.), на основании которой путем технико-экономических расчетов определяются углы откосов уступов нерабочих бортов.

Г Л А В А 4

УПРОЩЕННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ БОРТОВ КАРЬЕРОВ, ОТКОСОВ УСТУПОВ И ОТВАЛОВ

4.1. Наблюдения за фильтрационными деформациями

4.1.1. Наблюдения за фильтрационными деформациями откосов уступов проводятся с целью выявления начала деформаций, прогноза развития и разработки мер по их локализации.

Наблюдения должны проводиться по профильным линиям наблюдательных станций. В каждой серии наблюдений производится детальная съемка профиля откоса на участке высачивания; сравнение результатов наблюдений по профилям фильтрующих участков в смежных сериях позволяет определить динамику развития деформаций за период между этими сериями наблюдений.

4.1.2. Для прогноза развития деформаций во времени на профиле отображаются: положение водоупора, состав и свойства фильтрующего и налегающего слоев прород, депрессионная поверхность, удельный расход фильтрующего потока. При наличии концентрированных источников, приводящих к развитию каверн и промоин, следует определять объем каверн и их распространение в глубь откоса, а также замерять расходы потока и объем выносимого потоком материала за единицу времени.

4.1.3. Наблюдения необходимо начинать непосредственно после выемки очередной экскаваторной заходки. С целью выявления динамики развития фильтрационных деформаций, наблюдения в первый период проводятся ежедневно.

4.1.4. В легкорастворимых породах фиксируются все источники и систематически производится обследование поверхности карьера, а также площадок уступов для выявления и своевременной ликвидации провальных воронок при их наличии.

При наличии сосредоточенных наземных водотоков в размываемых породах проводятся наблюдения за развивающимися эрозионными деформациями. Схема расположения реперов и порядок измерений при наблюдении за развитием промоины показаны на рис.14.

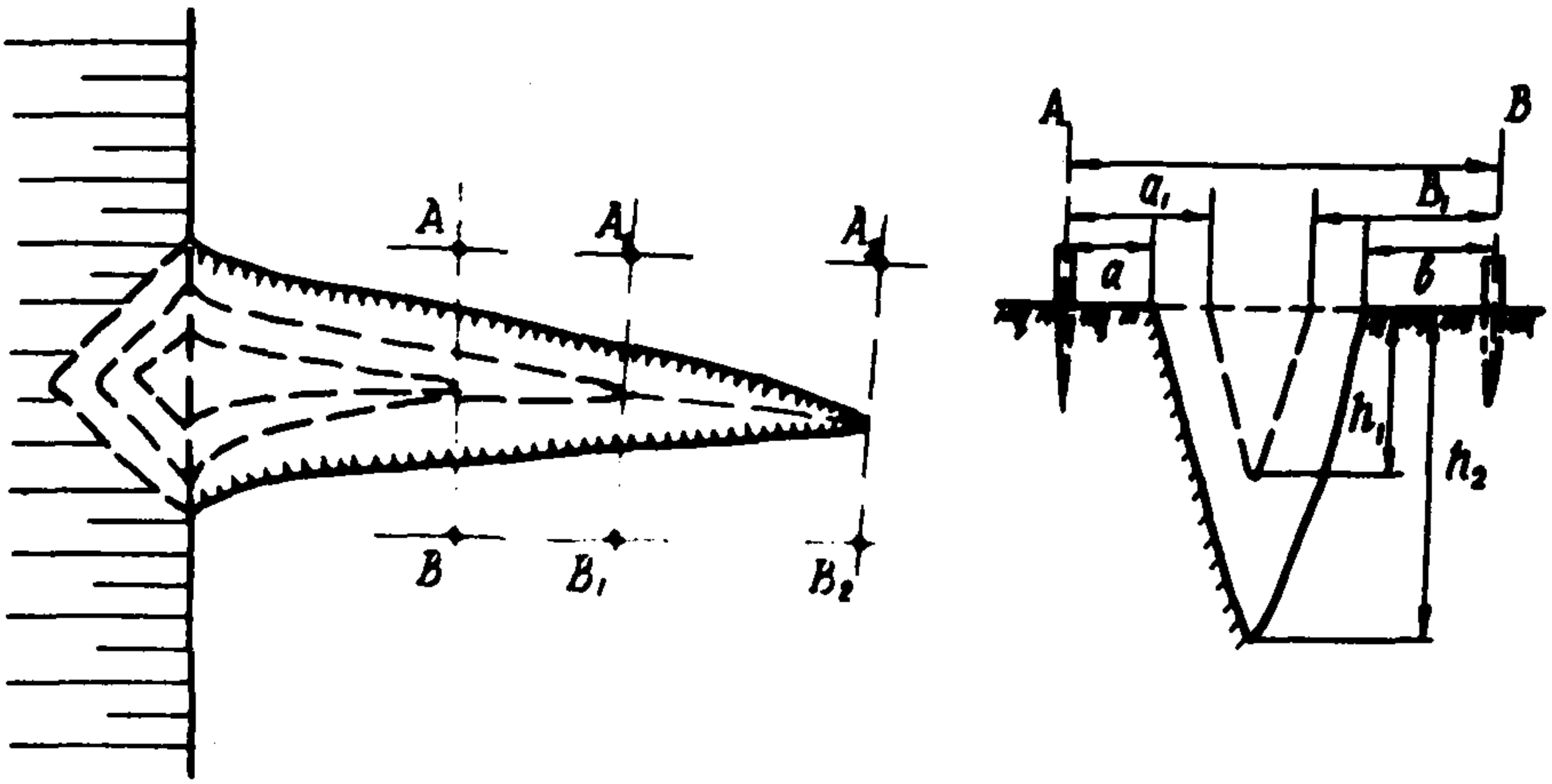


Рис.14. Наблюдения за развитием промоины

4.2. Наблюдения за процессом осыпания пород в откосах уступов

4.2.1. Осыпание пород в откосах уступов под влиянием выветривания является неизбежным и наиболее широко распространенным на карьерах видом деформаций откосов, поэтому наблюдения за развитием осыпей являются обязательной составной частью наблюдений за деформациями бортов карьеров.

4.2.2. При развитии осыпи происходит выполаживание откоса, нарушение, а иногда и полная сработка предохранительных берм, оставляемых между уступами, вследствие чего борт приобретает вид сплошного откоса большой высоты, работать под которым становится опасно.

Опасность осыпей глинистых пород заключается в том, что осыпавшиеся массы представляют собой аккумулятор для накопления влаги и в дальнейшем переходят в оползни и оплывины. Процесс разрушения и осыпания крутой части откоса завершается после того, как осыпь достигает верхней бровки уступа, протекая с определенной скоростью, зависящей от свойств пород, климатических условий, угла откоса уступа и его местоположения относительно стран света.

4.2.3. Интенсивность осыпания зависит, в основном, от выветриваемости пород, углов откосов уступов и способа заоткоски уступов. Выветриваемость, т.е. склонность горных пород изменять прочность под влиянием агентов выветривания, определяется их геолого-петрографическими признаками: минеральным составом, структурой, текстурой, условиями залегания слоев, степенью литификации, характером и степенью трещиноватости-и зависит от климатических условий и положения откосов относительно стран света. Сотрясения горных пород под влиянием взрывных работ и работы горнотранспортного оборудования активизируют развитие осыпей.

4.2.4. Целью наблюдений за выветриванием и осыпанием пород является определение оптимальных углов откосов уступов и ширины берм уступов длительного срока службы в зависимости от определяемых:

- времени начала осыпания и интенсивности осыпания в откосах уступов пород различного литологического состава при различной экспозиции откосов, а также от величины углов откосов;

- закономерностей осыпания пород по высоте откоса и сработки верхней площадки (отступления верхней бровки) уступа и движения нижней границы осыпи во времени.

Интенсивность осыпания характеризуется:

- мощностью слоя осыпавшихся с поверхности откоса пород в результате выветривания за единицу времени;

- сработкой верхней площадки за единицу времени;

- объемом осыпи на 1 пог.м длины борта, образовавшимся за единицу времени;

- перемещением нижней границы осыпи за единицу времени. В зависимости от интенсивности указанных показателей, за единицу времени принимается год, месяц и т.п.

4.2.5. Нарушение устойчивого равновесия частиц породы на поверхности крутого откоса при выветривании и их осыпание происходит при определенной для данной породы величине прочности, называемой критической. Снижение начальной прочности пород на поверхности откоса до критической в различных породах характеризуется разными интервалами времени.

4.2.6. Процесс выветривания пород на поверхности откосов протекает различно в крепких и слабых породах.

Период снижения начальной прочности до критической в крепких породах зависит, при прочих равных условиях, от степени их трещиноватости. Процесс выветривания в откосах, сложенных породами средней крепости, отличается большей интенсивностью, чем в крепких породах, вследствие их обезвоживания (усыхания), при котором образуется часто и беспорядочная трещиноватость. Процесс выветривания откосов, сложенных песчано-глинистыми породами, характеризующимися высокой естественной влажностью, протекает еще более интенсивно, чем в полускальных породах, т.к. эти породы у поверхности откосов подсыхают и подвергаются усадке, интенсивному растрескиванию и шелушению. Осыпание в этих породах начинается вскоре после отработки очередной заходки.

4.2.7. Время начала осыпания крепких и средней крепости горных пород устанавливается путем определения их критической прочности и закономерности изменения прочности во времени (рис.15).

4.2.8. Критическая прочность пород для каждой литологической разности определяется на поверхности нескольких осыпающихся откосов с различными углами заоткоски, превышающими угол естественного откоса (при $\alpha > 45^{\circ}$).

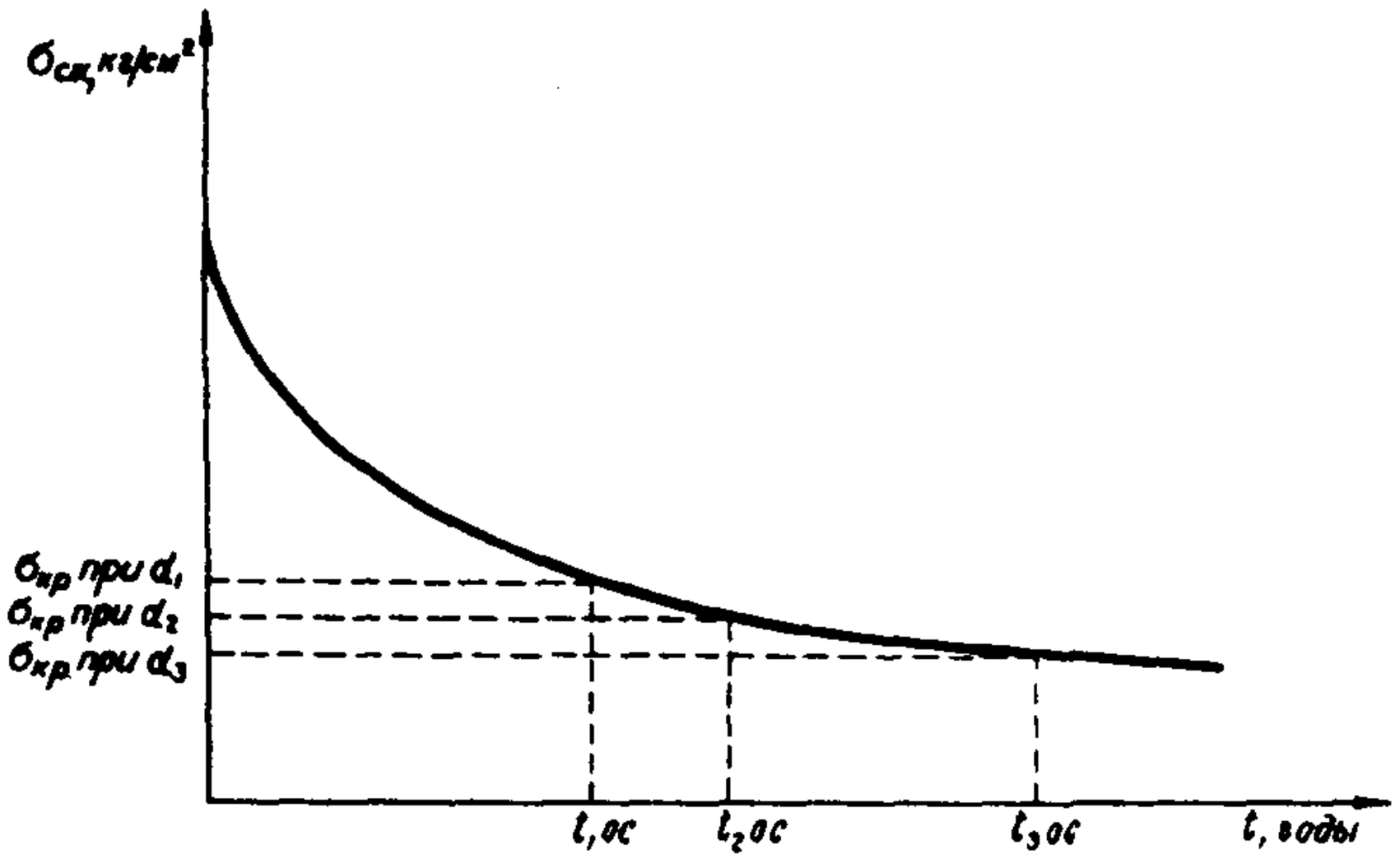


Рис.15. Изменение прочности пород на поверхности откосов во времени

4.2.9. Изменение прочности породы на поверхности откоса устанавливается путем определения прочности одной и той же литологической разности на поверхности нескольких откосов различного срока пребывания его в нерабочем состоянии.

4.2.10. Прочность скальных пород определяется испытанием на одноосное сжатие образцов неправильной и полуправильной формы, отобранных с поверхности откоса. Методика таких испытаний дана в приложении 14.

4.2.11. Прочность пород средней крепости определяется испытанием образцов неправильной и полуправильной формы на сжатие и динамическим пробником (пенетрометром) непосредственно на поверхности откоса.

4.2.12. Интенсивность осыпания пород с поверхности откоса и ее изменение во времени определяется по результатам длительных полевых наблюдений за осыпанием пород. Для этого производится:

а) закладка наблюдательных станций на откосах уступов;

б) периодическая инструментальная съемка местоположения в плане верхних бровок уступов и границ осыпи на

ермах;

в) периодическая инструментальная профильная съемка уступов.

4.2.13. Наблюдательные станции на откосах уступов закладываются на откосах нерабочих уступов или уступов, находящихся не менее 1 года в нерабочем состоянии. Наблюдательная станция должна состоять из одного-двух рядов реперов, закладываемых горизонтально по откосу выше уровня осыпи на расстоянии 1 м один от другого в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Наблюдения за осыпанием породы заключаются в измерениях расстояний (через каждые 10 см длины между двумя соседними реперами) от поверхности откоса до рейки (или натянутой ленты рулетки), соединяющей головки реперов (рис.16), и измерении угла откоса на участках между

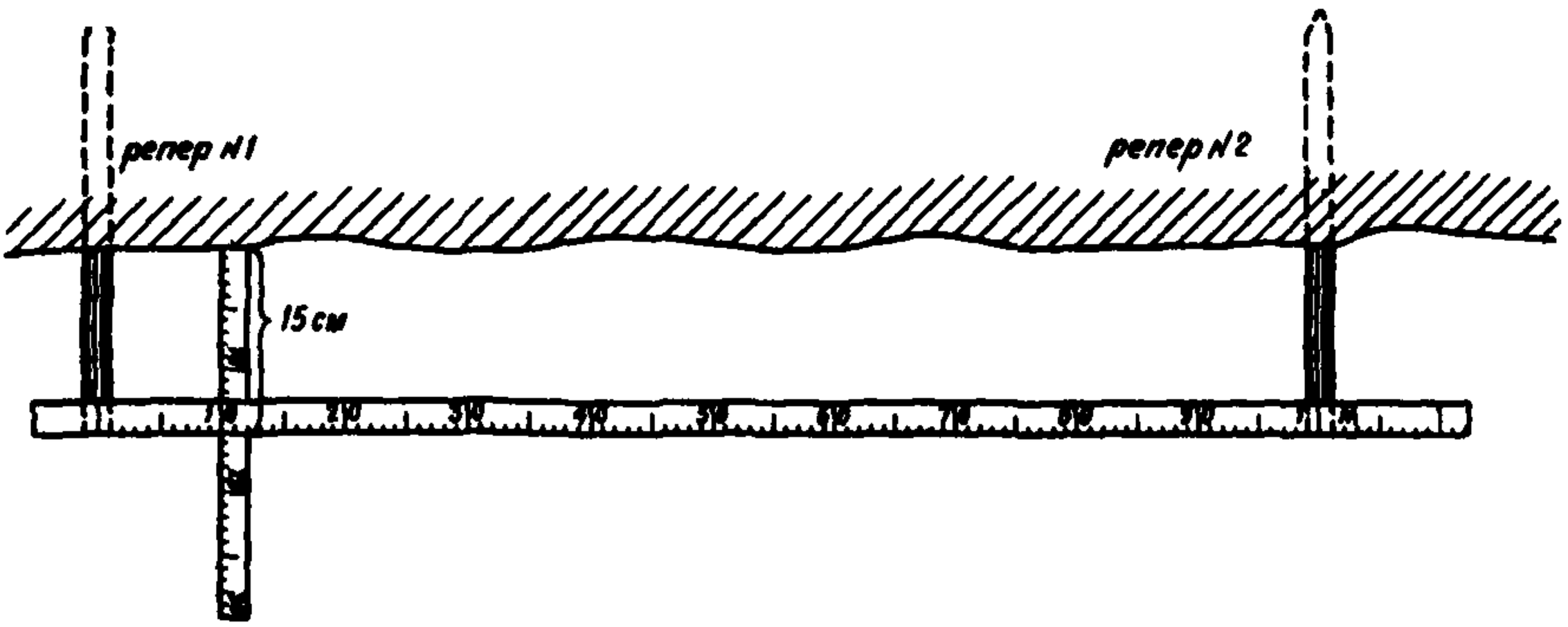


Рис.16. Замер превышений реперов над поверхностью откоса (вид сверху)

соседними реперами и расстояний от каждого репера до осыпи.

Для наблюдения за осыпанием верхней бровки уступа реперы вбиваются на верхней площадке на расстоянии 2-3 м от бровки, а для замера образующейся осыпи реперы заби-

ваются в подошву уступа.

Репер представляет собой металлический штырь диаметром 15–20 мм и длиной 300–700 мм; длина репера определяется крепостью пород и его местоположением.

Замеры производятся не менее двух раз в год (весной и осенью).

4.2.14. При закладке наблюдательной станции фиксируется следующее:

а) литологическое наименование пород, их состав, залегание, трещиноватость (размер и форма структурных блоков, элементы залегания основных систем трещин), прочность, нарушенность пород взрывами (способ заоткоски уступов);

б) положение уступа по высоте (его высотная отметка), экспозиция борта;

в) средние высота и угол откоса уступа, профиль уступа, продолжительность времени пребывания уступа в нерабочем состоянии до момента наблюдения за ним.

При повторных замерах дается характеристика осыпающегося материала (форме и размер кусков в осыпи).

4.2.15. Периодическая (ежегодная) съемка верхних бровок уступов и границ осыпи на бермах позволяет выявить изменение интенсивности осыпания бровки уступа.

4.2.16. Для обеспечения устойчивости уступов в течение длительного времени (на время работ в карьере), а также безопасности работ на нижних горизонтах карьера для уступов, достигших предельного положения по проектному контуру, углы откосов и ширину берм следует рассчитывать с учетом интенсивности осыпания откосов и срока их службы (в отдельных случаях для предохранения откосов от влияния выветривания целесообразно предусматривать укрепительные мероприятия).

4.2.17. Зависимость критической прочности и интенсивности осыпания от угла откоса определяется формулами:

$$R_{\alpha} = R_{90} \cdot \cos\alpha\,(\mathrm{tg}\,\alpha - \mathrm{tg}\,\rho), \qquad (21)$$

$$m_{\alpha} = m_{90} \cdot \cos\alpha\,(\mathrm{tg}\,\alpha - \mathrm{tg}\,\rho), \qquad (22)$$

где α – угол откоса уступа;

ρ – угол естественного откоса осыпи;

R_{90}, m_{90} – критическая прочность и интенсивность осыпания вертикального откоса;

R_{α}, m_{α} – критическая прочность и интенсивность осыпания откоса при угле α .

4.3. Упрощенные наблюдения за деформациями при сейсмическом воздействии взрывов

4.3.1. При ведении горных работ буровзрывным способом необходимо проводить наблюдения за деформациями откосов бортов карьеров под влиянием взрывных работ. Результаты наблюдений используются для определения зон остаточных деформаций, в пределах которых должна применяться специальная технология ведения буровзрывных работ, способствующая уменьшению влияния взрывов на деформации массива (микрозамедленное взрывание, применение наклонных заоткашивающих скважин и т.п.) при подходе борта к предельному проектному контуру.

4.3.2. Наблюдения могут проводиться с применением высокоточной измерительной аппаратуры (сейсмостанции, тензодатчики и пр.) и более простыми методами (наблюдательные станции с металлическими реперами или конусами-индикаторами, устройство бетонных или гипсовых дорожек, покрытие поверхности откоса известковым раствором или специальным красителем и пр.).

4.3.3. Наблюдательные станции с металлическими реперами закладываются на горизонтах, подготавливаемых к массовым взрывам. Станции состоят из 1-3 профильных линий, направленных вкрест простирания уступа. Линии, как

правило, включают 10-12 рабочих и 1-2 опорных репера. Расстояние между соседними рабочими реперами составляет около 2 м. Опорные реперы закладываются по возможности вне зоны остаточных деформаций. Опорные и рабочие реперы представляют собой стальные штыри длиной порядка 3 м и диаметром 15-20 мм с накерненными оголовками. На станции проводятся две серии наблюдений: первая - накануне взрыва и вторая - после взрыва. Наблюдения состоят в нивелировании реперов и измерении расстояний между ними. Кроме того, проводится съемка верхней и нижней бровок уступа (до взрыва и после), расположения взрываемых скважин и всех видимых трещин на берме уступа в районе взрыва. Регистрация смещений реперов по профильным линиям позволяет установить размеры деформированного участка и величину остаточных деформаций.

4.3.4. Метод конусов-индикаторов заключается в определении величины отрыва гипсовых конусов, заложенных на поверхности выработанного пространства для регистрации дополнительных напряжений в откосе, возникающих под влиянием взрывов.

Перед установкой (закреплением) конусов-индикаторов на уступе производят испытания опытных образцов-восьмерок (из материала конусов) на разрыв в лабораторных условиях с целью получения тарировочного графика зависимости $S_i = f(\sigma_i)$. В натурных условиях измеряются расстояния между пунктами взрыва и заложенными конусами-индикаторами; после взрыва замеряется площадь отрыва части конуса (S_i) и определяются возникающие напряжения (σ_i), величины которых учитываются при оценке устойчивости откоса путем сложения их со сдвигающими напряжениями (τ_i). Если в результате расчета окажется, что коэффициент запаса устойчивости уступа (нескольких уступов) $И < 1$, тогда необходимо при оформлении проектных контуров карьера изменить технологию взрывных работ с целью снижения сейсмической силы.

4.3.5. Бетонные и гипсовые дорожки закладываются на площадках борта и служат для обнаружения микродеформаций поверхности.

Покрытие откосов гипсовым раствором или специальными красителями позволяет судить о характере и области деформирования трещиноватых горных пород.

Г Л А В А 5

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ НА КАРЬЕРАХ

5.1. Общие положения

5.1.1. Разработка мероприятий по обеспечению устойчивости откосов на карьерах осуществляется на основе результатов наблюдений за деформациями откосов, расчетов их устойчивости и соответствующих технико-экономических расчетов и соображений.

5.1.2. Мероприятия по обеспечению устойчивости откосов на карьерах, сложенных скальными и полускальными породами, заключаются в основном в применении соответствующей технологии ведения буро-взрывных работ в приконтурных зонах (микрозамедленное взрывание скважин в блоке и др.), специальной заоткоске уступов (предварительное щелеобразование, гладкое взрывание) и в искусственном укреплении ослабленных участков.

Обеспечение устойчивости откосов на карьерах, сложенных глинистыми и песчано-глинистыми породами, заключается в основном в эффективном дренаже, обеспечении стока поверхностных вод, пригрузке фильтрующих участков откосов.

Для обеспечения устойчивости откосов отвалов эти мероприятия заключаются в основном в дренаже песчано-глинистого основания и в установлении допустимого по условиям устойчивости общего угла разгона ярусов.

5.1.3. На выполнение всех мероприятий по обеспечению устойчивости откосов на карьерах должен быть составлен специальный проект, утверждаемый главным инженером предприятия.

В проекте отражаются:

- ожидаемые деформации откоса;

- ожидаемый ущерб от этих деформаций;

- наиболее целесообразные меры предотвращения деформаций;

- затраты на выполнение противодеформационных мероприятий и технико-экономическое обоснование предусматриваемых мероприятий.

После выполнения каждого из предусмотренных в проекте мероприятий составляется акт, утверждаемый главным инженером предприятия.

5.2. Заоткоска уступов в их предельном положении

5.2.1. Заоткоска уступов в их предельном положении под углами, соответствующими свойствам пород и характеру их трещиноватости, является одним из основных мероприятий, обеспечивающих длительную устойчивость нерабочих бортов или их участков, поставленных в предельное положение. Приближенные значения углов откосов нерабочих уступов даны в приложении 16.

5.2.2. Заоткоска уступов в их предельном положении осуществляется:

а) в скальных и полускальных породах - специальными заоткашивающими скважинами диаметром 80-100 мм, расстояние между которыми не должно превышать 3-х м и в каждом конкретном случае устанавливается опытным путем;

заоткашивающие скважины бурятся по линии предельного контура карьера под углами, равными углам откосов уступов (см.приложение 16); допускается взрывание заоткашивающих скважин предварительное (предварительное щелеобразование) и после взрывания основных зарядов (гладкое взрывание); методика производства буро-взрывных работ при специальной заоткоске уступов в предельном положении изложена в приложении 17;

б) в слабых глинистых и песчано-глинистых породах - драглайнами, а также мехлопатами со специальными насад-

ками на зубьях.

5.3. Укрепление слабых участков откосов на карьерах

5.3.1. Отдельные участки откосов уступов в их положении на предельном (проектном) контуре, сложенные скальными и полускальными породами интенсивной трещиноватости или ослабленные неблагоприятно расположенными трещинами, дизъюнктивными нарушениями, слабыми контактами между слоями пород, должны укрепляться. Для укрепления откосов скальных и полускальных пород следует применять:

а) способы механического удержания призмы обрушения, к которым относятся укрепление штанговой крепью, шпунтами, железобетонными сваями, гибкими тросовыми тяжами, а также подпорными, защитными и контрфорсными стенками. Эти способы применяются самостоятельно и комплексно;

б) способы по улучшению прочностных свойств массива путем инъекции в массив укрепляющих растворов; из этих способов наиболее широко распространена цементация;

в) способы, при которых слагающие откосы породы, склонные к быстрому и интенсивному выветриванию, выщелачиванию или дефляции, изолируются с помощью устойчивых покрытий торкрет-бетоном, щприц-бетоном, битумом, карбамидными, формальдегидными и эпоксидными смолами; способы могут применяться также в сочетании с металлической сеткой и штангами.

В таблице 1 даны условия применения способов укрепления откосов в скальных и полускальных породах. Основные методы искусственного укрепления откосов на карьерах изложены в "Методическом руководстве по искусственному укреплению откосов скальных и полускальных пород на карьерах", изд.ВНИМИ, Л., 1967.

5.3.2. Фильтрующие участки откосов песчано-глинистых пород укрепляются гравийно-щебеночной пригрузкой фильтрующего участка откоса; схемы пригрузки изображены на рис.17, 18.

Таблица 1

Применяемые способы	Метод укрепления	Условия применения способов
1.Способы механического удержания	Железобетонные сваи (иногда с последующей цементацией массива)	Массивы со слаборазвитой трещиноватостью, поверхности ослабления падают в выработанное пространство под углами 25–45°
	Штанги и гибкие тросовые тяжи	Крупноблоковые маловыветрелые массивы и сланцеватые породы с падением в сторону выемки под углами 25–55°
	Защитные подпорные и контрофорсные стенки	Сильнонарушенные массивы сложной структуры с переслаиванием пород
2.Упрочнение пород	Цементация (иногда в комбинации с железобетонными сваями), нагнетание в массив укрепляющих растворов из полимерных веществ	Гравий и крупнотрещиноватые пески с удельным водопоглощением более 0,1 л/мин, трещиноватые скальные породы
3.Изолирующие покрытия	Торкретирование или набрызг, битумизация, изоляция с помощью полимерных смол	Породы, склонные к интенсивному поверхностному выветриванию или выщелачиванию, песчаные откосы.

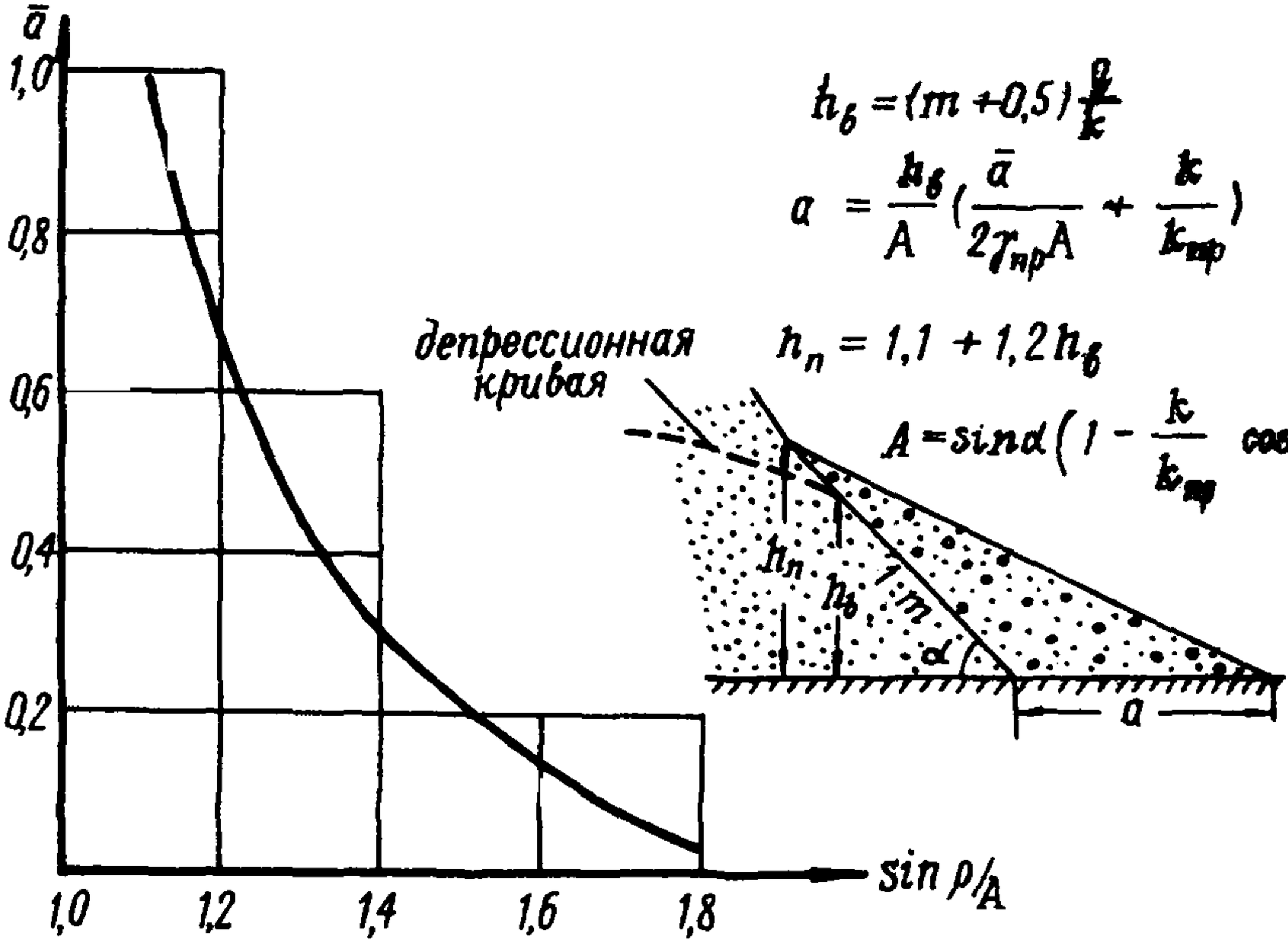


Рис.17. Схема для определения параметров пригрузочной призмы

q -расход, притекающий к откосу; k и $k_{пр}$ -коэффициенты фильтрации грунта и материала пригрузки; $\gamma_{пр}$ -объемный вес материала пригрузки; ρ -угол трения грунта;

Примечание: 1. Для величины a рекомендуется коэффициент запаса, равный 1,2 - 1,4.

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

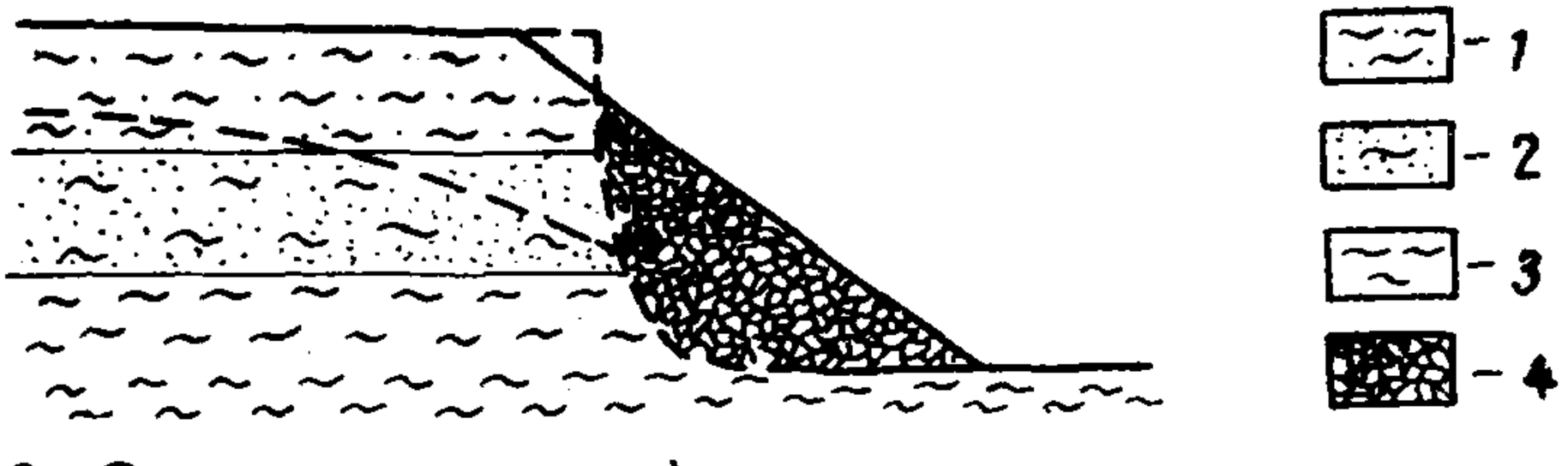


Рис.18. Схема пригрузки фильтрующего песчано-глинистого откоса

1-суглинок; 2-песок глинистый, водоносный; 3-глина пластичная; 4-щебенка

5.3.3. Для предотвращения эрозии откосов песчаных и песчано-глинистых пород необходимо покрывать их растительным слоем или торфом с посевом трав. Предотвращение размывания и эрозии песчано-глинистых откосов стекающими потоками дождевых вод достигается также путем устройства упорядоченных стоков дождевых и талых вод с площадок уступов. Для этой цели площадкам уступов придается уклон в сторону водоотводной канавы, располагаемой в основании вышележащего откоса и имеющей уклон 3-5% к поперечным канавам, в которых уложены железобетонные трубы для спуска воды на нижележащую площадку.

Размываемые участки водосточных канав укрепляются железобетонными лотками.

5.4. Обеспечение общей устойчивости бортов карьеров, уступов и отвалов

5.4.1. Нарушения общей устойчивости значительных участков бортов, уступов и отвалов возникают в тех случаях, когда сдвигающие силы, действующие по наиболее слабой поверхности, по величине становятся равными удерживающим силам, т.е. при возникновении состояния предельного равновесия:

$$\Sigma T_i = \Sigma \kappa_i l_i + \Sigma f_i (N_i - D_i), \qquad (23)$$

где ΣT_i - сумма сдвигающих сил;

κ_i и f_i - величины сцепления и коэффициента внутреннего трения массива пород;

l_i - протяженность площадок поверхности скольжения с характеристиками κ_i и f_i ;

N_i - нормальная составляющая веса вышележащих пород, опирающихся на площадку l_i ;

D_i - сила гидростатического давления на площадку l_i .

5.4.2. При решении вопроса о мерах по предотвращению развития выявленного инструментальными маркшейдерскими наблюдениями начавшегося оползня должны быть установлены

основные факторы и причины, вызвавшие появление деформаций, а также тип оползня.

5.4.3. Если причиной начавшейся деформации большого участка борта является несоответствие углов наклона борта или его высоты (например, при увеличении общей высоты рабочего борта при погружении пласта или повышении отметок земной поверхности) геологическим условиям, то в этом случае необходимо придавать борту более пологий угол наклона.

Если при аналогичных условиях на деформацию борта оказывают влияние и напорные воды, имеющиеся в его основании, то первой мерой предотвращения развития деформаций является снятие напоров.

5.4.4. Если факторами, способствующими развитию опасных (неизбежно приводящих к обрушениям и оползням) деформаций большого участка борта являются местные неблагоприятно залегающие нарушения прочности массива – тектонические нарушения, поверхности скольжения древних оползней, контакты между литологическими разностями и т.д., то в этих случаях должны применяться мероприятия локального характера:

а) разгрузка призмы активного давления в пределах участка, ограниченного поверхностью ослабления;

б) пригрузка призмы выпирания;

в) создание контрфорсов и упоров.

5.4.5. В ряде случаев опасные деформации больших участков бортов карьеров, уступов и отвалов вызываются обводненностью земной поверхности, площадок уступов, подошвы карьера и основания отвалов; основной мерой предотвращения деформаций откосов в этих условиях является своевременное осушение земной поверхности вблизи карьера и обеспечение стока воды с площадок уступов, подошвы карьера и основания отвалов.

5.4.6. Для предотвращения развития начавшегося оползания больших участков отвалов необходимо или умень-

шать их общую высоту, или уменьшать общий угол разгона ярусов отвалов с таким расчетом, чтобы соотношение удерживающих и сдвигающих сил, действующих по поверхности скольжения, возросло на 10 -15% по сравнению с тем положением, при котором наблюдениями зафиксированы начавшиеся деформации.

Оценка устойчивости отвалов (установление соотношения удерживающих и сдвигающих сил, действующих на поверхности скольжения) выполняется на основе расчетов, методика выполнения которых изложена в "Методическом руководстве по определению оптимальных углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров", ВНИМИ, Л., 1971.

5.4.7. В тех случаях, когда по ряду обстоятельств трудно или невозможно предотвратить развитие оползней отвалов, инструментальными наблюдениями должна быть ограничена призма возможного оползания, на которой не должно размещаться оборудование, используемое при отвалообразовании; для этих условий разрабатывается специальная технология отвалообразования, обеспечивающая безопасность работ на оползающем отвале.

Г Л А В А 6

ДОКУМЕНТАЦИЯ НАРУШЕНИЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ НА КАРЬЕРАХ

6.1. Паспортизация нарушений устойчивости

6.1.1. Паспортизация нарушений устойчивости откосов на карьерах (оползней, обрушений, оплывин, осыпей и фильтрационных деформаций) производится с целью накопления и систематизации сведений о характере и причинах различных видов нарушений устойчивости. Эти сведения после обобщения и анализа используются для прогнозирования деформаций и разработки противооползневых мероприятий.

На каждое нарушение устойчивости откосов на карьерах составляется паспорт по единой установленной форме, который снабжается комплектом графической документации (приложения 19,20).

6.1.2. Документации подлежат нарушения устойчивости уступов, бортов и отвалов, рабочих площадок, предохранительных и транспортных берм, нарушающие режим работы горного предприятия и создающие угрозу безопасности ведения работ; документируются все нарушения устойчивости откосов карьеров объемом свыше 1 тыс.$м^3$ и захватывающие площадь более 500 $м^2$; документируются также нарушения устойчивости природных склонов, прилегающих к карьерному полю.

6.1.3. Паспорт нарушения устойчивости откосов составляется в 2-х экземплярах и хранится в архивах маркшейдерской службы предприятия на правах специальной маркшейдерской документации.

6.1.4. Паспорт составляется геолого-маркшейдерской службой на основании инструментальных маркшейдерских, инженерно-геологических и гидрогеологических съемок и проектно-изыскательской документации не позднее чем в

месячный срок с момента возникновения оползня, обрушения, оплывины. В том случае, если деформации развиваются в течение значительного периода времени или носят цикличный характер, не позднее чем в месячный срок с начала их развития составляется предварительный паспорт. По мере развития деформации этот паспорт периодически пополняется, и после окончания или ликвидации оползня, обрушения или оплывины составляется окончательный паспорт.

Нарушения устойчивости откосов, происшедшие в период строительства, документируются геолого-маркшейдерской службой соответствующих строительных организаций и передаются эксплуатационной маркшейдерской службе наряду с прочей маркшейдерской документацией.

6.1.5. Если обрушения или оползни повлекли за собой человеческие жертвы, травмы, повреждения механизмов, оборудования, сооружений и т.п., то составляются соответствующие акты согласно существующим положениям, а их копии прилагаются к паспорту нарушения устойчивости откоса.

6.1.6. В паспорте отмечается методика получения данных о параметрах деформирующегося участка и о развитии деформаций во времени (скорости, абсолютной величине смещения и т.п.).

6.1.7. Паспорт утверждается главным инженером предприятия (карьера, рудоуправления, комбината). Деформации, повлекшие за собой особо тяжкие последствия, должны анализироваться в вышестоящих организациях (комбинатах, объединениях или Главных управлениях).

Формы паспортов обрушений и оползней даны в приложениях 19,20.

6.1.8. В паспорте указываются наибольшие размеры нарушения устойчивости откоса - глубина развития деформации, величина смещения и объем обрушившихся (оползших) пород на момент составления паспорта (см.приложение 1 и рис.19).

Под глубиной развития деформации (оползня, обруше-

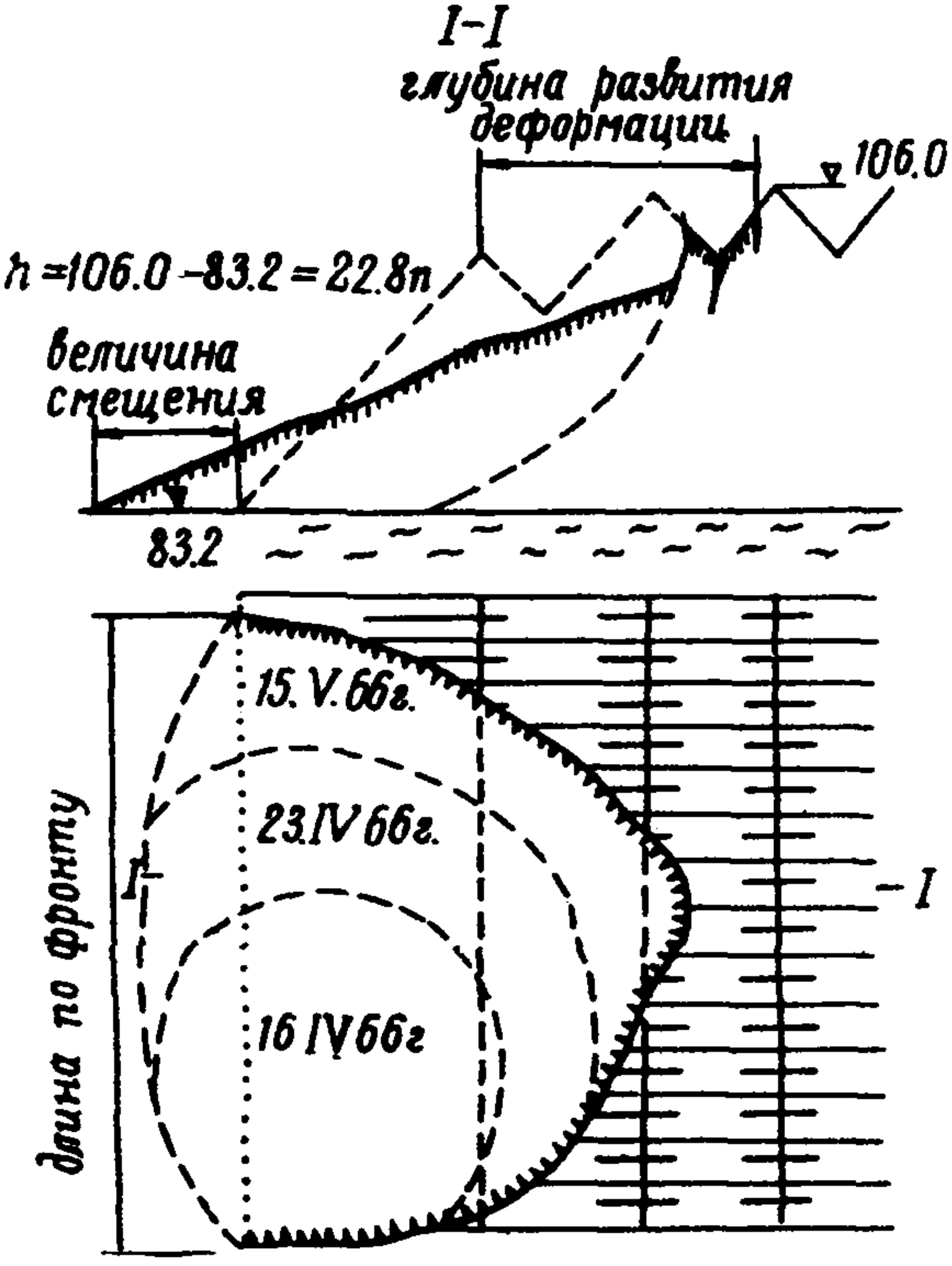


Рис.18. Развитие оползня внутренних отвалов

ния, оплывины) понимается расстояние от первоначального положения верхней бровки откоса до последней визуально прослеживаемой трещины в направлении, противоположном движению деформированных масс (горизонтальное проложение). Указывается средний и максимальный размер глубины развития деформации.

Величина смещения оползня (обрушения) равна горизонтальному проложению пути, пройденного смещенными породами от нижней бровки откоса по направлению смещения. Определяются средняя и максимальная величины смещения.

Объем оползня, обрушения или оплывины может быть подсчитан точно только после установления границы между смещенной частью откоса и его неподвижной частью (поверхности скольжения). Если эта граница не определена непосредственно расчистками, скважинами или шурфами, то ее строят по данным маркшейдерских наблюдений по векторам смещения реперов или на основе анализа геологического строения откоса.

6.1.9. Параметры обрушившихся (оползших) откосов определяются графически с разрезов, построенных по дан-

ным инструментальной маркшейдерской съемки (рис.20).

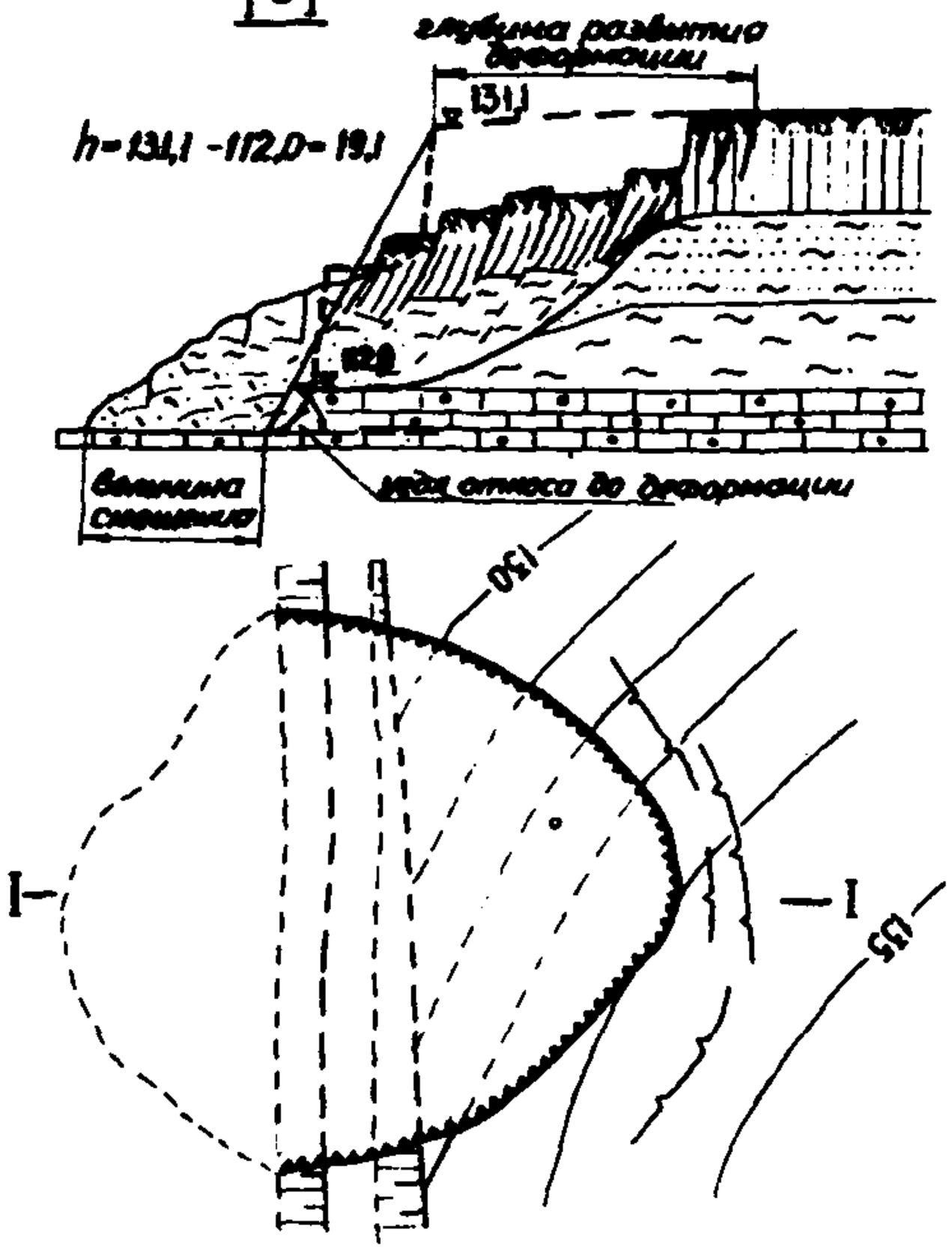


Рис.20. Размеры оползня рабочего борта карьера

6.1.10. Время стояния откоса измеряется временем, в течение которого откос пребывал в нерабочем состоянии. Если время стояния менее 3-х суток, оно указывается в часах.

6.1.11. В паспорте дается краткое описание проведенных на участке нарушения устойчивости откоса всех видов наблюдений. Результаты наблюдений и исследований освещаются в соответствующих разделах паспорта. Места закладки реперов, тип реперов, участки геологических съемок, места отбора проб пород, замеров уровней подземных вод отмечаются на плане и разрезах.

6.1.12. В паспорте указываются даты, объемы и виды нарушений устойчивости откосов, ранее наблюдавшихся в пределах деформированного участка. Если эти деформации паспортизированы, то указываются номера их паспортов.

6.1.13. Ущерб, причиненный нарушением устойчивости откоса, определяется в денежном выражении. Если *ущерб в денежном выражении не может быть определен*, то в паспорте дается только описание видов и объемов работ по устранению последствий деформаций.

6.1.14. В паспорте описывается состояние горных работ на участке нарушения устойчивости откоса (параметры уступов, размеры рабочих площадок, тип экскаватора, вид транспорта и т.д.) и отмечается, соответствует ли фактическое состояние горных работ проекту.

6.1.15. В разделе паспорта "Краткая инженерно-геологическая характеристика" дается краткое описание геологического разреза, показателей прочности пород, слагающих откос, структуры и условий залегания пород, гидрогеологических особенностей участка, приводятся фильтрационные характеристики и дебит водоносных горизонтов, источники питания подземных вод, а также дается характеристика поверхностных вод, атмосферных осадков, выпавших перед возникновением деформаций, и т.п.

6.1.16. В паспорте излагаются принятые меры для ликвидации последствий нарушения устойчивости откоса или для предотвращения его дальнейшего развития.

Оценивается эффективность примененных противооползневых мероприятий и отмечается их стоимость.

6.1.17. В паспорте приводятся также следующие сведения: параметры буро-взрывных работ (глубина, количество, направление и диаметр скважин, конструкция заряда, величина микрозамедления, способ взрывания, тип ВВ, количество одновременно взрываемого ВВ), состояние работ по осушению и т.п. Указывается организация, проводившая оценку устойчивости откосов, метод расчета устойчивости откосов, использованный при этом, и расчетный коэффициент запаса устойчивости.

6.1.18. В паспорте указываются должностные лица, принявшие участие в выяснении причин нарушения устойчивости откоса и разработке мер по ликвидации его последствий.

6.2. Графические приложения к паспорту

6.2.1. Оползень, обрушение, оплывина в плане фиксируются на погоризонтных (поуступных) планах карьера с

указанием даты их начала и окончания и порядкового номера. К паспорту прикладывается выкопировка с плана, на которую наносятся геологоразведочные скважины с полной экспликацией, положение добычных и транспортных механизмов, дороги, ж.-д. пути, линии электропередач, водоемы, трещины отрыва и векторы смещения рабочих реперов при деформировании массива.

6.2.2. К плану прикладываются разрезы по характерным профилям деформированного участка (2-3 разреза), но не реже, чем через 50 м по фронту нарушения устойчивости откоса, выполненные в одинаковых с планом вертикальном и горизонтальном масштабах. В случае сложной конфигурации деформации даются также разрезы, перпендикулярные направлению движения (оплывины-потоки по впадинам древнего рельефа и т.п.). На разрезы выносятся отдельной колонкой геологическое строение откоса с указанием физико-механических характеристик (γ , ρ , ν), использованных при проектировании углов откосов, уступов и бортов карьера или полученных в результате дополнительных наблюдений; положение уровней подземных вод до деформации и их изменение в процессе деформирования; контуры откоса до разрушения и после разрушения (в том случае, если точное положение контура откоса до разрушения трудно установить, линия контура проводится пунктиром); положение поверхности скольжения. По направлению профильных линий наблюдательных станций разрезы даются с указанием мест заложения реперов, векторов их смещений; прилагается ведомость оседаний и смещений реперов.

На план и разрезы наносится положение противооползневых сооружений.

Паспорта иллюстрируются фотоснимками.

6.3. Отчетность по наблюдениям за деформациями откосов на карьерах

6.3.1. Накапливающийся материал по наблюдениям за состоянием уступов и бортов карьеров и откосов отвалов

должен систематически (1 раз в год) оформляться в сводный отчет.

6.3.2. Отчет с результатами наблюдений за деформациями откосов на карьерах должен содержать следующие разделы:

Раздел 1. Инженерно-геологическая характеристика деформирующихся участков.

В разделе дается краткое описание литологического состава горных пород, условий их залегания, трещиноватости и отдельности, отмечается наличие тектонических нарушений и трещин большого протяжения, водообильность и источники питания пород водами, приводятся величины основных физико-механических характеристик пород участка.

Инженерно-геологическая характеристика участков, на которых зафиксированы нарушения устойчивости откосов, отражается в соответствующих разделах паспортов, которые являются составной частью отчета, или освещается более подробно в отчете (если нарушения устойчивости по своим размерам или характеру не подлежат паспортизации).

Раздел 2. Горные работы.

В разделе излагается состояние горных работ (проектные и фактические параметры откосов отвалов, бортов и уступов карьеров, отклонения от запроектированной технологии, причины отклонений от проекта и т.п.); отмечается направление дальнейшего развития горных работ; излагается технология горнотранспортных и отвальных работ (оборудование, параметры, паспорта и т.п.), освещается влияние деформаций откосов на нарушение режима горных и отвальных работ (простои, снижение производительности, изменение направления работ и т.д.).

Раздел 3. Наблюдения за состоянием откосов на карьере.

В разделе освещаются методика работ по наблюдениям за деформациями и результаты наблюдений (дается описание возникших за прошедший период нарушений устойчивости, их динамики и последствий, а также нарушений устойчивости,

не подлежащих паспортизации: осыпей, небольших размеров обрушений, локальных фильтрационных деформаций, осадок отвалов, обрушений козырьков, появления трещин, деформаций земной поверхности и рабочих площадок и т.п.), приводятся паспорта нарушений устойчивости.

На основе анализа деформаций делается прогноз возможности возникновения нарушений устойчивости, определяются содержание и объем дальнейших наблюдений, устанавливаются оползнеопасные зоны.

Раздел 4. Мероприятия по обеспечению устойчивости откосов на карьерах.

В разделе освещаются предусмотренные проектом и выполненные мероприятия по обеспечению устойчивости откосов на карьерах (сеть нагорных и водоотводных канав, дренажные траншеи, заоткоска уступов, планировка поверхности, осушение, фильтрующая пригрузка, искусственное укрепление и одернование откосов и пр.). Описываются принятые за отчетный период мероприятия технологического характера по предотвращению опасных деформаций или уменьшению их отрицательного влияния на режим работы карьера и производительность вскрышных добычных и отвальных работ. Даются оценка эффективности проведенных мероприятий и рекомендации по дальнейшему развитию этих мероприятий, их совершенствованию и удешевлению.

6.3.3. Отчеты о наблюдениях за состоянием откосов на карьерах составляются на каждый карьер рудоуправления в отдельности, рассматриваются техсоветом и утверждаются главным инженером вышестоящей организации. Отчеты хранятся непосредственно на предприятии до его ликвидации (консервации), после чего сдаются в вышестоящую организацию, вместе с комплектом первичной, вычислительной и графической документации по наблюдениям за устойчивостью откосов.

6.3.4. Документация по наблюдениям за деформациями откосов на карьерах:

а) первичная документация:

журнал осмотра состояния откосов;

журнал зарисовок обнажений;

журнал замеров трещиноватости;

журнал геометрического нивелирования;

журнал тригонометрического нивелирования;

журнал измерения длин;

журнал специальных наблюдений.

Журналы составляются по формам, рекомендованным приложениями в соответствии с требованиями действующей "Технической инструкции по производству маркшейдерских работ". Привязка наблюдательных станций производится в журналах и ведомостях обязательной документации;

б) вычислительная документация:

ведомость вычислений превышений тригонометрического нивелирования ;

ведомость вертикальных смещений;

ведомость горизонтальных смещений;

ведомость скоростей смещения реперов;

специальные ведомости.

Ведомости составляются по формам, рекомендуемым приложениями в соответствии с требованиями действующей "Технической инструкции по производству маркшейдерских работ";

в) графическая документация:

сводный план горных разработок 1:2000, 1:5000 с указанием нарушений устойчивости;

схема наблюдательных станций;

схема мероприятий по обеспечению устойчивости откосов;

планы горных работ по уступам-горизонтам с нанесе-

нием нарушений устойчивости и участков возможных проявлений деформаций;

инженерно-геологические и гидрогеологические планы;

планы отвалов с нанесением мест возникновения нарушений устойчивости;

разрезы по участкам, подверженным нарушениям устойчивости;

разрезы по профильным линиям наблюдательных станций с графиками деформаций.

Графическая документация составляется в соответствии с действующими "Технической инструкцией по производству маркшейдерских работ" и "Условными знаками для горной графической документации" с учетом дополнений (приложение 18).

Приложение 1

Основные понятия и термины, используемые при изучении устойчивости откосов на карьерах

1. Абсолютное смещение горных пород - перемещение одной части горного массива относительно другой, неподвижной его части; определяется путем инструментальных маркшейдерских измерений и характеризуется вектором смещения.

2. Активная стадия развития деформаций откосов - период с момента появления видимых признаков разрушения массива горных пород до начала стадии затухания деформаций.

3. Анизотропная горная порода - горная порода, свойства которой в различных направлениях неодинаковы. Ярко выраженной механической анизотропией обладают многие осадочные породы (сланцы, глины), прочность которых вкрест наслоению в несколько раз выше, чем по наслоению.

4. Берма - (см.площадка уступа).

5. Борт карьера - боковая поверхность, ограничивающая карьер.

Б.К. в вертикальной плоскости может быть плоским, выпуклым, вогнутым и ломаным; в плане- прямолинейным и криволинейным (с выпуклостью в сторону выработанного пространства или в сторону подвигания горных работ). Различают рабочие и постоянные Б.К.; характеризуется Б.К. высотой и углом наклона.

6. Бровка - линия пересечения поверхности откоса уступа (яруса отвала) с поверхностью площадок (верхней или нижней), соответственно называемая верхней и нижней бровками. Нижняя бровка нижнего уступа называется контуром дна карьера, верхняя бровка верхнего уступа (линия пересечения откоса верхнего уступа с дневной поверхностью)- контуром карьера.

7. Величина сдвига горных пород (угол сдвига) -

отношение разности абсолютных смещений отдельных точек массива к расстоянию между ними по нормали к направлению смещения. Если векторы смещения отдельных точек массива не параллельны между собой, то при определении величины сдвига направления и величины векторов смещения подвергаются закономерному сглаживанию.

8. Величина смещения оползня (обрушения) - горизонтальное проложение пути, пройденного смещенными породами от нижней бровки откоса до направлению смещения.

9. Вектор смещения - направленный отрезок, изображающий в некотором масштабе абсолютное смещение отдельной точки дневной поверхности или массива горных пород в пространстве на определенный момент времени.При обработке маркшейдерских измерений В.С. строятся на каждую серию наблюдений, т.е. характеризуют смещение реперов за период между наблюдениями.

10. Вертикальные деформации - характеризуют изменение положения точек дневной поверхности или массива горных пород в вертикальной плоскости. Различают абсолютные и относительные В.Д., последние вызваны неравномерностью смещения точек (реперов) в вертикальной плоскости.

11. Виды нарушений устойчивости откосов - разрушающие деформации откосов уступов и бортов карьеров и отвалов: оползни, обрушения, оплывины и просадки, а также фильтрационные деформации - выпор, оплывание, суффозия, фильтрационный вынос вдоль трещин.

12. Время стояния откоса - измеряется промежутком времени, в течение которого откос находился в нерабочем состоянии. В.С. включает в себя продолжительность скрытой стадии деформаций откоса.

13. Вторичные подвижки - активизация ранее наблюдавшихся деформаций (главным образом оползней), возникающая в результате внешних воздействий (влияние подземных вод, выпадение атмосферных осадков, таяние снегов, уборка части оползших масс, внешней пригрузки и т.п.), нередко сопровождающаяся вовлечением в движение масс горных

пород, ранее не затронутых разрушающими деформациями.

14. Высота деформированного откоса - разность между максимальной и минимальной высотными отметками откоса до нарушения его устойчивости.

15. Глубина развития деформации - расстояние (по горизонтали) от первоначального положения верхней бровки (контура карьера) откоса до последней визуально прослеживаемой трещины в направлении, противоположном направлению движения смещенных масс.

16. Глубинный репер - (см.репер).

17. Горизонтальные деформации - характеризуют изменение положения точек дневной поверхности или массива горных пород в плане. Различают абсолютные и относительные Г.Д. Последние вызваны неравномерностью смещения отдельных точек (реперов) в плане, что приводит к сжатию или растяжению массива.

18. Графики сдвижений и деформаций - линии, изображающие в определенном масштабе распределение величин сдвижений и деформаций земной поверхности или горных пород на профильной линии. Различают графики (кривые): а) вертикального сдвижения (оседания); б) горизонтального сдвижения; в) сдвига горных пород; г) горизонтальных деформаций (сжатий и растяжений); д) скорости смещения.

19. Деформация горных пород - изменение формы и объема горных пород под действием различного рода сил (гравитационных, сейсмических, внешних пригрузок от горнотранспортного оборудования и т.д.). Различают упругие, пластические и разрывные деформации. При упругих деформациях после снятия нагрузки форма тела восстанавливается. Пластические и разрывные деформации необратимы. Большинство горных пород при повышении нагрузок претерпевает все три стадии деформирования. У глинистых пород упругая деформация практически отсутствует.

20. Динамическая нагрузка - кратковременное силовое воздействие на массив горных пород, вызванное работой

горнотранспортного оборудования, сейсмическим воздействием взрывных работ или землетрясениями. При недостаточном запасе устойчивости откоса Д.Н. может привести к его разрушению.

21. Длина по фронту оползания, обрушения, оплывины - протяженность уступов или борта карьера, подверженного разрушающей деформации. Измеряется наибольший размер нарушенного участка, повторяющий конфигурацию бровок откоса. В том случае, если нарушению устойчивости подвержено несколько уступов, указывается суммарная величина по всем горизонтам. Если нарушение устойчивости циклично развивается вдоль фронта работ - указывается общая длина вне зависимости от времени развития вторичных подвижек.

22. Закол - визуально прослеживаемая трещина на верхней площадке уступа или дневной поверхности, образовавшаяся в результате развития деформаций откоса.

23. Изотропная горная порода - горная порода, механические свойства которой в различных направлениях одинаковы.

24. Искусственное укрепление горных пород- мероприятия, направленные на повышение устойчивости горных пород в условиях их естественного залегания. Различают следующие методы придания горным породам повышенной прочности: а) механические (штанговое крепление, шпунты,сваи, тяжи, подпорные и контрфорсные стенки); б) цементационные (обжиг, цементация, смолизация, битумизация, силикатизация); в) изоляционные (торкрет-бетон, набрызг-бетон, одернование и лесопосадка, гидрофобизирующее покрытие из мылонафта и др.); г) комбинированные (например, электроосмос и термообработка, штанговое крепление и цементация, штанговое крепление и гидроизоляционное покрытие и т.д.).

25. Исходный репер - (см.репер).

26. Коэффициент запаса устойчивости - отношение суммы всех сил, удерживающих откос в равновесии, к сумме

всех сдвигающих сил, стремящихся вывести его из равновесия; действие этих сил во всех инженерных методах переносится на потенциальную (наиболее напряженную) поверхность скольжения. Для откосов эта величина принимается в пределах от 1,0 до 1,5; зависит от достоверности исходных данных при расчете, ответственности откоса и срока службы.

27. Коэффициент структурного ослабления - соотношение прочности горных пород в массиве и образце. Определяется опытным путем.

28. Маркшейдерская наблюдательная станция - совокупность реперов, заложенных по определенной системе на земной поверхности, уступах борта карьера или отвала с целью изучения, посредством систематических инструментальных маркшейдерских измерений, закономерностей деформирования горных пород в откосах.

29. Наблюдательная станция на борту карьера - совокупность реперов, заложенных по определенной системе на земной поверхности и уступах борта карьера с целью наблюдения за деформациями земной поверхности и откосов уступов.

30. Неполная серия наблюдений - комплекс измерений, в результате которых определяется положение реперов в одной из плоскостей (горизонтальной или вертикальной).

31. Обрушение - быстрое смещение породных масс или блоков и пачек пород, слагающих откос, сопровождающееся дроблением смещающейся части массива. Поверхность отрыва обрушающихся пород от основного массива, как правило, совпадает с различного рода нарушениями сплошности массива (крупные трещины, слоистость, тектонические нарушения и т.п.) и залегает под углом, большим угла внутреннего трения; поэтому после преодоления сил сцепления оторвавшийся массив не может удерживаться по этой поверхности силами трения и перемещается вниз к подошве откоса. Активная стадия обрушения протекает практически мгновенно.

32. Опасные деформации горных пород - деформации отвалов, уступов и бортов карьеров, площадок, а также прилегающей к карьеру территории, способные вызвать аварии горнотранс-

портного оборудования, ухудшающие условия работы, на карьерах, угрожающие безопасности работ в карьерах.

33. Оплывание - процесс разрушения горных пород,вызванный переносом и переотложением частиц пород подземными водами, вытекающими на откос.

34. Оплывина - перемещение в виде потока насыщенных водой до текучего состояния некоторых разновидностей песчано- глинистых пород нарушенной структуры (пылеватых песков и глин, а также лессовидных суглинков и лессов), которые растекаются по площадкам уступов под углом 4-6° и менее. Оплывина развивается довольно интенсивно, часто приобретая катастрофический характер.

35. Оползень - медленное смещение масс горных пород, слагающих откос (а нередко и его основание), происходящее в виде скользящего движения между смещающимися породами и неподвижным массивом. Наиболее крупный по размерам вид нарушения устойчивости откосов. Связан,главным образом, с наличием в толще горных пород слабых увлажненных слоев, контактов, даек, тектонических наруше-
ний.

36. Опорный репер -(см.репер).

37. Оседание - вертикальное смещение массива горных пород в результате сжатия, уплотнения или иных видоизменений горных пород, слагающих откос или его основание. Весьма широко 0. распространено на отвалах глинистых пород, где составляет до 30% от первоначальной высоты.Равномерное оседание, особенно связанное с консолиданией пород, в общем случае не представляет опасности.

38. Откос - наклонная часть поверхности открытой горной выработки или искусственной насыпи (отвала). В зависимости от вида горнодобывающего оборудования, откос может иметь плоский (экскаваторы - драглайны, многочерпаковые экскаваторы), вогнутый (прямая и обратная мехлопаты, цепные и роторные экскаваторы), ломаный (многочерпаковые экскаваторы) и сложный (роторные экскаваторы) профили.

39. Площадка (берма) уступа - горизонтальная часть

поверхности уступа карьера, служащая для размещения горнодобывающих механизмов, транспортных путей, водосборных средств и приема и размещения осыпей и скатывающихся с поверхности откоса отдельных глыб горной породы. В соответствии с этим различают рабочие, транспортные, предохранительные площадки. Ширина площадок определяется размерами горнотранспортных машин, правилами технической эксплуатации и устойчивостью горных пород.

40. Поверхность скольжения - поверхность в массиве борта карьера (откоса уступа или отвала), являющаяся геометрическим местом точек максимальных относительных сдвигов горных пород и отделяющая смещающуюся часть от основной неподвижной части массива горных пород. В большинстве случаев поверхность скольжения связана с наличием в массиве поверхностей прочностной анизотропии горных пород (*слабые контакты разнородных пород*, трещины, тектонические зоны и нарушения, относительно малопрочные слои и прослойки). При оценке устойчивости откоса путем расчета выделяют расчетную поверхность, по которой производится сравнение сдвигающих и удерживающих сил.

41. Полная серия наблюдений - комплекс измерений на наблюдательной станции, в результате которых может быть определено положение реперов в пространстве; полная серия наблюдений состоит из нивелирования реперов и измерения расстояний между ними.

42. Полный вектор смещения - (см. вектор смещения).

43. Предельная высота вертикального откоса ($H_в$) - *максимальная высота, при которой вертикальное обнажение* устойчиво.

44. Предельная деформация борта - предельная величина сдвига пород, слагающих борта карьера, предшествующая активной стадии развития деформаций.

45. Призма обрушения борта карьера (откоса уступа, отвала) - часть массива горных пород (отвальных масс), заключенная между бортом карьера (откосом уступа или от-

вала) и поверхностью скольжения. Достигнув состояния предельного равновесия, призма обрушения борта (откоса уступа, отвала) отрывается от массива по поверхности скольжения и смещения к основанию борта (уступа, отвала).

46. Противооползневые мероприятия - комплекс мер профилактического характера, направленных на предупреждение, локализацию и предотвращение опасных деформаций (не только оползневых) откосов отвалов, уступов и бортов карьеров.

47. Просадки - неравномерное вертикальное опускание площадок уступов и поверхности отвалов, сложенных высокопористыми рыхлыми породами естественной и нарушенной структуры под влиянием собственного веса, динамических нагрузок и т.п. При просадках обычно не образуется сплошной поверхности скольжения. Особым видом просадочных явлений считаются провалы под влиянием карстовых процессов и подземных разработок.

48. Профильная линия - часть маркшейдерской наблюдательной станции в виде прямой или ломаной линии, по которой расположены реперы по наблюдению за деформациями горных пород. Состоит из рабочих и опорных реперов, которые располагаются, как правило, по направлению предполагаемых подвижек потенциальных нарушений устойчивости.

49. Рабочий репер - (см.репер).

50. Расчетные характеристики - используемые при оценке устойчивости показатели физико-механических свойств горных пород.

51. Репер - закрепленная в натуре (на дневной поверхности, в массиве горных пород или в горной выработке) маркшейдерская точка с известными координатами. Различают исходные, опорные и рабочие реперы. В качестве исходных для наблюдений за деформациями горных пород в откосах служат пункты съемочного обоснования, полигонометрии 1-го и 11-го разрядов,триангуляции всех классов и микротриангуляции. Исходные реперы служат для развития сети наблюдательной станции, состоящей из отдельных профильных линий. Реперы профильных линий, заложенные вне

зоны деформирования земной поверхности, служат в качестве опорных для производства маркшейдерских наблюдений за положением в пространстве и времени рабочих реперов.

52. Скорость смещения точек массива - величина смещения рабочих реперов маркшейдерской наблюдательной станции за определенный отрезок времени по направлению вектора смещения. В зависимости от динамики процесса, скорости деформаций могут измеряться: м/час, м/сутки, мм/час, мм/сутки, мм/мес. Для характеристики степени опасности деформаций наиболее показательна скорость смещения в начальный период активной стадии деформаций.

53. Скрытая стадия развития оползня - период от начала развития микроподвижек в массиве до появления видимых признаков формирования оползня (появление трещин на земной поверхности, выпирание пород в основании борта карьера и т.д.). Скорость смещения точек массива к концу скрытой стадии 1-10 мм/сутки.

54. Стадия затухания оползня - период смещения оползневых масс с уменьшающейся скоростью до полного прекращения смещения.

55. Суффозия - вынос мелких частиц из массива горных пород под влиянием гидродинамических сил.

56. Трещина отрыва (H_{90}) - верхняя часть поверхности скольжения - ее вертикальная часть.

57. Угол наклона борта карьера - угол в плоскости, нормальной к простиранию борта карьера, между линией, соединяющей верхний и нижний контуры карьера, и ее проекцией на горизонтальную плоскость.

58. Угол откоса уступа - угол в плоскости, нормальной к простиранию уступа, между линией, соединяющей верхнюю и нижнюю бровки уступа, и ее проекцией на горизонтальную плоскость.

59. Уступ карьера - часть борта карьера в форме ступени.

60. Ущерб от нарушения устойчивости откоса - стоимость дополнительных работ по ликвидации последствий нарушения устойчивости; удорожание работ, вызванное снижением производительности добычных и транспортных средств; ухудшение качества полезного ископаемого в результате его разубоживания деформированными массами.

61. Ширина призмы обрушения - участок дневной поверхности или площадки уступа между бровкой и контуром потенциальной поверхности скольжения.

62. Ширина зоны деформирования земной поверхности - - расстояние от верхнего контура карьера до границы, за которой микродеформации не проявляются.

63. Ширина зоны заколов - расстояние от верхнего контура (бровки) карьера (уступа) до наиболее удаленного заскола или трещины.

64. Эквивалентный угол наклона борта выпуклого и вогнутого профилей - фиктивный угол наклона борта карьера плоского профиля, эквивалентный по объему вскрыши углам наклона бортов выпуклого и вогнутого профилей.

Приложение 2

Классификация инженерно-геологических комплексов горных пород по условиям устойчивости бортов карьеров

Характеристика комплексов	Характеристика комплексов по условиям сложности залегания пород		
	I-я подгруппа Простые	2-я подгруппа Средней сложности	3-я подгруппа Сложные
I	2	3	4
I группа Комплексы крепких скальных пород: прочность в образце $\sigma_{сж} > 800$ кг/см^2	Горизонтальное, пологое и наклонное залегание; выдержанность пород по мощности и простиранию; разрывные нарушения и дополнительная складчатость совершенно отсутствуют или весьма немногочисленны	Наклонное и крутое залегание; серия зон дробления и разрывные нарушения, иногда со значительным перемещением пород	Наклонное и крутое залегание, интенсивная складчатость, развитие дизъюктивных нарушений, значительное количество незакономерно расположенных тектонических трещин большого протяжения крутого и пологого падения; секущие формы интрузий.
	Печенгские месторождения, некоторые месторождения Кривого Рога, Атасуйское железорудное месторождение	Гороблагодатское и Леоякинское железорудные месторождения, Риддерское месторождение, Тишинское месторождение	Алтын-Топканское свинцово-цинковое, Абаканское железорудное месторождения; некоторые месторождения Кривого Рога, Дашкесанское железорудное месторождение
II группа Комплексы измененных скальных и полускальных пород со средней прочностью в образце: $\sigma_{сж}$=80-800кг/см^2	Спокойное горизонтальное или пологое залегание, слабая фациальная изменчивость пород и их малая нарушенность; преобладает нормальносекущая трещиноватость	Горизонтальное, пологое, наклонное и крутое залегание, осложненное рядом пликативных и дизъюнктивных нарушений; более сложный характер трещиноватости	Наклонное и крутое залегание, частое чередование пород, не выдержанных по мощности и простиранию, широкое развитие зон рассланцевания и перемятия пород; наличие серии надвигов и сбросов; незакономерное залегание сплошных трещин.

1	2	3	4
	Томь-Усинское и Грамотеинское месторождения Кузбасса	Месторождения: Коундарское, Кальмакырское, Сибайское и Блявинское, Кедровское (Кузбасс), Экибастузское угольное	Комплексы вмещающих пород месторождений: Зыряновского, Бакеновского, Николаевского, Кузбасса (Бачатского, Краснобродского, Киселевского), Уфалейских никелевых.
III группа Комплексы слабых пород, прочность в образце: $\sigma_{сж} \leq 80$ кг/см^2	Горизонтальное и пологое залегание, слабая фациальная изменчивость пород, относительно простые гидрогеологические условия (по вмещающим породам и по характеру залегания водоносных горизонтов)	Горизонтальное и пологое залегание, значительная фациальная изменчивость, довольно сложные гидрогеологические условия	Горизонтальное, пологое и крутое залегание, сильная фациальная изменчивость, развитие дизъюнктивных нарушений, сложные гидрогеологические условия
	Никопольский марганцевый бассейн, комплекс покровных отложений Соколовского, Сарбайского и Лебединского (КМА) железорудных месторождений, Часов-Ярское и Первомайское месторождения огнеупорных глин	Подмосковный буроугольный бассейн, Керченское железорудное месторождение, комплекс рыхлых отложений Зыряновского месторождения, Кушмурунское, Ирша-Бородинское, Назаровское, Итатское, Абанское, Березовское и Тигинское буроугольные месторождения	Северо-Уральские буроугольные месторождения, Южно-Уральский буроугольный бассейн; Боровичское месторождение огнеупорных глин.

Приложение 3

Классификация горных пород по их устойчивости в откосах

Группа пород	Общая характеристика	Основные представители горных пород этой группы	Основные показатели устойчивости откосов
I	2	3	4
I. Крепкие (скальные)	$\sigma_{сж}$ > 800 кг/см^2, слаботрещиноватые, слабовыветриваемые, не набухают, в бортах карьеров не подвергаются пластическим деформациям	Невыветрелые и слабовыветрелые изверженные и метаморфические породы, кварцевые песчаники, известняки и кремнистые конгломераты	Характеристики сопротивления сдвигу по поверхностям ослабления ρ и k' и элементы залегания этих поверхностей
II. Средней крепости	$\sigma_{сж}$ =80–800 кг/см^2, трещиноватые, интенсивно выветриваются, не набухают, не размокают, не пластичны	Выветрелые разности изверженных и метаморфических пород, глинистые и песчано-глинистые сланцы, глинистые и известковые песчаники, аргиллиты, алевролиты, мергели, известковые конгломераты и брекчии, известняк-ракушечник, угли	Характеристики прочности пород в образце ρ и k, по поверхностям ослабления ρ' и k'; элементы залегания поверхностей ослабления, характер и интенсивность трещиноватости
III. Слабые	$\sigma_{сж}$ ≤ 80 кг/см^2; набухают, размокают, пластичны, интенсивно выветриваются и осыпаются, оползают	Сильно выветрелые или полностью дезинтегрированные изверженные и метаморфические, а также выветрелые разности осадочных пород второй группы; некоторые виды сланцев, аргиллитов и песчаников (тальково-хлоритовые сланцы, "мыльники", красные песчаники Джезказгана и др.)	Характеристики ρ, k, ρ' k', интенсивность трещиноватости, залегания поверхностей ослабления; водонасыщенность и напорные воды

I	2	3	4
Несвязные (сыпучие)	Сцепление отсутствует; угол внутреннего трения и угол естественного откоса изменяются в пределах 28–38°; пластически не деформируются, не размокают и не оползают	Каменистые и щебеночные накопления у основания откосов пород первой и второй групп, чистые галечники и пески	Угол внутреннего трения (или угол естественного откоса), зависящий от коэффициента трения по поверхности частиц (обломков) и от их формы
Илы и плывуны	Сцепление менее 0,2 кг/см^2; в водонасыщенном состоянии внутреннее трение отсутствует	Современные илисто-глинистые, озерные, болотные и лагунные осадки, рыхлые водонасыщенные пылеватые пески и глины, водонасыщенные почвы, заторфованные осадки, водонасыщенные легкие и пылеватые суглинки	В откосах высотой более 3–5 м неустойчивы; не могут служить устойчивым основанием отвалов, оборудования и дорог.

Приложение 4

Методика производства натурных испытаний сопротивления сдвигу трещиноватых пород

Натурные испытания проводятся с целью изучения сопротивления срезу анизотропного массива, сложенного скальными, полускальными и песчано-глинистыми трещиноватыми породами, и заключаются в следующем. В массиве пород оконтуривают призму таким образом, чтобы она сохраняла связь с массивом по той поверхности, по которой необходимо определить характеристики сопротивления срезу.

К этой поверхности прикладываются нормальные и касательные силы, создаваемые, как правило, гидравлическими домкратами.

Если плоскость среза в призме располагается по поверхности сплошных трещин, контактов слоев или контактов древних оползней, то в этом случае определяется сопротивляемость массива срезу по поверхностям ослабления. При расположении плоскости среза под углом к направлению трещин и другим контактам ослабления определяется сопротивляемость массива срезу вкрест слоистости и трещиноватости.

При проведении натурных испытаний применяются две схемы нагружения. Первая схема нагружения (рис.1а) подобна схеме нагружения образцов пород при лабораторных испытаниях на "косой срез", когда нормальные и касательные напряжения на плоскости среза создаются одной силой, направленной под углом 20-45° к плоскости среза. Нагружение по этой схеме является наиболее простым и в основном применяется при испытании призм, оконтуренных на площадках или в откосах уступов карьеров.

По второй схеме (рис.1б) нормальные и касательные напряжения создаются независимо двумя домкратами. Ис-

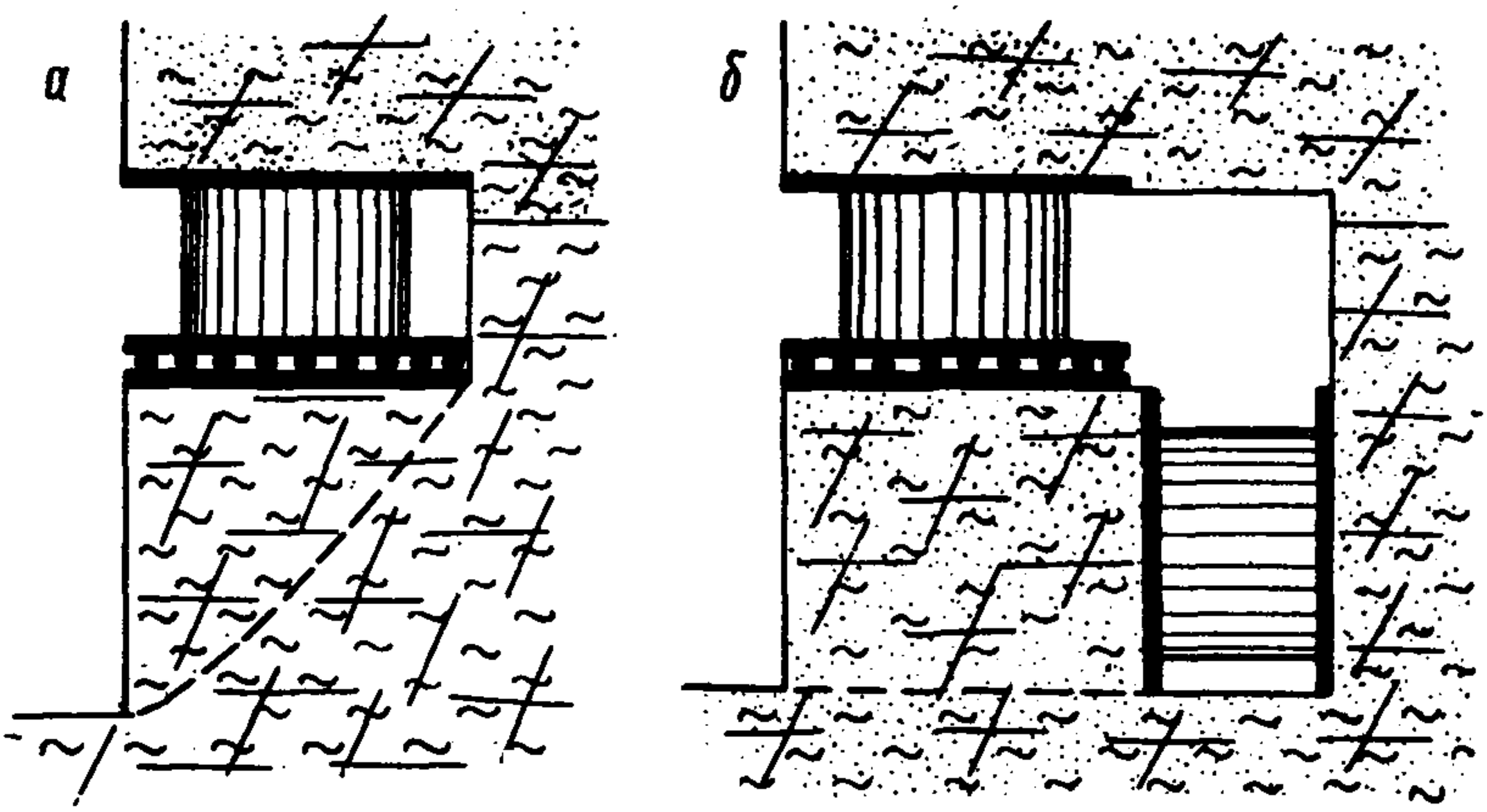


Рис.1. Схемы натурных испытаний

пытания по этой схеме проводятся чаще в подземных выработках или шурфах, где проще осуществить нагружение призм по двум взаимно перпендикулярным направлениям.

Нарезка призм в слабых породах производится вручную кайлом и специальными долотами, а в скальных и полускальных породах - пневматическими отбойными молотками, электросверлами и перфораторами.

После зачистки щелей в одну из них помещают гидродомкрат и с помощью насоса в него подают рабочую жидкость (воду или масло). Опыт считается законченным, когда давление в гидродомкрате перестает расти или начинает падать.

По окончании опыта производится зарисовка призмы, подсчитывается число структурных блоков, слагающих призму, и отбираются образцы для лабораторных опытов с целью определения прочностных характеристик в образце (куске).

Обработка результатов натурных испытаний производится в следующем порядке:

1. Тщательно замеряется поверхность среза, и определяется площадь среза.

2. Определяется угол между поверхностью среза и плоскостью нижней плиты домкрата.

3. Определяется усилие P, действующее на плоскость среза, являющееся геометрической суммой веса призмы вместе с оборудованием на ней и усилия, развиваемого домкратом:

$$P = P_1 \pm \Delta P; \quad P_1 = DS\mathfrak{k};$$

Где D - удельное давление жидкости в домкрате, определяемое по манометру, кг/см^2;

S - рабочая площадь цилиндра домкрата, см^2;

$\mathfrak{k}$ - коэффициент передачи давления (устанавливается при тарировке);

ΔP - вес призмы и домкрата с плитами, кг.

4. Величина сцепления массива по поверхности среза вычисляется по формуле

$$k = \frac{P}{S} \left(\sin \alpha - \cos \alpha \operatorname{tg} \rho \right),$$

где ρ - угол внутреннего трения, определенный лабораторными испытаниями образцов пород с мест натурных испытаний; α - угол между поверхностью среза и плоскостью нижней плиты домкрата.

В комплект оборудования для натурных испытаний входят: гидравлический домкрат с накладными стальными плитами толщиной 10-12 мм, гидравлический насос, роликовая постель, манометр и соединительная трубка высокого давления.

Гидравлический домкрат облегченной конструкции имеет следующие технические характеристики:

1. Грузоподъемность	70 т
2. Вес	35 кг
3. Рабочий ход поршня	12 см
4. Высота	20 см
5. Диаметр поршня	28,4 см
6. Наружный диаметр цилиндра	30 см

Ручной насос обеспечивает необходимую скорость подачи жидкости, так что продолжительность опыта может быть легко сведена до 5-10 мин.

Более детально методика проведения натурных испытаний, описание применяемой аппаратуры изложены в "Методических указаниях по производству натурных испытаний сопротивления сдвигу неоднородных, слоистых и трещиноватых пород" (Изд.ВНИМИ, 1965 г.)

Приложение 5

Значения коэффициента "а" для различных пород

Группа пород	Наименование пород и характер трещиноватости	Величина сцепления в монолите, кг/см^2	Величина коэффициента "а"
III	Слабоуплотненные и слаботрещиноватые песчано-глинистые отложения, сильно выветрелые полностью каолинизированные изверженные	4-9	0,5
	Уплотненные песчано-глинистые, в основном нормальносекущей трещиноватости	10-20	2
II	Сильно каолинизированные изверженные	30-80	2
	Уплотненные песчано-глинистые с развитой кососекущей трещиноватостью; каолинизированные изверженные	30-80	3
	Средней крепости слоистые преимущественно нормальносекущей трещиноватости	100-150	3
		150-170	4
		170-200	5
1	Крепкие, преимущественно нормальносекущей трещиноватости	200-300	6
		>300	7
	Крепкие изверженные с развитой кососекущей трещиноватостью	>200	10

Приложение 6

Перечень и объем лабораторных определений физико-механических свойств горных пород

Наименование испытаний	Какие породы испытываются	Количество испытаний	Краткая характеристика испытаний
I	2	3	4
I. С р е з	Слабосвязные песчаные и глинистые	От I2 до 48 испытаний для каждого однородного слоя	Быстрый срез на обычных одноплоскостных срезных приборах при нормальных нагрузках, достигающих 0.8 Н γ (53,69).
2. Трехосное сжатие	Слабые и средней прочности	Дополнительные испытания к испытаниям на срез	"Недренированные испытания" в стабилометрах при боковом давлении до 0,4 Нγ (53)
3. Угол естественного откоса	Сыпучие	4 - 6	В сухом состоянии и под водой высота откоса не менее чем в I00 раз должна превышать средний диаметр частиц (4,38,5I,72)
4. Одноосное сжатие	Крепкие и средней прочности	От 9 до 30 испытаний для каждой литологической разности	Высота образца в два раза больше диаметра. Сжатие между неровноватыми плитами (53,69,72)
5. Предел ползучести	Песчано-глинистые и глинистые	Не менее 50% от количества испытаний, указанного в п. I	По методике ВНИМИ путем наблюдений деформаций при снижении напряжений до затухания ползучести (53,69)
6. Компрессия и водопроницаемость	Глинистые	2–4 для каждого слоя	Компрессионные приборы диаметром 70 мм, при нагрузках до Нγ ; обратная ветвь до полной разгрузки и полного набухания (4,33,49,5I,55 57,70,72)

I	2	3	4
7. Естественная влажность и пористость	Все разновидности	Определяются при всех испытаниях, указанных в п.п. I-6	Влажность при высушивании при 105-110° в течение 5-6 часов (33,51,72, 57,4)
8. Объемный вес	То же	То же	Методом непосредственных измерений образцов, испытываемых на срез и сжатие, методами режущих цилиндров и парафинирования (4,33,49,51,55,57, 70,72)
9. Удельный вес	Все разновидности пород	I0-I5% от количества испытаний, указанных в п.п. I-6	Пикнометрическим методом (4,33,51, 57,72). Засоленные разности-пикнометрическим методом с применением нейтральных жидкостей: керосин, бензин, спирт, толуол и т.п. (51)
I0. Гранулометрический состав	Несвязные песчаные	I0-I5% от количества испытаний, указанных в п.п. I-3	Методами: визуальным, ситовым, комбинированным (33,72,4).
	Глинистые	-"-	Методами: пипеточным и редко-ареометрическим (33,70,72,4)
II. Минералогический состав	Крепкие, средней крепости и сцементированные разности	I-2 для каждого слоя	
	Несвязные песчаные	-"-	Оптическим методом-просмотром в бинокулярную лупу и иммерсионным методом (57)
	Глинистые	-"-	Методом окрашивания, термического анализа, методом электронной микроскопии, методом рентгенографического анализа и редко валового химического анализа (41,57)

I	2	3	4
I2. Пределы и число пластичности	Глинистые	Определяются при всех испытаниях, указанных в п.6	Предел текучести–балансирным конусом Васильева; предел пластичности–методом раскатывания грунта в проволоку и оба предела–пенетрацией конуса.
I3. Капиллярная и максимальная молекулярная влагоемкость	Несвязные песчаные	I0–I5% от количества испытаний, указанных в п.I	Методами высоких колонн путем непосредственного наблюдения (4,33,72)
	Глинистые	-"-	Методами влагоемких сред (4,33,70, 72)
I4. Коэффициент стойкости	Средней прочности и крепости	I–2 для каждой литологической разности	Путем сравнения прочности естественной и после многократного увлажнения и высушивания, а также замораживания и оттаивания.

ПРИМЕЧАНИЕ: В 4–й колонке цифрами обозначены номера работ в списке литературы, в которых дано обоснование объема и методики соответствующего вида испытаний.

Целесообразно для пород средней крепости и слабых проводить определения: бокового распора (2–3), предельной деформации сдвига (3–4), водоотдачи (2–3) и начального градиента фильтрации (2–3).

Приложение 7

Физико-механические свойства некоторых горных пород

Литологическое наименование горных пород	Физико-механические характеристики					Размер элементарного структурного блока, м
	объемный вес, г/см^3	удельный вес, г/см^3	влажность, %	сцепление в образце, кг/см2	угол внутреннего трения	
I	2	3	4	5	6	7
	I. К р е п к и е п о р о д ы					
	Изверженные (К $\geqslant$ 300 кг/см^2)					
Гранитоиды	2.62			425	36°30'	
Кварц. порфиры	2.56	2.64	0.36	395	37°	0.40
Сиениты	2.76		0.87	363	37°	0.40
Гранодиориты	2.68	2.78	0.39	560	32°	0.50
Порфиры	3.02		0.50	365	38°	0.45
Габбро-диориты	2.70			373	35°30'	
Габбро	3.II			300	36°	
Габбро-диабазы	2.86			358	32°	0.80
Диабазы	2.95			460	30°	
Перидотиты	2.80			323	36°	0,70
Пироксениты	3.28			350	35°30'	
	Метаморфические (к > 200 кг/см^2)					
Кварциты	2.64	2.84	0.50	350-700	36°	0,5-0,7
Джеспилиты	3.43			360	35°	0.40
Роговики	2.58			305	35°	0.40
Роговики гидрогематитовые	3.I7			300	32°	0.40
Сланцы кремнисто-глинистые	2.82		0.24	380	38°30'	0.30
Сланцы кварцево-хлорито-серицит.	2.73			2I0	33°	0.30
Филлиты, туффиты	2.87			300	28°	0.40
Серпентиниты	2.7-3.I		0.40	230-800	35°	0.6-I.0
Скарны	2.75		0.28	587	3I°	0.4-0.5
	Осадочные (к < 200 кг/см^2)					
Известняки	2.70	2.77	0.I4	220	33°	
	II. П о р о д ы с р е д н е й п р о ч н о с т и					
	Изверженные маловыветренные (к < 300 кг/см^2)					
Гранитоиды	2.56			220	36°30'	0.3-0.5
Кварцевые порфиры	2.50	2.64	0.20	227	34°	0.3-0.5
Сиениты, сиенито-диориты, диориты	2.50	2.66	I.00	205	32°	0.3-0.5
Гранодиориты, гранодиорит-порфиры	2.57	2.75	I.05	285	36°30'	0.50

I	2	3	4	5	6	7
Порфиры	3.00			260	37°	
Габбро-диориты	3.00			210	36°	
Габбро	2.83			275	35°	
Габбро-диабазы	2.98			260	36°30'	
Диабазы	2.75			200–260	36°–37°	
Спилиты				240	36°	0.70
		Изверженные выветрелые		(к=20–200 кг/см^2)		
Сиенито-диориты				120	32°	
Кератофиры				165	33°	
Гранодиорит-порфиры	2.40	2.74	0.90	180	36°	0.3–0.5
Порфириты				170	31°	
Габбро-диориты	2.66			180	36°	
Диабазы				70	34°	
		Метаморфические (к=20–200 кг/см^2)				
Кварциты	2.61	2.78	0.40	165	34°	0.5–0.7
Кварциты каолинизированные	2.24	2.59	0.94	48	30°	0.2–0.3
Сланцы песчано-глинистые	2.78			180	37°	0.40
Сланцы хлорито-кварцевые и хлоритовые	2.86			140	35°	0.30
Филлиты	2.86			152	27°	0.30
Тальково-Карбонатная порода	2.89			115	30°	
Магнетиты	4.32			190	34°	0.2–0.3
Серпентиниты выветрелые	2.50			84	34°	0.2–0.3
Серпентиниты рассланцованные, сильно выветрелые	2.50			28	25°	0.05–0.3
		Осадочные (к=20–200 кг/см^2)				
Известняки	2.44			140		
	2.67	2.88	0.1–4.0	165	27–32°	0.3–0.8
Известняки выветрелые	2.37			73	32°	
Песчаники аркозовые	2.46			175	38°	
Песчаники глинистые	2.67			170	37°	
Песчаники с карбонатным цементом	2.57	2.68	2.27	170	36°	0.40
Песчаники с глинисто-железистым цементом	3.31	2.70	2.70	87	35°	0.30
Песчаники	2.58	2.75		50–90	35°	0.3–0.8
Алевролиты	2.51	2.72	4.00	35–70	38°	0.35–0.7
Аргиллиты	2.45	2.80	8.00	40	29°	0.3–0.45
Уголь	1.26–1.58		5.05	25	36°	0.08–0.6

I	2	3	4	5	6	7
			Слабые породы ($R \leq 20$ кг/см^2)			
			Сильновыветрелые:			
Габбро-диориты	2.40			I4.8	36°	
Сланцы	2.I2		I8.0	I.2-I8.6	26-30°	
Песчаники				7.5	36°	
Диабазы	2.07		I9.6	3.2	34°	
Доломиты, сидериты	2.00		3I.6	I.39	32°	
			Осадочные			
Песчаники	2.II	2.65	II.0	II.0	35°	
Алевролиты	2.I8	2.48	20.0	3-I7	3I°	
Аргиллиты	2.02	2.67	I8.0	3-I0	29°	
Песок разнозернистый	2.04	2.65	I6.5	0.0-0.2	35°	
Песок среднезернистый	I.75	2.64	I7.0	0.I-0.I5	33-34°	
Песок мелкозернистый	I.96	2.68	28.0	0.I-0.35	3I-32°	
Песок тонкозернистый	I.80	2.66	I7.0	0.28	30°	
Песок глинистый уплотненный	2.08	2.65	I8.0	0.45-0.8	26-32°	
Песок глинистый мелкозернистый	I.80		40.0	0.4-0.70	28-30°	
Песок глинистый тонкозернистый	I.99	2.67	23.0	0.35-0.6	26-28°	
Супесь	I.80	2.66	I8.0	0.I7	30-34°	
Суглинок пылеватый лессовидный	I.76	2.68	I6.0	0.35-0.65	27-32°	
Суглинок пылеватый	I.90	2.69	2I.0	0.23-0.4	23-27°	
Лессы	I.75			I.00	29°	
Мел трещиноватый	I.90	2.64	3I	I.40	35°	
Мел переотложенный	I.92	2.70	26	0.5	35°	
Глина брекчиевидная	2.I9		I5	I.6-7.6	28°	
Глина бокситовидная	2.20		I3	I.25-4.I	27°	
Глина опоковидная	I.64	2.55	46	I.35	28°	
Глина песчаная	2.02	2.70	22	0.5-I.25	I8-28°	
Глина плотная	I.98	2.69	25	I.3-3.5	I6-25°	
Глина пестроцветная	I.96	2.70	27	0.8-I.5	I4-I8°	
Глина коры выветривания	I.94	2.78	26	I.00	I5-I7°	
Глина плотная пылеватая	I.96	2.70	25	0.6-I.75	9-I5°	
Глина плотная лигнитовая	I.96	2.43 2.98	30	I.75	I3° 9°	
Глина пластичная	I.9I	2.64	26	0.50		

Примечание: Значения величины сцепления и угла внутреннего трения, указанные в приложении, получены по данным испытаний вкрест слоистости, величины углов внутреннего трения по слоистости даны в приложении 8.

Приложение 8

Величины углов трения по поверхностям ослабления

Наименование пород	Углы трения в зависимости от характера поверхности			
	неровные шероховатые	ровные шероховатые	неровные гладкие	ровные гладкие
Порфиры, роговики, джеспилиты, песчаники	28–31°	24–28°	22–27°	20–26°
Вторичные кварциты, гранодиориты, кварцевые порфиры, гранодиоритпорфиры, скарнированные породы, сиениты, диориты, алевролиты	25–28°	22–25°	20–23°	17–20°
Известняки, метаморфические слайцы, магнетиты	24–27°	23–25°	20–22°	16–19°
Глинистые сланцы, аргиллиты	23–26°	21–23°	18–20°	15–18°
Филлиты, талько-хлоритовые и серицитовые сланцы	23–25°	20–22°	13–15°	9–12°

Приложение 9

Методика отбора образцов из инженерно-геологических скважин

Сохранение естественной структуры, плотности-влажности пород является основным условием качественного отбора образцов из инженерно-геологических скважин.

Перед извлечением керна песчано-глинистых пород из скважины бурение осуществляется без подачи промывочной жидкости ("всухую") с тем, чтобы заклинить керн в колонковой трубе. Интервал породы, пройденной без промывочной жидкости, при извлечении его из колонковой трубы не отбирается, поскольку естественная структура в этом интервале нарушена. При извлечении керна из колонковой трубы не следует выколачивать керн, поскольку при ударах происходит нарушение его природной структуры.

Из колонковой трубы керн необходимо выдавливать промывочным раствором.

По каждому визуально однородному слою следует отбирать от 100 до 200 см керна при мощности слоя до 3-5 м.

При мощности слоев более 3-5 м образцы отбираются из каждого 3-5-метрового интервала; на каждом интервале отбирается не менее 2-х образцов - монолитов длиной 15-20 см.

Отобранные образцы из керна тщательно очищаются ножом от глинистого раствора (за исключением водонасыщенных песчаных разностей пород) и при отправке в лаборатории парафинируются 3-4 слоями парафина, слоем смоченной в парафине плотной бумаги, а сверху покрываются слоями марли и парафина. Могут применяться и другие материалы для изоляции: парафино-восковая мастика, гудрон с добавкой минерального масла и эмалевая краска по ткани. Образцы парафинируются не позже, чем через 2-3 часа после извлечения из скважины; в течение

этого времени они должны быть защищены от высыхания и замораживания (замораживание недопустимо в течение всего времени их хранения). Запарафинированные образцы транспортируются в ящиках с опилками.

Приложение 10

Ускоренный метод определения предела ползучести горных пород

Методика ограничения зоны напряжений, вызывающих деформации ползучести (определения предела ползучести), подробно освещена в "Методическом пособии по изучению инженерно-геологических условий месторождений, подлежащих разработке открытым способом" (изд.ВНИМИ, 1965 г.).

Ускоренно предел ползучести горных пород определяется:

1) по графику зависимости между напряжениями и деформациями, вызванными этими напряжениями;

2) проведением в срезных приборах и стабилометрах опытов с разгрузкой.

По результатам обычных испытаний образцов пород в срезных приборах, сопровождающихся замером деформаций при разных ступенях нагрузок, строятся графики зависимости деформаций от срезающих нагрузок (рис.1). На-

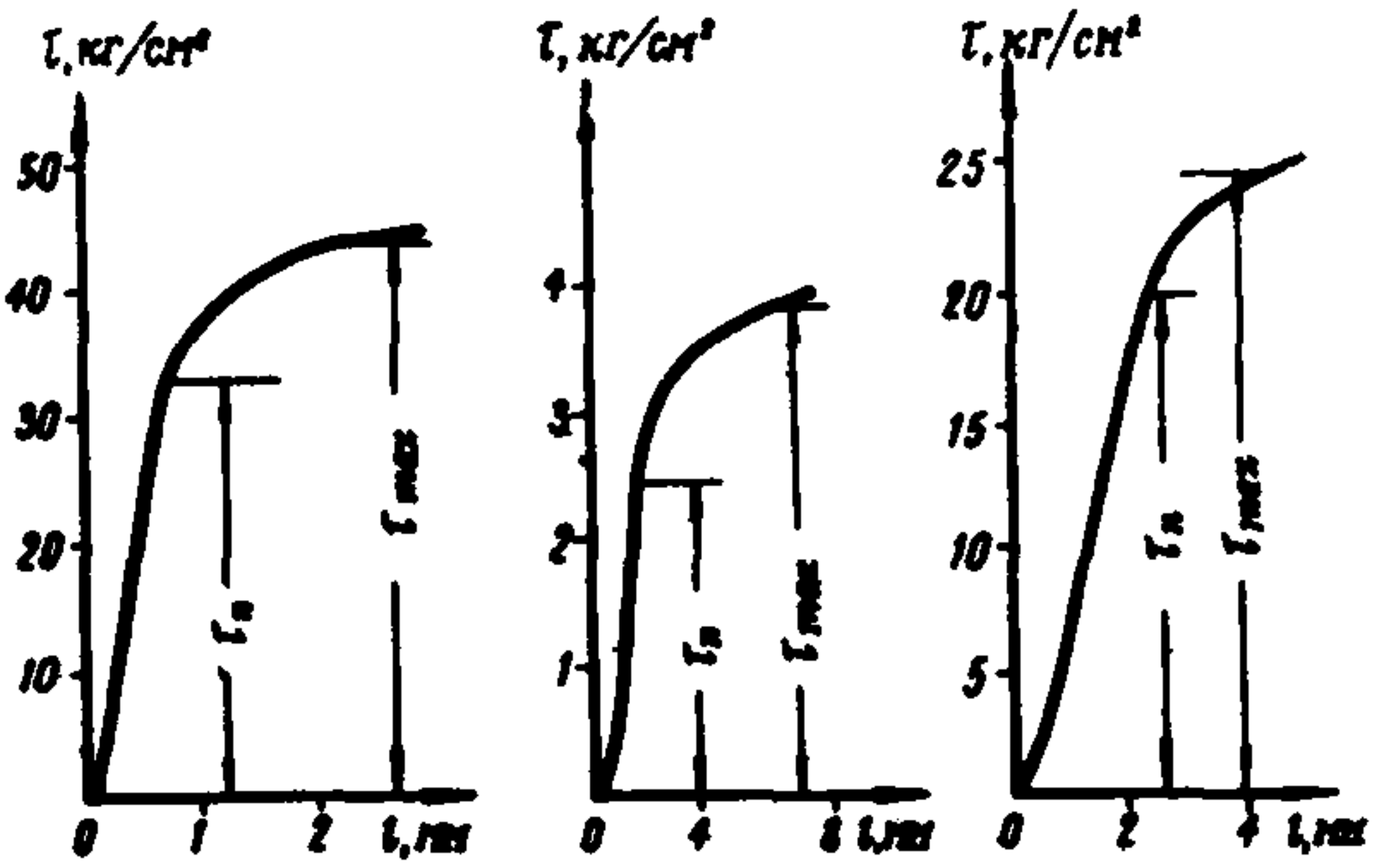


Рис.1. Графики зависимости деформаций образца породы от срезающих нагрузок

пряжения, при которых скорость деформаций возрастает, приближенно определяются по перегибу кривой и соответствуют пределу ползучести испытываемой породы.

При испытании в стабилометре при постоянном боковом давлении или в приборе "косого среза" вертикальное давление подается ступенями.

При вертикальном давлении, которое вызывает деформацию со скоростью 2-3 μ /сек, нагружение образца прекращают и проводят наблюдение за затуханием деформации. Напряжение, при котором деформация образца прекращается, принимается за предел ползучести (рис.2).

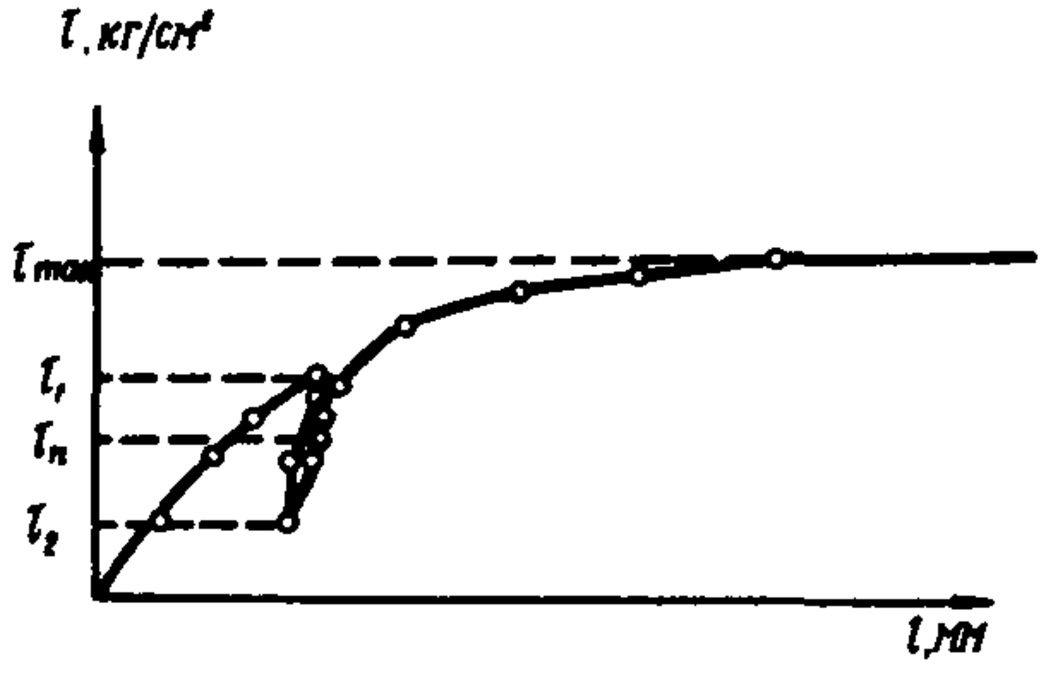


Рис.2. График зависимости деформаций образца породы от срезающих нагрузок в опытах с разгрузкой

В дальнейшем опыт может быть продолжен до полного разрушения образца.

При испытаниях образцов песчано-глинистых пород с разгрузкой в обычных срезных приборах опыты на срез начинаются по схеме быстрого среза- сдвигающая нагрузка увеличивается ступенями до тех пор, пока она не вызовет непрерывной деформации (скорость ~ 2-3 μ /сек); затем начинают уменьшать ее небольшими ступенями.

Сдвигающая нагрузка уменьшается до тех пор, пока дальнейшее уменьшение ее не вызовет обратную деформацию образца - упругое восстановление (рис.2).

Величина касательного напряжения, при котором прекращается рост деформации среза, и является пределом ползучести.

При проведении испытаний отдельные ступени загрузки и разгрузки прикладываются через 60 сек, отсчеты деформации берутся через 30 сек. Продолжительность опытов на срез с разгрузкой увеличивается на 4-5 мин. по сравнению со временем обычных исиытаний на срез (8-10 мин.).

Приложение 11

Схема измерения длин интервалов с использованием жестких отвесов

При измерениях расстояний между реперами вынос центров скрытых реперов следует осуществлять с помощью специального жесткого отвеса типа ОЖ-3 конструкции ВНИМИ.

Принципиальная схема отвеса показана на рис.1, где 1-основание отвеса, 2-труба с головкой, 3-зажим, 4-крышка, 5-сферический шарнир, 6-диск и 7-ножки.

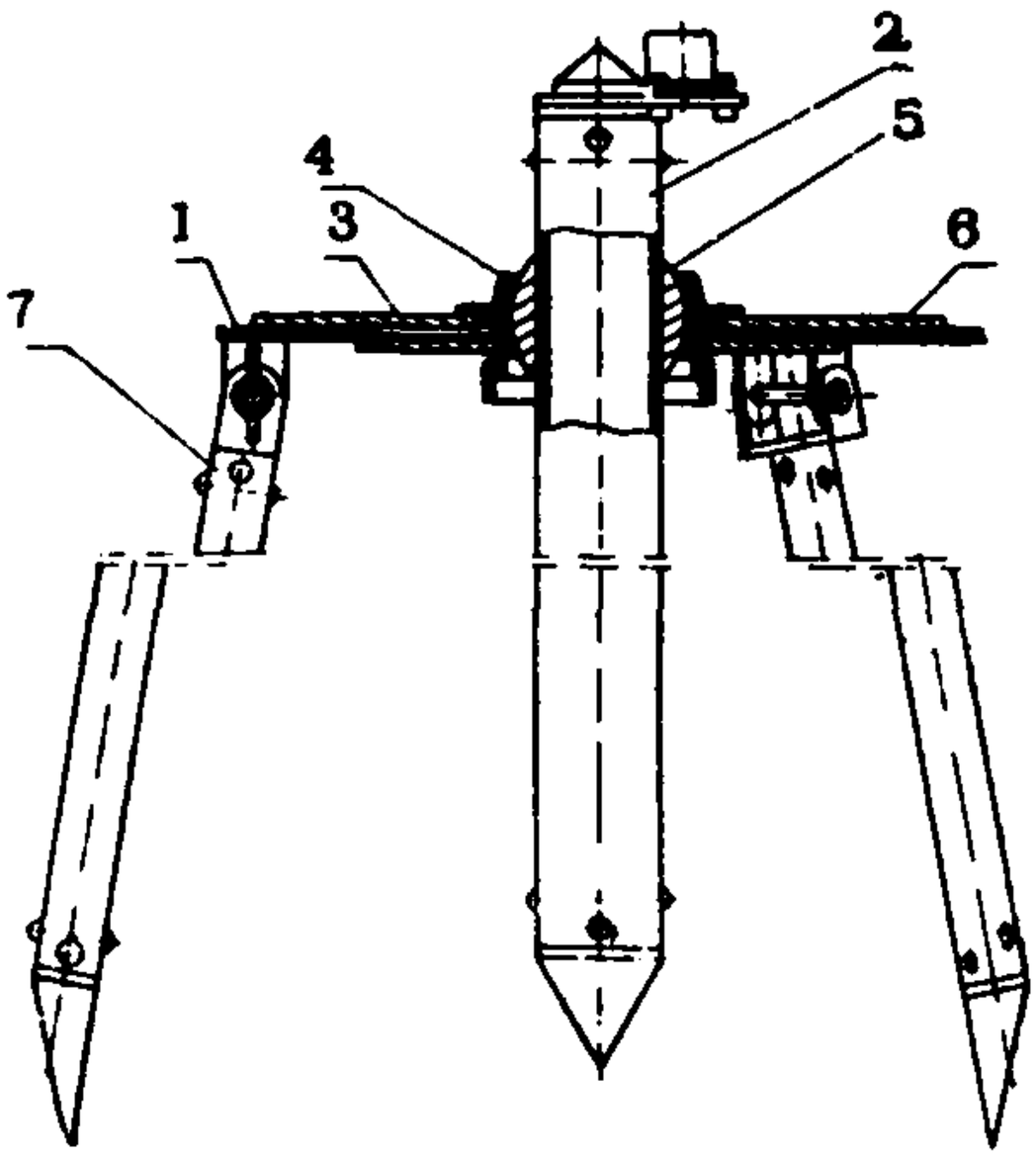


Рис.1. Жесткий отвес ОЖ-3

Радиус перемещения стержня отвеса без перестановки треноги составляет около 5см, что обеспечивает возможность быстрого центрирования отвеса.

Отвес типа ОЖ-3 имеет круглый уровень чувствительностью примерно 15' ; длина стержня отвеса составляет 692 мм, что обеспечивает вынос центра скрытого репера с ошибкой, не превышающей 0.7-0.8 мм.

Отвес изготовляется опытно-экспериментальным заводом ВНИМИ.

Для повышения производительности работ при измерении длин интервалов между реперами с использованием жестких отвесов бобина (4), на которую наматывается рулетка, закрепляется на станке (5) с ручкой (6) и раздвижным упором (7). Схема измерения длин интервалов показана на рис.2.

Влияние ветра, росы, загрязнений рулетки на точность

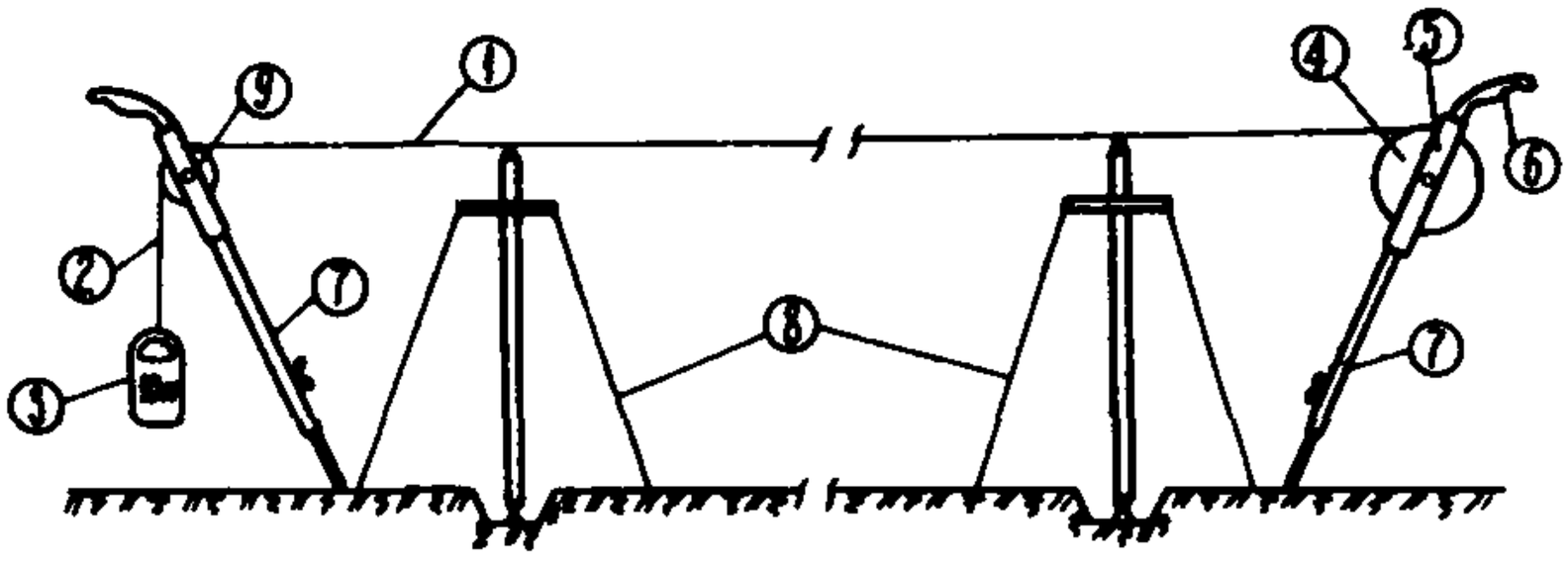


Рис.2. Схема измерения длины интервала с использованием жестких отвесов и упорных станков: 1-рулетка, 2-проволока для закрепления груза, 3-груз, 4-бобина для рулетки, 5-упорный станок с ручкой (6) и раздвижным упором (7), 8-жесткие отвесы, 9-блок для проволоки с грузом

измерений значительно уменьшается при применении специальной компарированной проволочной рулетки. Проволочная рулетка представляет собой рояльную проволоку диаметром 0,8 мм с напаянными через 1 м марками, наматывающуюся на бобину (4). На переднем конце рулетки закрепляется отрезок ленточной рулетки длиной 1 м с миллиметровыми делениями /32/.

Приложение 12

Характеристика развития оползневых деформаций откосов на карьерах

Изменение напряженного состояния горных пород после проходки горных выработок приводит к тому, что практически при любых коэффициентах запаса устойчивости бортов они деформируются.

При напряжениях вдоль наиболее напряженной поверхности (поверхности скольжения), не превышающих предела ползучести горных пород, борта карьера испытывают лишь затухающие пластические деформации, которые активизируются при отработке каждого нового горизонта, а затем постепенно затухают, подобно тому как затухают деформации с течением времени после приложения новой ступени касательной нагрузки при лабораторных испытаниях пород на сдвиг и срез.

При напряжениях для всех слоев пород более предела ползучести затухающие деформации бортов с течением времени могут смениться деформацией с постоянной скоростью, которая со временем может перейти в деформацию с возрастающей скоростью, заканчивающуюся обрушением или оползанием борта.

Завершение активной стадии деформирования зависит главным образом от геологического строения борта и механических и деформационных свойств пород, слагающих борт.

В однородных откосах, сложенных слабопластичными породами с прочными структурными связями, активная стадия заканчивается, как правило, обрушением откоса. В откосах, сложенных пластичными породами, активная стадия деформирования растянута во времени и протекает относительно более спокойно.

По мере того как оползневое тело при скольжении по криволинейной поверхности перемещается на более пологую

ее часть, скорости смещения затухают (затухающая стадия), а затем наступает и полное прекращение деформаций.

На основе результатов наблюдений за деформациями бортов карьеров и моделирования откосов эквивалентными материалами установлена схема развития оползневого процесса в однородном откосе, сущность которой состоит в следующем.

Поверхность скольжения формируется в области максимальных деформаций сдвига - в приборговом массиве горных пород.

Абсолютная величина относительно сдвига, достигая максимального значения вблизи потенциальной поверхности скольжения, плавно уменьшается с удалением от поверхности откоса в глубь массива.

Ширина зоны сдвига в направлении от земной поверхности к основанию откоса сокращается, однако концентрация изолиний смещения в зоне формирования потенциальной поверхности скольжения происходит таким образом, что величина максимального сдвига, предшествующая обрушению, вдоль поверхности скольжения остается постоянной. Зона деформаций распространяется на значительное расстояние от верхней бровки откоса, равное 1,2-1,5 H (H-высота откоса).

В основании откоса зона деформаций распространяется на расстояние, примерно равное 0,3 H, от нижней бровки откоса (рис.1).

При наличии в откосе крупных тектонических нарушений, слабых прослойков и других поверхностей ослабления, а также пластичных слоев, характер развития деформаций изменяется и в каждом конкретном случае будет зависеть от положения плоскости ослабления либо слабого слоя в откосе.

Характер деформирования откоса при наличии крутопадающей и горизонтальной поверхностей ослабления представлен на рис.2.

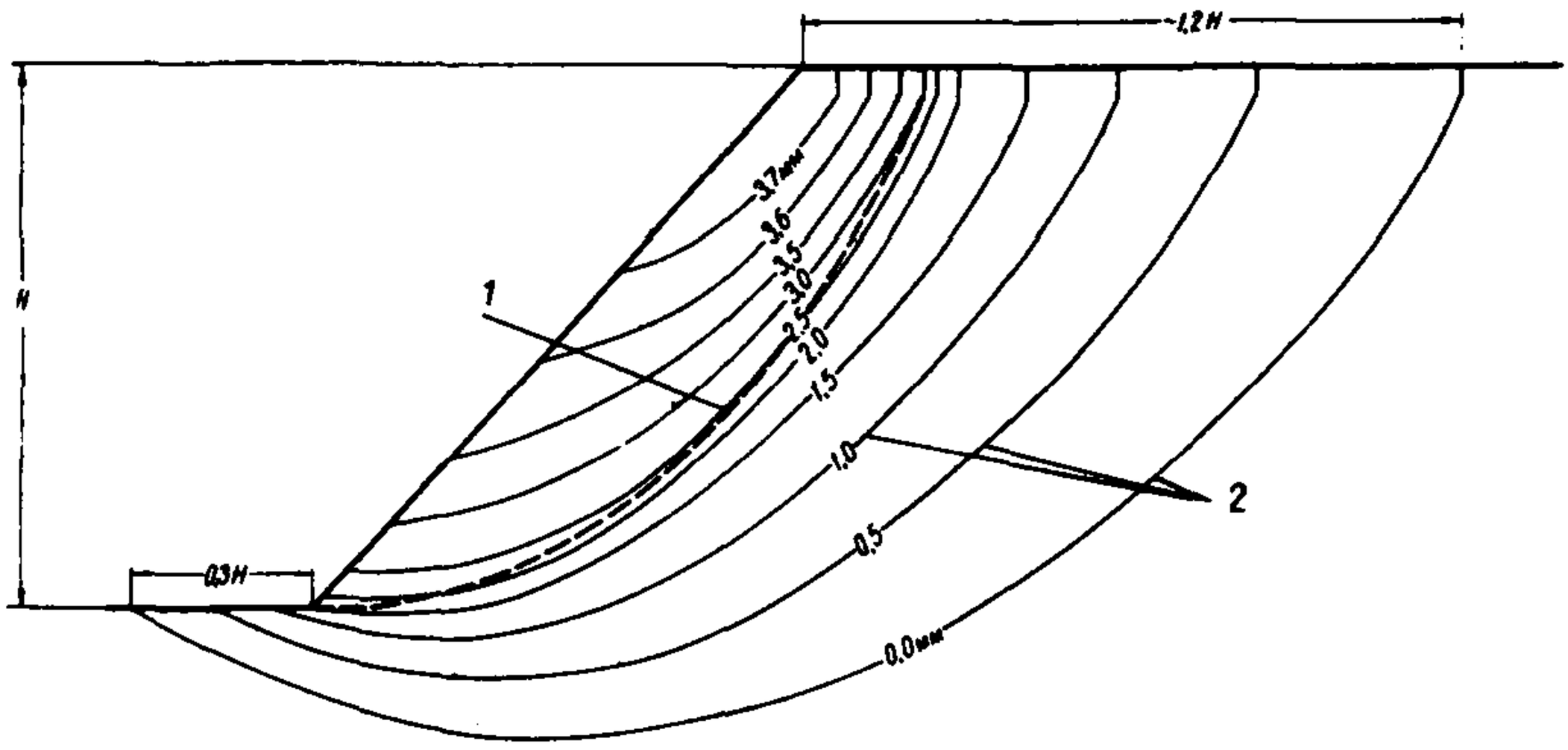


Рис.1. Схема развития деформаций в однородном откосе (по результатам моделирования)
1-потенциальная поверхность скольжения;2-изолинии смещени

Развитие оползней надвига и выпирания при наличии в основании откоса горизонтального слабого контакта или слабого пластичного слоя отличается рядом особенностей. Исследованиями установлено:

1) уже в период развития микроподвижек формируется клин активного давления, а в основании откоса,при наличии недобора, - вал выпирачия ;

2) в процессе деформирования клин активного давления, внедряясь в массив, сдвигает призму упора по контакту; клин активного давления и призма упора перемещаются поступательно; на границе призмы упора и клина активного давления проявляется семейство поверхностей скольжения;

3) призма, пригружающая контакт в основании откоса (недобор), при его деформировании испытывает сжатие, вследствие чего поверхность скольжения выходит в подошву откоса под углом $45^{\circ} - \rho/2$;

4) угол наклона боковых поверхностей скольжения клина активного давления составляет $\omega = 45^{\circ} + \rho/2$ при $\rho' = 0^{\circ}$; при $\rho' \neq 0$ поверхности скольжения клина актив-

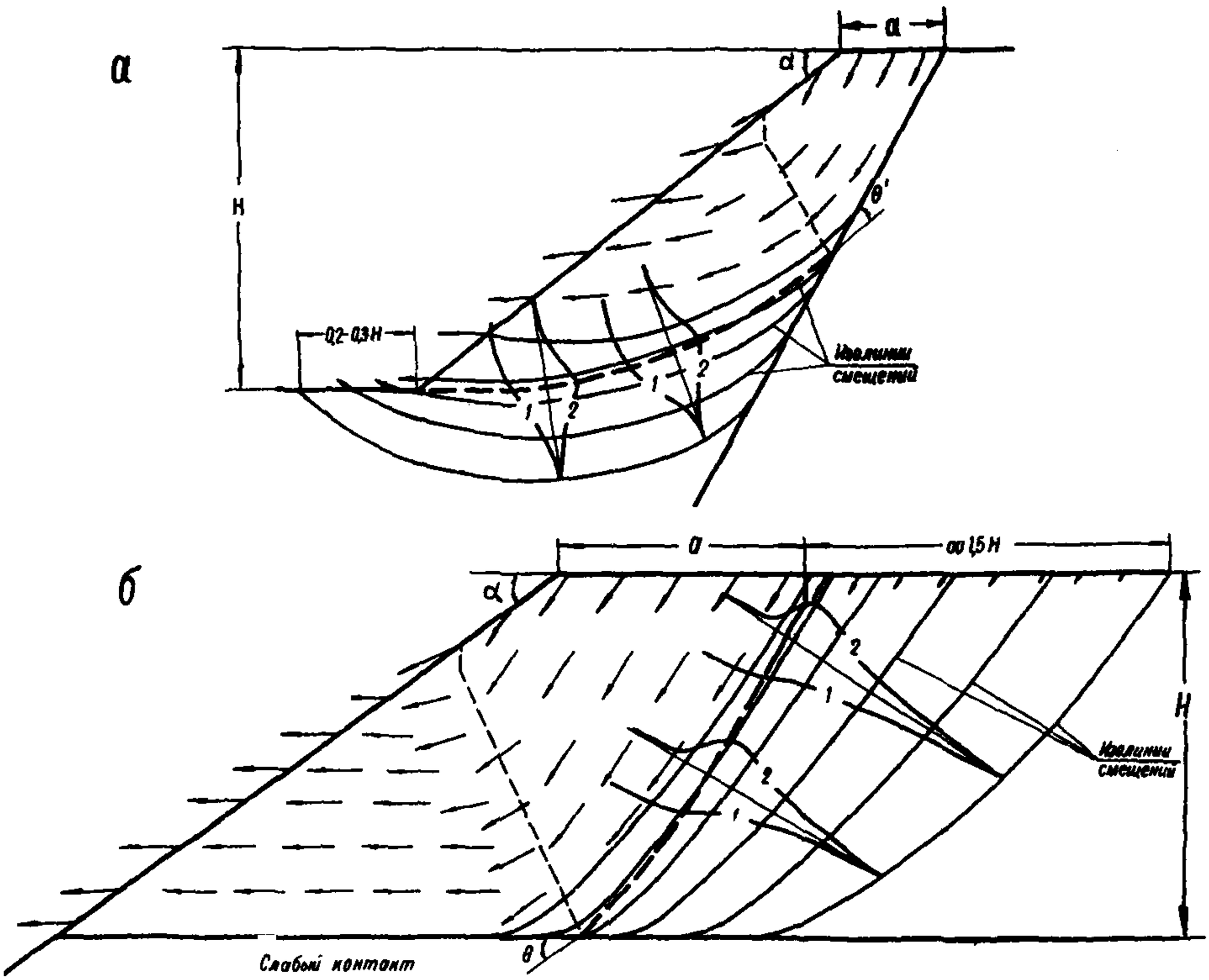


Рис.2. Развитие деформаций в откосе: а) при наличии крутопадающей поверхности ослабления; б) при наличии горизонтальной поверхности ослабления в основании откоса

1-графики смещений; 2-графики сдвигов

ного давления в нижней части имеют криволинейную форму; угол встречи поверхности скольжения клина активного давления со слабым контактом следует вычислять по формуле:

$$\left.\begin{matrix}\theta\\ \theta'\end{matrix}\right\} = \frac{\pi}{4} \pm \frac{1}{2}(\rho - \rho') - \frac{1}{2}\arcsin\left[\frac{\sin\rho'}{\sin\rho}\left(1 - \frac{k\,ctg\,\rho - k\,ctg\,\rho'}{k\,ctg\,\rho + \delta_n}\right)\right],$$

где ρ – угол внутреннего трения породы, слагающей откос, град;
k – сцепление породы, т/м^2;
ρ' – угол трения по контакту, град;
k' – сцепление по контакту, т/м^2;
σ_n – нормальное напряжение на поверхности скольжения в месте встречи ее с контактом, т/м^2;

б) ширина зоны деформирования откоса по поверхности в 2,0–2,5 раза превышает высоту откоса.

Исследованиями характера деформирования откоса с мощным пластичным слоем в основании установлено, что поверхность скольжения перед срывом оползня четко проявляется на всем протяжении, в том числе и на участке, где она проходит по пластичному слою. На контакте с пластичным слоем происходит излом поверхности скольжения (рис.3); угол излома равен $\psi = \frac{\rho_1 - \rho_2}{2}$. Поверхность скольжения в пластичном слое имеет плавную криволинейную форму, а призма упора смещается с вращением по этой поверхности, поэтому клин активного давления при развитии оползней выпирания при этих условиях проявляется менее четко.

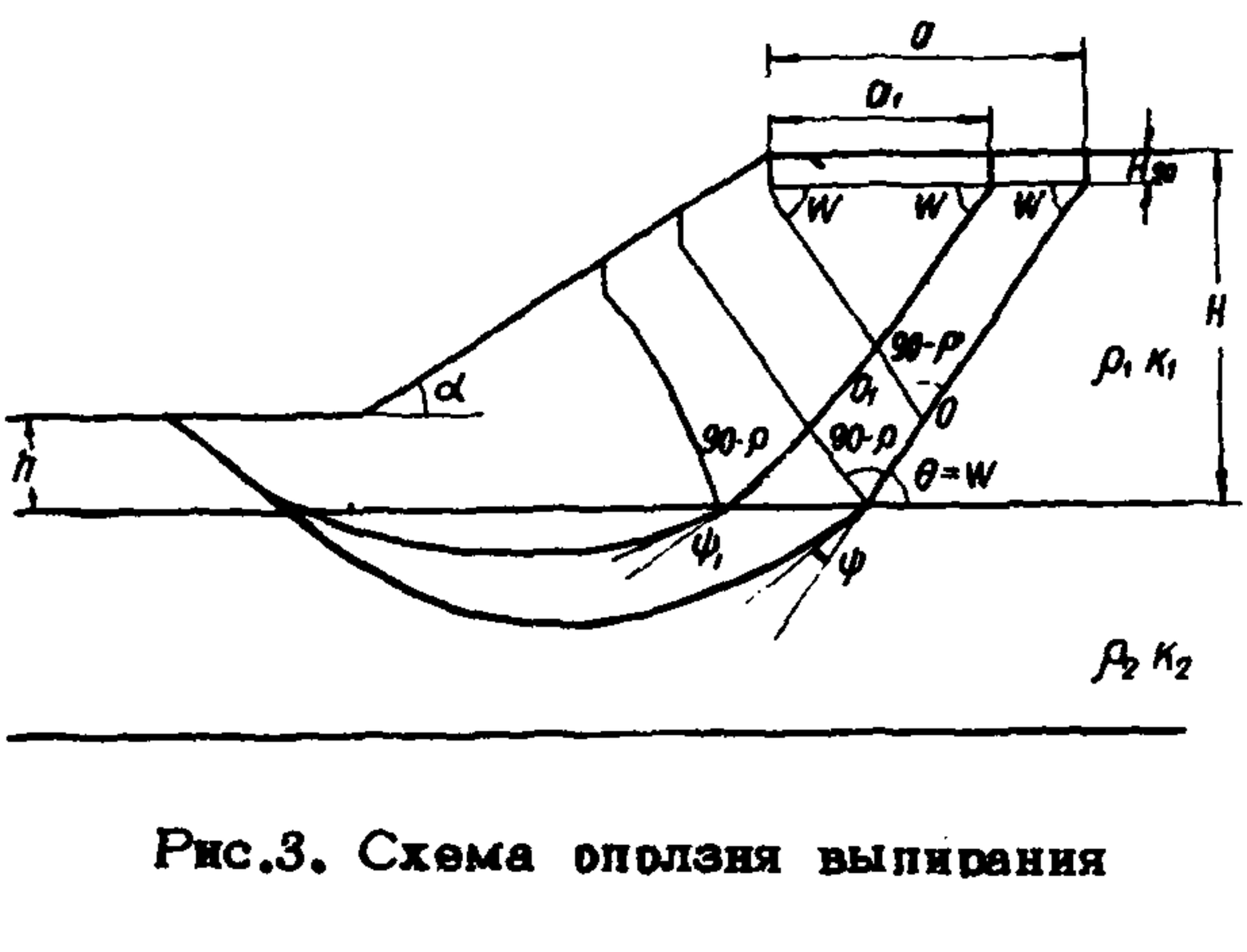


Рис.3. Схема оползня выпирания

Приложение 13

Лабораторные исследования деформационных свойств горных пород

Лабораторными испытаниями деформационных свойств пород устанавливается величина предельного (критического) значения относительного сдвига, соответствующего разрушению породы, и скорости деформирования в зависимости от напряженного состояния пород. Критический сдвиг является основной деформационной характеристикой пород, по которой оценивается степень устойчивости бортов карьеров на любой момент времени путем сравнения наблюдаемых деформаций (сдвигов) прибортового массива с критическими величинами сдвигов пород, установленными лабораторными испытаниями пород или натурными наблюдениями за деформациями обрушившихся откосов в аналогичных условиях.

Характер деформирования горных пород при сдвиге в зависимости от величины напряжений и времени представлен на графиках (рис.1,2), построенных по результатам испытаний образцов пород в срезных приборах, сопровождающихся замером деформаций при различных ступенях нагрузок.

Если условиями опыта образцу горных пород задать постоянную скорость деформирования, то зависимость между деформацией сдвига (γ) и сдвигающим напряжением (τ) будет иметь вид кривой, изображенной на рис.1, где на отрезке 0-1, характеризующем упругое деформирование горной породы, наблюдается практически прямая пропорциональность между напряжением и деформацией (следует иметь в виду, что даже у скальных горных пород этот отрезок не является строго прямолинейным); участок 1-2-3 характеризует пластическое деформирование образца, а на участке 2-3 наблюдается деформирование с постоянной (заданной) скоростью при неизменном сдвигающем напряжении - установившаяся ползучесть; при достижении деформации предельного значения ($\gamma_{пр}$) происходит разрушение материала и уменьшение напряжения до $\tau_{ост}$.

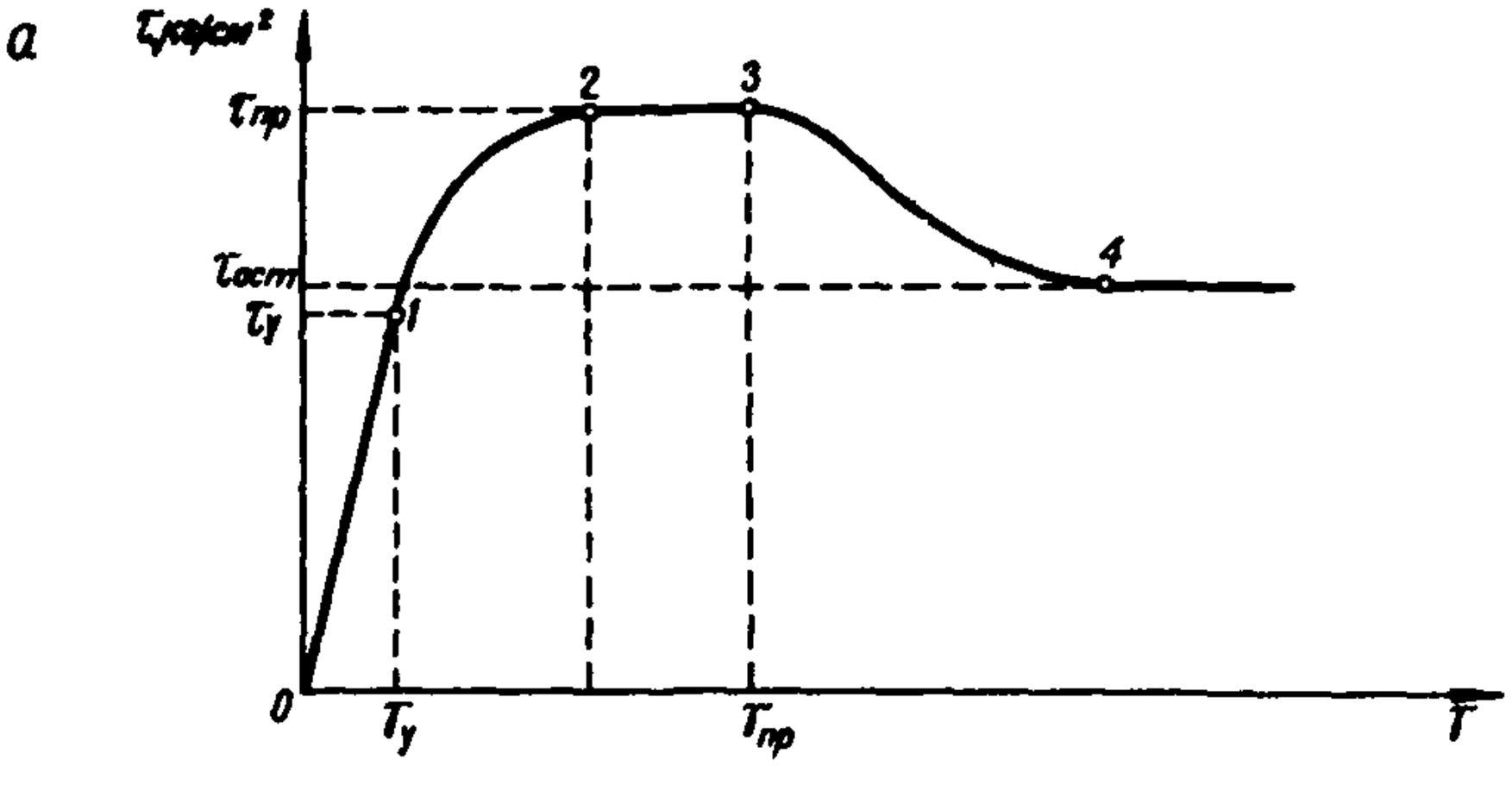


Рис.1. График зависимости деформаций относительного сдвига образца породы от напряжений

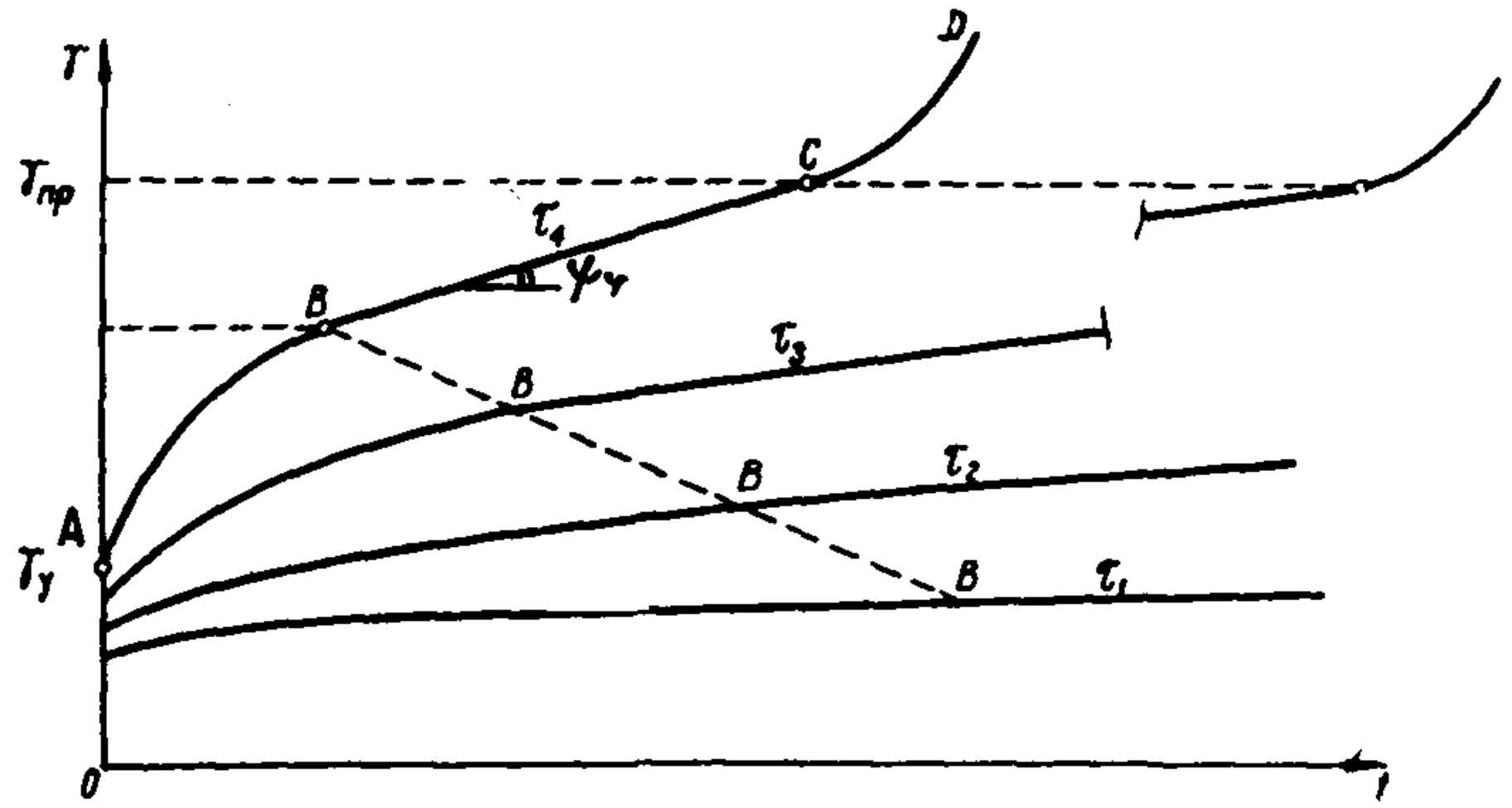


Рис.2. Графики развития пластических деформации сдвига во времени в зависимости от напряжений

характеризующего остаточное сопротивление сдвигу породы за счет сил трения.

На рисунке 2 представлены графики развития пластических деформаций сдвига во времени при постоянном нормальном напряжении и сдвигающих напряжениях $\tau_1 < \tau_2 < \tau_3 < \tau_4$, превышающих предел упругости τ_y.

При постоянном напряжении $\tau > \tau_y$ различают следующие стадии пластического деформирования: затухающую ползучесть - участок АВ на графике, где скорость пластической деформации постепенно уменьшается; установившуюся ползучесть - участок ВС, где пластическая деформация развивается с постоянной скоростью; стадию прогрессирующей ползучести, или пластического течения - участок CD, где наблюдается разрушение материала и скорость деформации резко возрастает; прогрессирующая ползучесть наблюдается с момента, когда общая деформация достигает предельной величины ($\gamma_{пр}$). Опытами установлено, что чем меньше величина сдвигающего напряжения, тем более продолжительна стадия затухающей ползучести и менее скорость следующей за ней установившейся ползучести.

Графики, отражающие развитие деформаций породы во времени в зависимости от напряженного состояния, строят по результатам длительных испытаний образцов пород в срезных и сдвиговых приборах.

Приложение 14

Методика испытаний на одноосное сжатие образцов горных пород неправильной формы x)

1. Подготовка образцов для испытаний

Необработанные куски горной породы предварительно обрабатываются молотком, топором или распиливаются пилой (в зависимости от крепости пород) с целью придания им кубовидной или призмообразной формы. При невозможности обработки всех граней можно ограничиться грубой обработкой двух противоположных граней куска породы.

Затем плоскости граней, на которые будет передаваться давление при испытании, шлифуются на шлифовальном станке.

Для испытаний одной разновидности породы необходимо подготовить не менее 5-7 образцов; минимальный размер образца должен быть не менее 20 мм, максимальный - не более 200 мм; размеры образцов по трем взаимно перпендикулярным направлениям должны отличаться друг от друга не более чем в три раза. Отношение высоты образца к его ширине должно заключаться в пределах 0.5--3.0. Площади сечения двух параллельных плоскостей, на которые производится давление при испытании, должны отличаться одна от другой не более чем в 1.5 раза.

Плоскостность отшлифованных граней должна соблюдаться в пределах ±0.02 мм; параллельность отшлифованных граней должна соблюдаться в пределах ±0.5 мм.

2. Определение размеров и площади сечения образцов

Высота образца h определяется замером штангенциркулем расстояния между отшлифованными поверхностями (в 2-3 местах) с точностью ± 0.1 мм.

---

x) Методика испытаний подробнее освещена в "Инструкции по приближенному испытанию образцов горных пород неправильной формы на одноосное сжатие", изд.ВНИМИ,Л.,1984.

Для определения ширины и длины образца подготовленный к испытанию образец породы прикладывается отшлифованными гранями (сначала одной, а затем другой) к листу миллиметровой бумаги, и контуры этих граней обводятся карандашом (рис.1). По полученным эскизам контуров для каждой из граней находится минимальный (ширина a) и максимальный (длина b) размеры. По двум значениям a_1 - для верхней грани образца и a_2 - для нижней грани находится средняя ширина образца:

$$a_{ср} = \frac{a_1 + a_2}{2}$$

Так же находится и средняя длина образца:

$$b_{ср} = \frac{b_1 + b_2}{2}$$

Площади граней S_1 и S_2 определяются по эскизам контуров граней подсчетом по миллиметровой бумаге или с помощью планиметра.

Площадь сечения образца $S_{ср}$ принимается равной полусумме площадей верхней (S_1) и нижней (S_2) граней образца:

$$S_{ср} = \frac{S_1 + S_2}{2}.$$

3. Сопоставление результатов испытаний образцов неправильной формы

Для сопоставления результатов испытаний на одноосное сжатие образцов неправильной формы одной и той же породы, имеющих различное соотношение $a_{ср}$ и h , производится пересчет по формуле, учитывающей влияние размеров образцов на их прочность:

$$\sigma_{2:1} = \frac{8\sigma_n}{7 + 2\frac{a_{ср}}{h}},$$

где $\sigma_{2:1}$ - прочность образца с отношением $\frac{a_{ср}}{h} = 0{,}5$ по испытаниям на сжатие кг/см^2 (стандартная прочность);

$\sigma_n = \frac{P}{S_{ср}}$ – прочность испытываемого образца с данным соотношением $a_{ср}$ и h, кг/см^2;

P – разрушающая нагрузка при испытании, кг;

$S_{ср}$ – среднее значение площади при испытании, см^2;

$a_{ср}$ – среднее значение ширины образца, см;

h – высота образца, см.

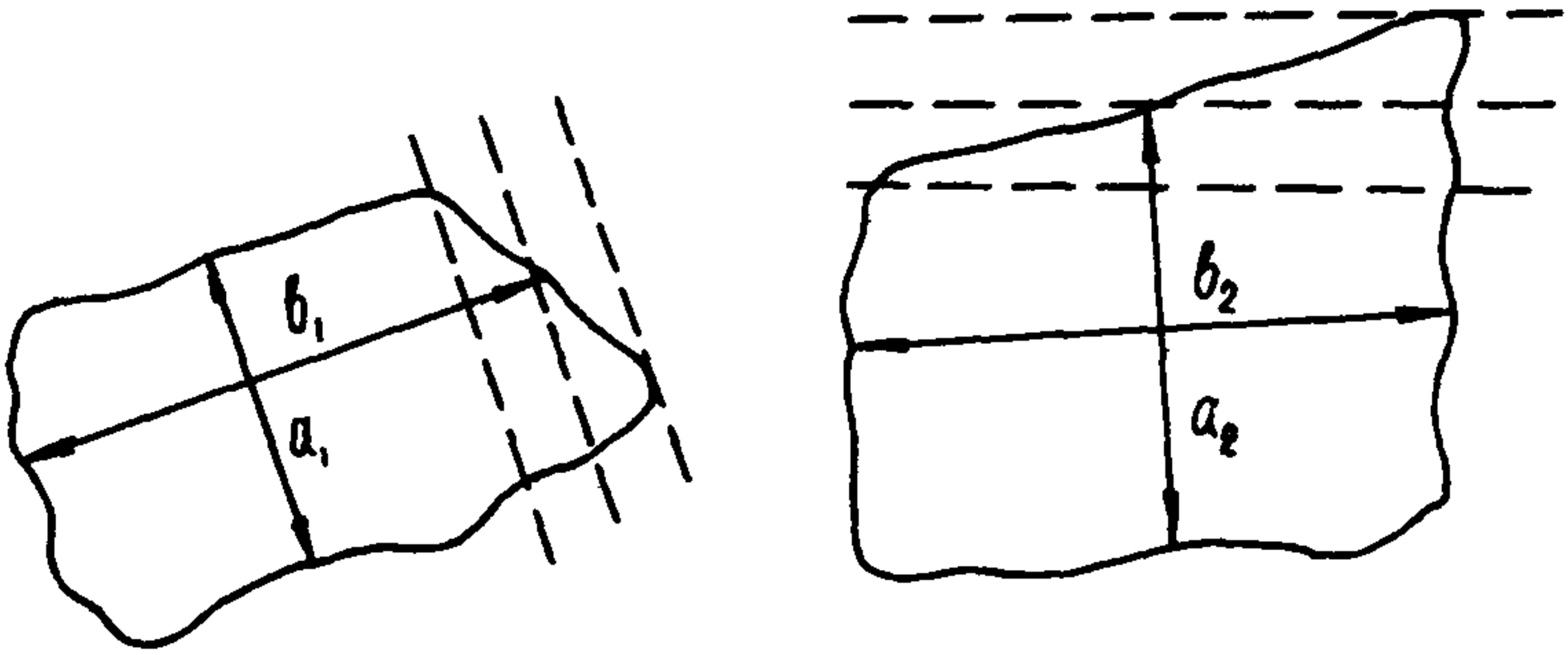


Рис.1. Определение размеров и площади сечения образца (А и Б-верхняя и нижняя грани образца)

4. Определение прочности горных пород динамическим пробником

Прочность пород, определяемая способом динамического внедрения в нее пуансона, условно характеризуется величиной работы, приходящейся на 1 см внедрения пуансона пробника в породу. Пробник показан на рис.2. Длина пуансона 50 мм, угол заострения пуансона 60°, диаметр 11.3 мм, площадь поперечного сечения – 1 см^2; пуансон изготовляется из инструментальной стали У-8.

При определении относительной прочности пород пуансон пробника устанавливается перпендикулярно испытываемой поверхности и по пробнику наносятся равномерные плечевые удары молотком (вес молотка 1 кг при длине рукоятки в 30 см) до полного внедрения пуансона в породу; при этом фиксируется число ударов.

Рис.2. Внешний вид динамического пробника

Относительная механическая прочность пород определяется по формуле:

$$R_{отн} = \frac{A \cdot n}{l \cdot S},$$

где $R_{отн}$ - относительная механическая прочность, кг/см^2;
n - число ударов;
l - глубина внедрения пуансона, см;
A - работа одного удара, кгсм;

$$A_{ср} = 160 \text{ кгсм}.$$

При опробовании пород динамическим способом величина прочности берется как среднее значение из пяти определений (пробник забивается в пяти точках квадрата со стороной в 1 м - по углам и в центре).

Величина сцепления пород определяется по графику зависимости между относительной механической прочностью ($R_{отн}$) и сцеплением (к) пород, выражающейся кривой, имеющей параболический характер (рис.3).

Рис.3. График зависимости между относительной механической прочностью ($R_{отн}$) и сцеплением (k) пород

$R_{отн}$ – относительная механическая прочность пород

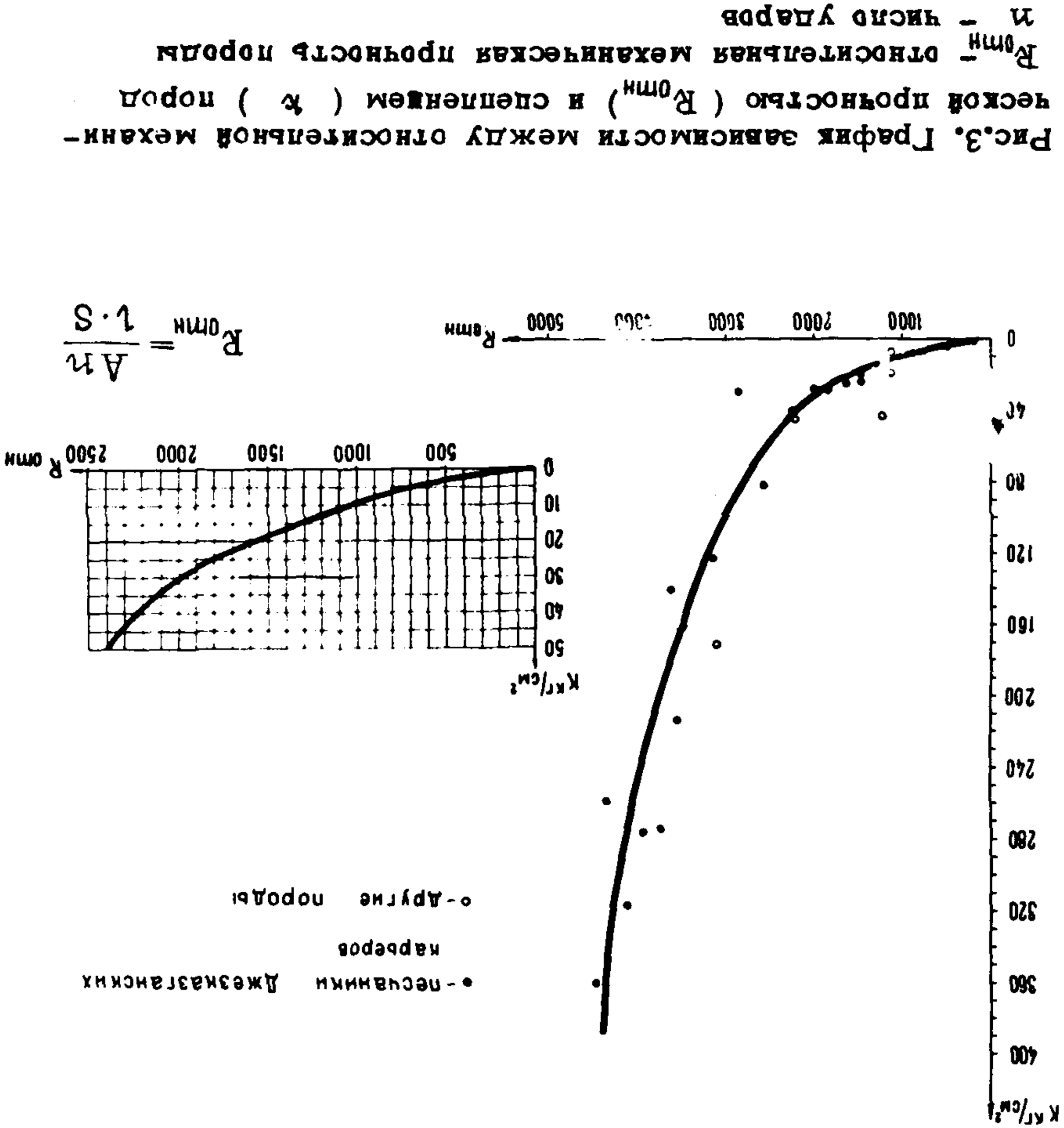
n – число ударов

γ – глубина внедрения пуансона, м

S – площадь поперечного сечения пуансона, $S = 1$ см^2

A – работа одного удара, кгм

$$R_{отн} = \frac{An}{\gamma \cdot S}$$



Приложение 15

Результаты наблюдений за процессом осыпания пород в откосах уступов

Осыпание пород с поверхности происходит под влиянием процесса выветривания пород, ведущего к снижению их прочности и дроблению пород, вследствие образования новых многочисленных трещин, на мелкие блоки и куски различной формы - щебень и дресву.

В таблице 1 приведены данные изменения размеров блоков пород в откосах уступов Бачатского карьера.

Таблица 1

Литологическое наименование пород	Средние размеры блоков	
	в глубине массива	осыпающихся с откосов
Песчаники мелкозернистые	20 x 25 см (18 см)	4 x 4 см, 1 x 0.5 см
Алевролиты	8 x 26 x 12 см (15 см)	3 x 5 x 0.5 см 0.5 x 1 см
Аргиллиты	3 x 20 см (10 см)	1 x 1 x 1 см, 0.5 x 1 см
Уголь мелкотрещиноватый	2 x 25 см (7 см)	3 x 4 см, 2 x 3 см
Уголь крупноблоковый	40 x 115 x 35 см	4 x 4 см, 5 x 5 см

Ввиду того, что порода на поверхности откоса представлена мелкими блоками и испытание ее обычными способами невозможно, прочность мелкотрещиноватых пород угольных месторождений - аргиллитов, алевролитов, глинистых песчаников и углей - определялась либо в лабораторных условиях - путем испытания образцов неправильной формы на

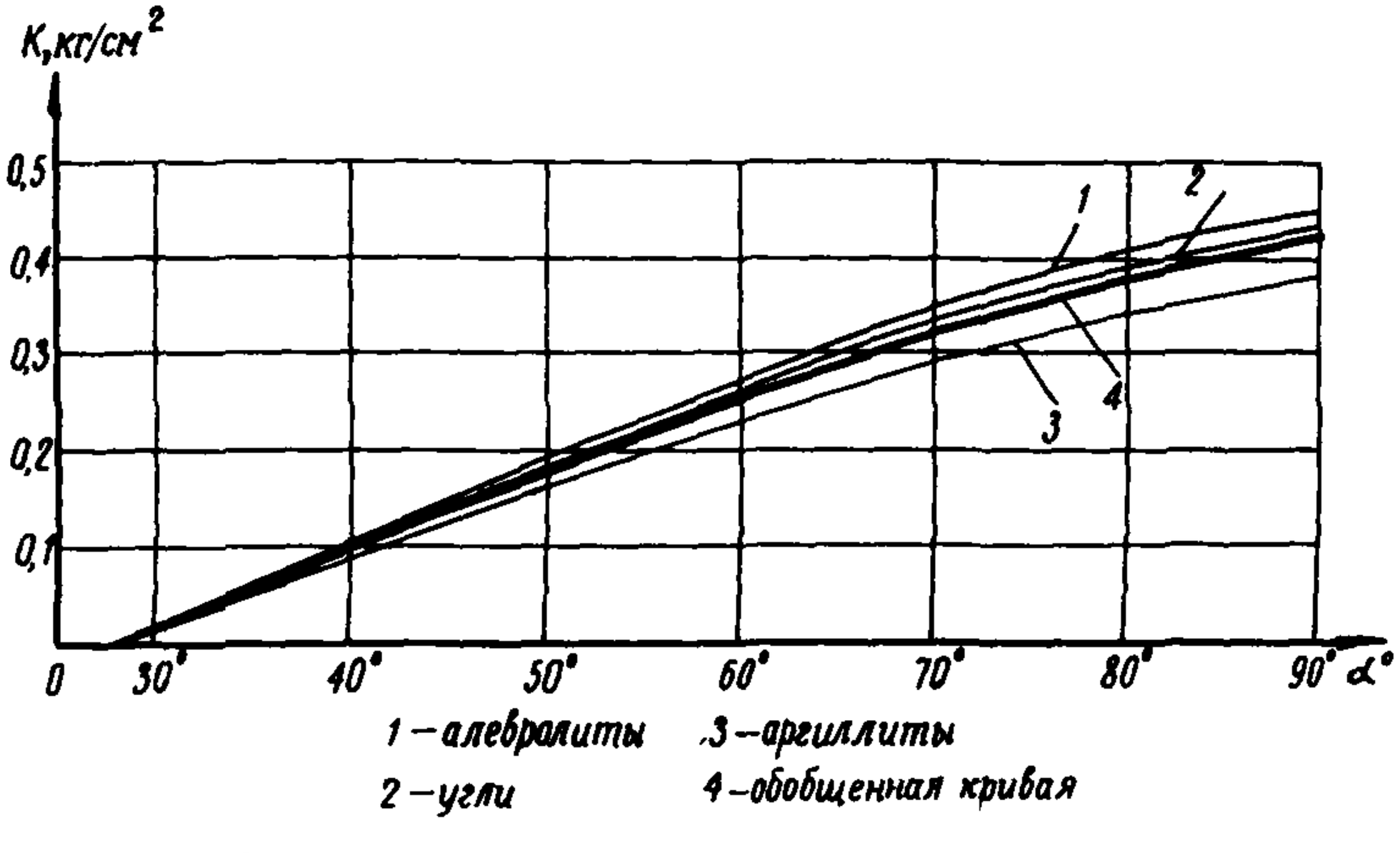
одноосное сжатие, либо в полевых условиях с помощью динамического пробника (см.приложение 14).В последнем случае по графику зависимости между относительной механической прочностью ($R_{отн}$) и прочностью пород в образце ($K_к$) определялось сцепление. В таблице 2 приведены данные по прочности пород на поверхности осыпающихся откосов в сравнении с прочностью невыветрелых разностей в глубине откоса (на примере Бачатского карьера).Из таблицы 2 видно, что критическая прочность (сцепление в образце) алевролитов, ожелезненных алевролитов и мелкозернистых песчаников в 4-6 раз, а аргиллитов-в 20 раз меньше их первоначальной прочности.

Таблица 2

Литологическое наименование пород	Время стояния уступа в годах	Угол откоса уступа без учета осыпи	Сцепление пород в образце на поверхности откоса $K_к$,кг/см^2
Аргиллиты	1	50°	0.5 9.6(в глубине массива)
Аргиллиты	7	60°	0.4
Алевролиты	0.5	75°	15.6-230(невыветрелые)
Алевролиты	7	62°	3.7
Алевролиты ожелезненные	0.5	70°	20-65(невыветрелые)
Алевролиты ожелезненные	7	70°	9-10
Песчаники мелкозернистые			13.6-27 x)(невыветрелые)
Песчаники мелкозернистые	10	90°	3.0-4.5

x) По испытаниям образцов из скважин

Время достижения критической прочности на поверхности откосов составляет 1-2 месяца для аргиллитов ($K_к$ = 1.0-1.8 кг/см^2), 1 год-для тектонически интенсивно нарушенных известняков (при α =75°), 2-3 года -для плотных монолитных известняков (α =70°). На рис.1 приведены графики зависимости критической прочности пород слоистой толщи от угла откоса; значения критической



1 – алевролиты 3 – аргиллиты
2 – угли 4 – обобщенная кривая

Рис.1. Графики зависимости критической прочности пород слоистой толщи-аргиллитов, алевролитов и углей-от угла откоса уступа (Богословский карьер)

прочности переслаивающихся пород близки между собой.

Вследствие осыпания пород с поверхности откосов, уступы карьеров, сложенные скальными и полускальными породами и имеющие первоначально крутые углы, со временем выполаживаются до 38-45°. В одних породах выполаживание уступов до угла естественного откоса пород осыпи происходит за несколько лет (таблица 3), в других за время существования карьера отмечается лишь небольшое осыпание.

Интенсивность осыпания в значительной степени зависит от способа заоткоски уступа при постановке его в

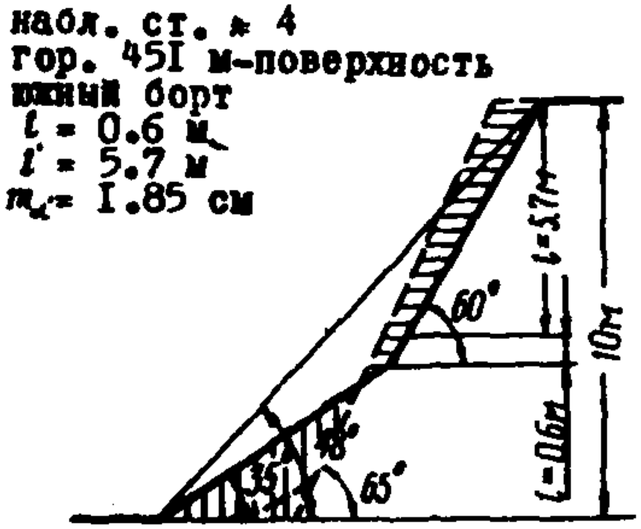
предельное положение. В таблице 3 приведены данные съемки профилей уступов, специальной заоткоски которых не производилось.

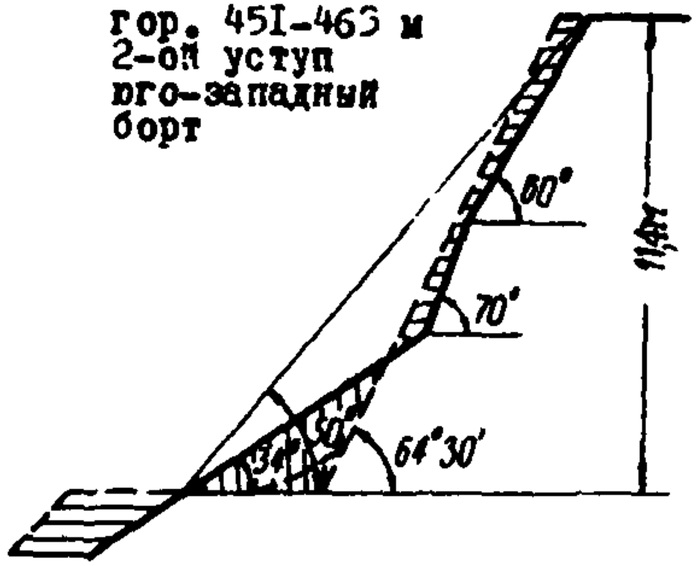
Как следует из приведенных данных (таблица 3), при взрывании вертикальных скважин уступы, сложенные породами угленосной толщи, высотою 12-15 м, выполаживаются до угла естественного откоса за довольно короткий срок - 8-10 лет; при этом максимальная сработка бермы составляет 7 м, а нижняя граница осыпи передвигается на 4-6 м. Следовательно, полное уменьшение бермы за счет осыпания вышележащего уступа и за счет перемещения верхней бровки нижележащего уступа вследствие осыпания составляет при выполаживании откоса до 38-40° - 12 м.

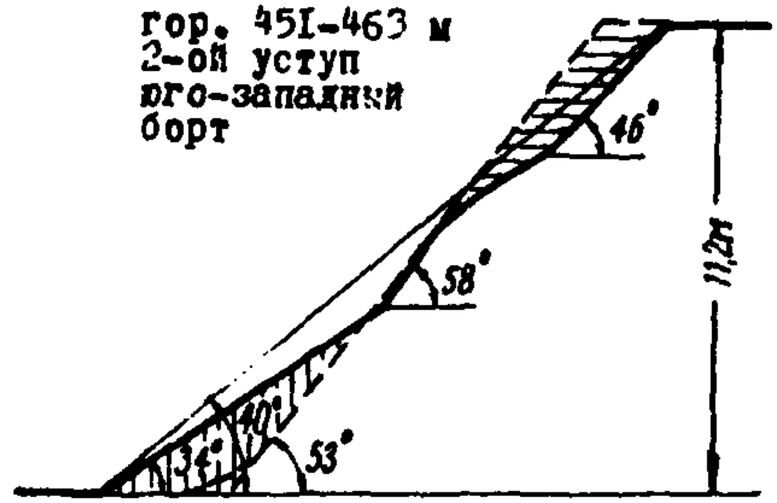
Короткозамедленное взрывание при подходе к предельному контуру, наклонные заоткашивающие скважины, экранирующие отрезные щели и др. ведут к значительному снижению нарушенности массива за предельным контуром (таблица 4, рис.2) и к уменьшению интенсивности осыпания.

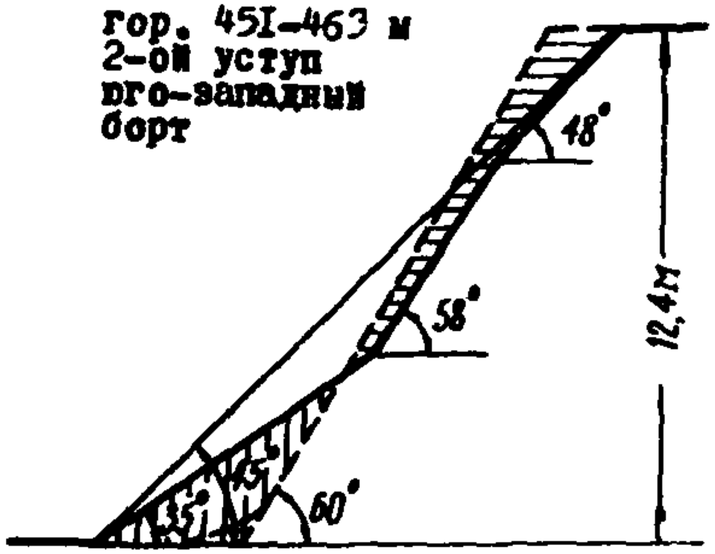
Довольно отчетливо прослеживается зависимость интенсивности осыпания пород в откосе от угла и направления падения слоев (таблица 3). В рассматриваемом случае простирание борта совпадает с простиранием слоистости, угол падения слоев изменяется от 90° до 50°; при этом падение слоев по отношению к борту направлено как в сторону выемки, так и в сторону массива. Наименьшее отступание верхней бровки, при прочих равных условиях, отмечается в тех уступах, где слои имеют крутое падение под углом 60-90° в сторону выемки, и составляет 2-3 м при высоте уступа H=8-10 м (профили 6,7) и 4-5 м при высоте H=13-15 м (профили 3,4,13). Заоткоска уступов в этом случае происходит по сплошным поверхностям наслоения (рис.3).

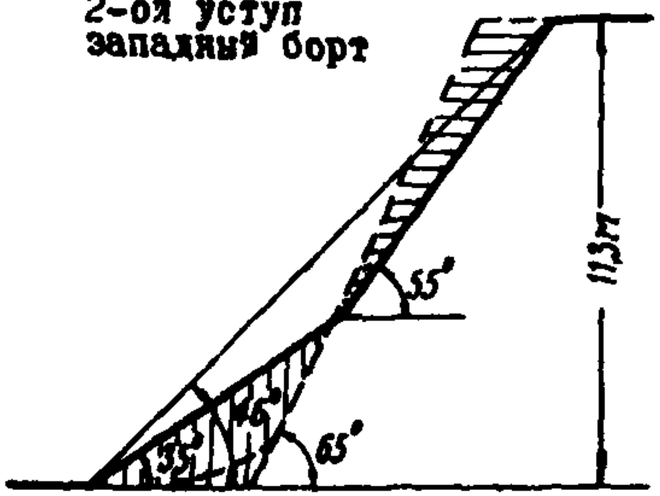
Результаты наблюдений за интенсивностью осыпания некоторых разновидностей пород Бачатского карьера приведены в таблице 5. Наибольшая интенсивность осыпания, при прочих равных условиях, отмечается в аргиллитах-алевролитах - до 7-8 см в год, наименьшая, практически равная нулю, - в кремнисто-глинистых сланцах, плотных крупноблоковых углях и крепких мелкозернистых постаниках.











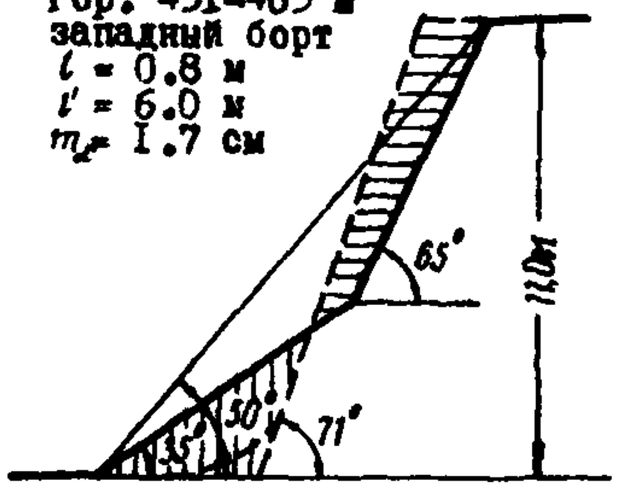
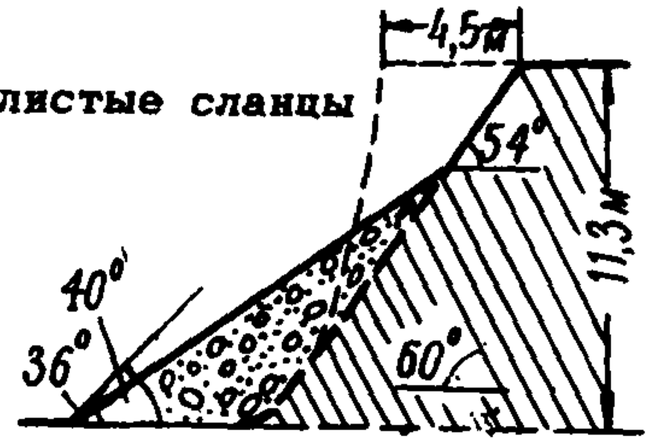
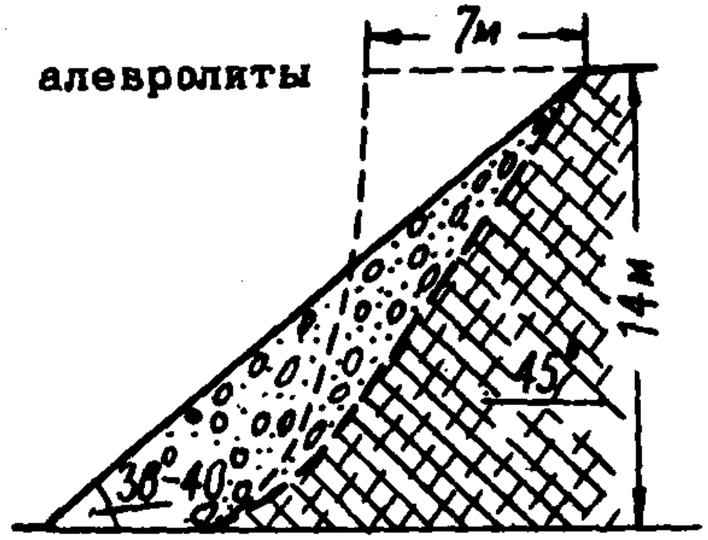
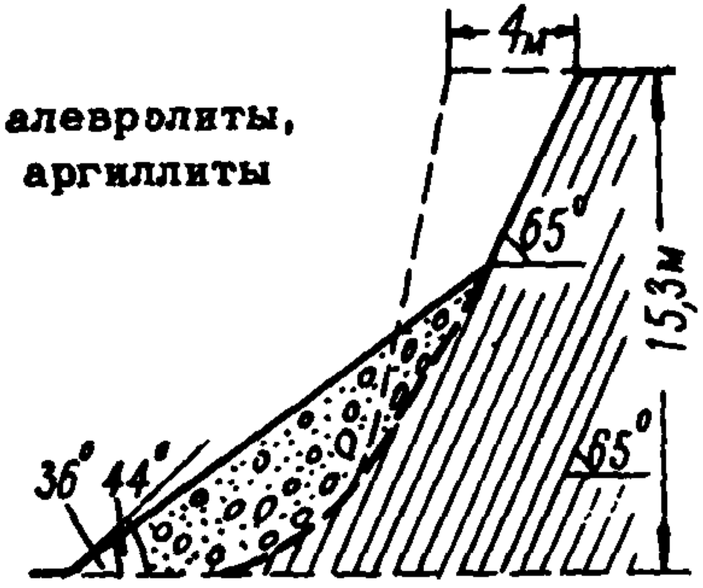


Рис.2. Изменение профилей уступов во времени вследствие осыпания пород (Ближнесырский карьер, выветрелые диабазы)







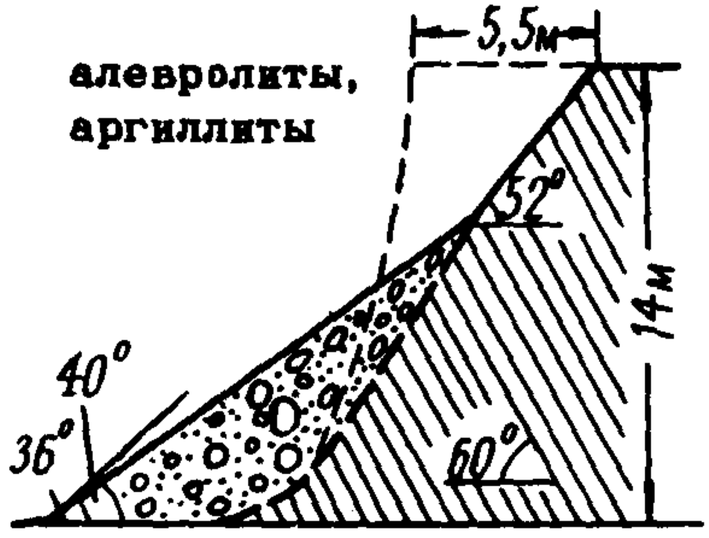


Рис.3. Изменение профилей откосов уступов во времени вследствие осыпания пород (Бачатский карьер)

Таблица 3

Изменение со временем профилей уступов, сложенных породами угленосной толщи (Бачатский карьер)

Номер профиля съемки	Высота уступа H, м	Угол падения слоев	Угол откоса			Перемещение верхней бровки уступа, м	Продвижение нижней границы осыпи, м
			уступа с учетом осыпи	уступа без учета осыпи	осыпи		
2	9.8	тектон. зона	42°	90°	40°	4.0	3.0
3	I3.0	-85°	45°	85°	34°	4.0	4.0
6	9.3	90°	44°	62°	36°	2.2	3.5
4	I4.7	-67°	42°	67°	36°	5.0	5.0
I3	I5.3	-65°	44°	65°	36°	4.0	5.0
7	9.2	90°	45°	70°	36°	2,5	3.0
5	I4.0	$+45^{o}$		$38-40^{o}$		7.0	5.5
8	9.0	$+(55+70^{o})$		36°		5.0	4.5
I0	II.3	$+60^{o}$	40°	54°	36°	4.5	4.5
I2	I3.0	$+60^{o}$	40°	55°	36°	4.8	4.0
I4	I4.0	$+60^{o}$	40°	52°	36°	5.5	5.0
9	I0.5	$+82^{o}$	42°	84°	36°	3.5	4.5

Примечание: I. Время стояния уступов 8 лет (I956–I964 гг.)
2. (–) – падение в карьер, (+) – падение в массив.

Таблица 4

Изменение со временем профилей уступов, сложенных выветрельми диабазами (Блявинский карьер)

Номер профиля съемки	Высота уступа H, м	Время стояния уступа, годы	Изменение угла откоса уступа							Перемещение	
			с учетом осыпи			без учета осыпи			угол откоса осыпи	верхней бровки уступа, м	нижней границы осыпи, м
			α_1'	α_2'	$\alpha_1' - \alpha_2'$	α_1	α_2	$\alpha_1 - \alpha_2$			
I	I0	8	59°	48°	II°	65°	60°	5°	35°	I.3	I.5
2	II.4	8	59°	50°	9°	64°30'	62°30	2°	34°	0.9	I.4
3	II.2	8	50	40	I0	53	46	7	34	I.8	I.8
4	I2.4	8	55	45	I0	60	54	6	35	I.6	I.8
5	II.3	8	57	46	II	65	55	I0	35	I.8	2.0
6	II.0	I2	62	50	I2	7I	65	6	35	I.6	I.8

Таблица 5

Номер и местоположение наблюдательной станции	Литологическое наименование пород	Угол откоса уступа без учета осыпи	Расстояние от реперов на откосе до верхней бровки	Участок между реперами	Величина осыпания, см						
					за I-ый год	средн. по станции	за 2-ой год	средн. по станции	за 3-ий год	средн. по станции	за три года
№ I, гор.22I-230 м. 2-ой уступ	Мелкозернистые песчаники	65-80°	2.0 м	№I-№2 №2-№3 №4-№5	I.75 3.04 2.48	2.4	I.63 2.94 2.59	2.4	I.45 5.28 -	3.4	8
№ 2, 2-ой уступ, гор.22I-230 м	Уголь мелкотрещиноватый	56°	4.5 м	№I-№2 №2-№3 №3-№4	2.I2 2.75 3.80	2.9	3.85 2.80 5.60	4.I	I.49 I0.00 5.22	5.6	I3
№ 3, 2-ой уступ, гор.22I-230 м	Уголь	55°	4.0 м	№I-№2 №2-№3 №3-№4	0.9 I.0 0.7	I.0	0.5 I.I 0	0	0.7 I.0 2.I6	I.3	2
№ 4, 2-ой уступ	Аргиллиты, алевролиты	54°	3.0 м	№I-№2 №2-№3 №3-№4 №4-№5	8.0I 6.52 6.83 8.50	7.5	3.55 6.04 6.0 6.3	5.5	7.8I 4.27 - -	6.0	I9
№ 5, I-ый уступ, гор.23I-247 м	Песчаники мелкозернистые	90°	9.5 м	№I-№2 №2-№3 №3-№4	I.27 0 0	0	0 I.0 3.0	I.3	0 0 2.32	I.0	2
Краснобродский карьер	Кремнисто-глинистые сланцы	90°		№I-№2 №2-№3 №3-№4	0 0 0	0	- - -		- - -		

Примечание: Время стояния уступов до начала наблюдения-9 лет (I956-I965 г.г.)

Приложение I6

Таблица I

Ориентировочные углы наклона бортов, углы откосов уступов и отвалов

Группа комплексов пород	Общая характеристика комплексов пород, слагающих борта	Геологические условия и основные факторы, оказывающие влияние на углы наклона бортов и углы откосов уступов	Ориентировочные величины углов наклона бортов (град)	Углы откосов уступов (град.)	
				рабочих	нерабочих
I	2	3	4	5	6
I	Крепкие (скальные) горные породы	а) Крепкие слаботрещиноватые породы; основными факторами, определяющими углы наклона бортов, являются: ширина берм, высота уступов (одиночных или сдвоенных) и углы их откосов, зависящие от углов падения в сторону карьера слоев, крупных тектонических трещин, тектонических нарушений, контактов между изверженными породами различного петрографического состава	до 55–60	до 80	70–75
		б) Те же породы интенсивной трещиноватости при отсутствии неблагоприятно ориентированных поверхностей ослабления	40–45	65–70	55–60
		в) Борт лежачего бока при падении слоев под углом менее 40°	30–35	65–75	50–55
II	Средней крепости (полускальные) горные породы	Зоны выветрелых изверженных и метаморфических пород, а также хлоритовые, серицитовые и тальк-хлоритовые сланцы, аргиллиты, алевролиты, средней прочности песчаники			

I	2	3	4	5	6
		а) При отсутствии поверхностей ослабления большого протяжения, падающих в сторону карьера	38–45	60–75	50–55
		б) При наличии поверхностей ослабления, падающих в сторону карьера	30–35	45–70	40–50
		в) При мульдообразном залегании слоев пород	25–30	45–70	40–50
Ш	Слабые (глинистые и песчано-глинистые) породы	а) Борта сложены в основном песчано-гравийными, меловыми, дезинтегрированными изверженными и другими хорошо дренируемыми отложениями ; в нижней части борта пластичных глин и поверхностей ослабления нет	20–30	40–50[x)]	35–45[x)]
		в) В нижней части борта или в его основании имеются слои пластичных глин или поверхности ослабления - древние поверхности скольжения и слабые контакты между слоями	6–25	40–50[x)]	30–40[x)]
IУ	Отвальные породы	а) Отвалы скальных или полускальных пород на прочном основании $\tau_{осн} \geq 0{,}2\,\gamma H_{отв}$	34–36	-	34–36
		б) Отвалы скальных и полускальных пород на слоистом основании	20–30	-	34–36
		в) Отвалы глинистых пород (в том числе и отвалы на слабом основании при $\tau_{осн} < 0{,}2\,\gamma H_{отв}$)	18–25[xx)]	-	30–35
		г) Отвалы водонасыщенных песчано-глинистых пород; высокие отвалы глинистых пород	6–10[xx)]	-	20–25

Примечания: x) Углы откосов устанавливаются путем расчетов

xx) При ориентировочном определении результирующих углов откосов отвалов принимаются минимальные значения.

Мероприятия по предотвращению деформаций бортов, уступов и отвалов

Таблица 2

Характеристика горных пород, слагающих откосы	Виды деформаций откосов, возникающих в породах этой группы	Факторы, способствующие развитию деформаций	Мероприятия по предотвращению деформаций постоянных откосов
I	2	3	4
Крепкие, средней крепости и выветрелые разности крепких пород	Обрушения и обвалы	Наличие в откосах сланцеватости, дизъюнктивных нарушений, слоистости и крупных тектонических трещин, падающих в сторону выемки под углами круче $25–30^{0}$ ($\beta > \rho' + 4 \div 6^{0}$)	Заоткоска уступов по поверхностям ослабления (при $\beta > 40–45^{0}$), укрепление сваями при $45^{0} > \beta > \rho' + 4^{0}$
	Осыпи	Массовые взрывы, интенсивная естественная трещиноватость, отсутствие заоткоски	Заоткоска наклонными скважинами, цементация сильнотрещиноватых пород и торкретирование сильновыветриваемых пород
Глинистые и песчано-глинистые породы	Обрушения	Завышенные углы откосов и наличие поверхностей ослабления	Заоткоска уступов под углами, рекомендуемыми в таблице I этого приложения
	Осыпи	Выветривание крутых откосов	Заоткоска, а в некоторых случаях и одернование откосов
	Просадки	Насыщение водой высокопористых размокающих пород	Обеспечение стока дождевых и талых вод с площадок уступов

1	2	3	4
	Оползни: а) фильтрационные	"Подкапывание" откосов при оплывании и размывании фильтрующих и размокающих слоев	Расположение площадок уступов непосредственно под фильтрующим слоем, пригрузка фильтрующих участков откосов гравием и щебнем
	б) покровные	Отсутствие стока дождевых и талых вод с поверхности покровных отложений, расположенных на склонах коренных пород	Обеспечение стока поверхностых вод и устройство контрфорсов
	в) контактные	Подрезка контактов слоев и их обводнение	Предотвращение обводнения контактов фильтрующих и глинистых слоев путем покрытия площадок уступов слоем плотных жирных глин
	г) глубинные лежачего бока	Наличие напорных вод и глинистых слоев в лежачем боку	Дренирование пород лежачего бока, выполаживание борта
	д) оползни-надвиги и оползни выпирания висячего бока	Наличие в основании откосов слоев пластичных глин и слабых контактов между слоями	Выполаживание откосов, уменьшение их высоты, дренаж и устройство контрфорсов
Пески	Осыпи	Крутые откосы (более 35^{0}), выветривание, развевание	Заоткоска и цементация или торкретирование откосов
	Оплывания	Фильтрация грунтовых вод	Дренаж водоносных слоев ; покрытие фильтрующей части откосов гравием и щебнем

I	2	3	4
твальные ороды	Оползни: а) надподошвенные	Слабые породы отвала; дополнительное увлажнение пород - особенно в основании отвала	Предотвращение дополнительного увлажнения отвальных пород, дренаж основания, селективное отвалообразование, многоярусные отвалы
	б) подподошвенные	Слабое основание отвалов и его обводнение	Дренаж основания, уменьшение высоты отвала, образование предотвала
	в) подошвенные (контактные)	Наклонное слоистое основание	Уменьшение высоты отвала; взрывание основания отвалов
	Просадки	Увлажнение рыхлых отвальных пород	Осушение основания отвала; обеспечение стока дождевых и талых вод
	Оплывины	Насыщение пылеватых и глинистых песков дождевыми и талыми водами	Обеспечение стока воды с поверхности отвалов; устройство дренажа в основании отвалов

Приложение 17

Методика производства буро-взрывных работ при специальной заоткоске уступов в предельном положении x)

Борта карьеров в предельном положении представляют собой долговременное капитальное инженерное сооружение, к качеству которого должны предъявляться такие же требования, как к сдаваемому в эксплуатацию строительному объекту.

В проектах горных работ необходимо давать паспорта заоткоски уступов, определяющие способы ведения взрывных работ при подходе к предельному контуру, методы заоткоски уступов, параметры откосов уступов, мероприятия (в случае необходимости) по искусственному укреплению.

Взрыв скважинных зарядов вызывает деформации уступа в поверхностной зоне (рис.1). Ширина этой зоны в нижней части уступа составляет до 10-12 диаметров заряда, а по поверности - до 40-50м.

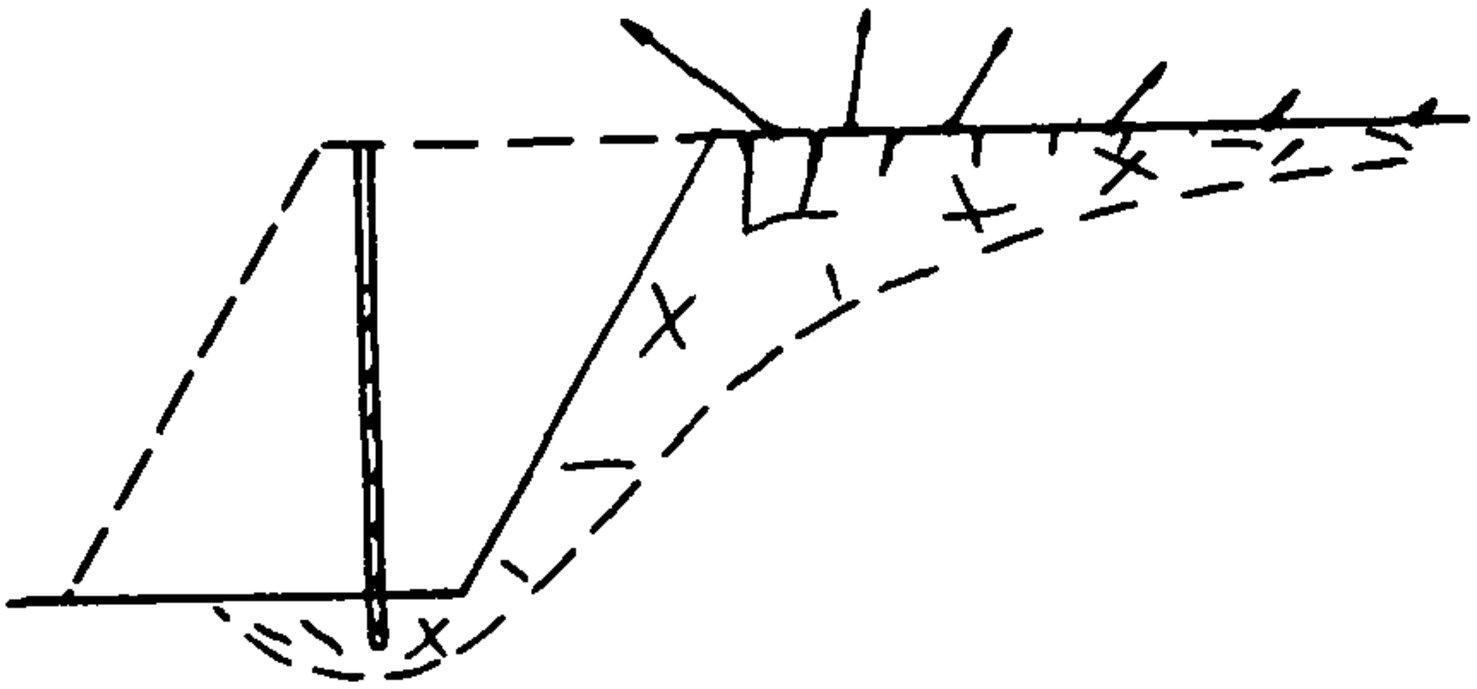


Рис.1. Зона нарушений естественной структуры пород в откосе при взрыве

В пределах деформированной зоны происходит раскрытие естественных трещин, а на расстоянии 5-15 м от последнего ряда скважин образуются зияющие трещины

---

x) Методика специальной заоткоски уступов подробнее изложена в "Руководстве по обеспечению устойчивости уступов, бортов карьеров и сейсмической безопасности зданий и сооружений при ведении взрывных работ на карьерах". ВНИМИ, Л., 1970.

Эффективным способом уменьшения деформаций массива от взрыва является применение при заоткоске наклонных скважин с углом наклона 60-70° (рис.2) к горизонту и диагональной схемы короткозамедленного взрывания (рис.3), которое сокращает ширину зонь. остаточных деформаций по поверхности уступа в 1,5-2 раза.

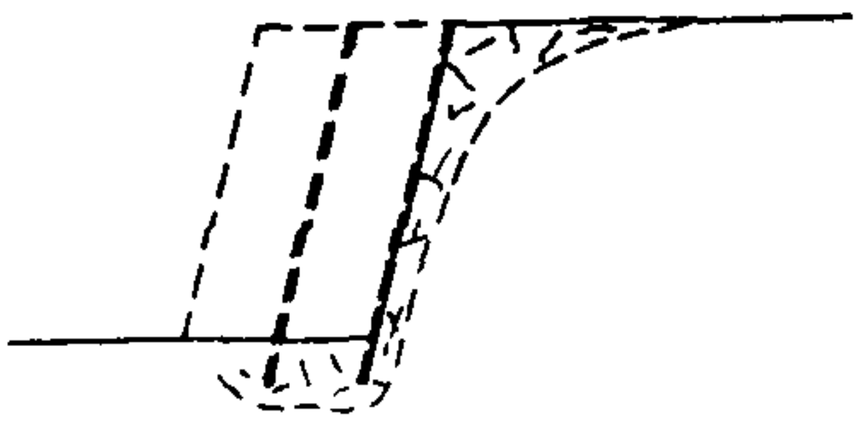


Рис.2. Заоткоска уступа наклонными скважинными зарядами

Для постановки уступа в предельное положение применение наклонных скважин диаметром 100-150 мм следует начинать за 15-20 м до подхода уступа к предельному проектному контуру.

Расчет параметров сетки наклонных скважин следует производить по удельному расходу ВВ для данного типа породы; длина забойки в верхней части

Рис.3. Диагональные схемы короткозамедленного взрывания

скважин составляет (15-20) скважин.

При постановке борта карьера в предельное положение заоткоса уступов в условиях неблагоприятно ориентированной трещиноватости может производиться с помощью высокоэффективных специальных методов контурного взрывания.

Основа техники контурного взрывания заключается в следующем. По проектному контуру выработки пробуривается ряд сближенных скважин малого диаметра. Скважины заряжаются ослабленными зарядами ВВ, так что между зарядом и стенкой скважины существует значительный воздушный зазор, который может быть заполнен забойкой. Наличие воздушного зазора или пористой забойки приводит к тому, что при взрыве зарядов радиальных трещин вокруг скважин не образуется, а развивается только одна трещина в плоскости, проходящей через оси скважин, и вдоль ряда скважин образуется ровная устойчивая поверхность откоса с видимыми следами скважин.

Различают два вида контурного взрывания:

1. Гладкое взрывание - заряды контурного ряда взрываются после основных зарядов дробления.

2. Предварительное щелеобразование - заряды контурного ряда взрываются первыми.

1. При заоткоске уступов методом гладкого взрывания (рис.4) контурные заряды отрывают с поверхности откоса наиболее разрушенный слой и формируют более устойчивую поверхность. Скважины диаметром 80-100 мм располагаются на расстоянии 2-3 м от бровки уступа и заряжаются патронами ВВ меньшего диаметра с величиной заряда 2-4 кг на 1 пог.м скважины. Верхняя часть скважин на глубину 2.0-2.5 м заполняется забойкой. В нижней

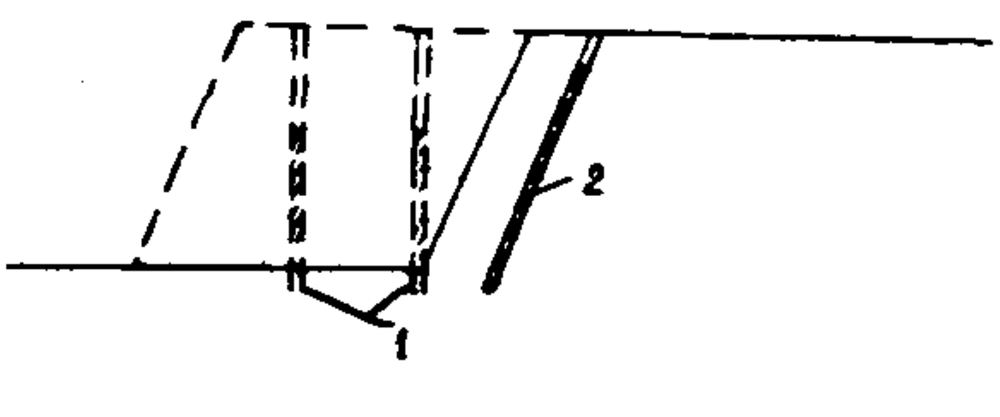


Рис.4. Заоткоска уступов методом гладкого взрывания

части скважины помещается сплошной заряд весом 8-10 кг. Пространство между стенками скважин и патронами можно оставлять не заполненным забойкой.

Бурение контурных скважин и взрывание контурных зарядов можно производить после взрывания основных зарядов или совмещать во времени взрывание контурных зарядов с основными зарядами, разделив их интервалом 35-50 мсек.

При отсутствии неблагоприятно ориентированной трещиноватости и слабой выветриваемости пород гладкое взрывание обеспечивает устойчивость уступов на весь срок существования карьера.

2. Взрывание контурных зарядов при применении метода предварительного щелеобразования производится в ненарушенном массиве, когда горные работы находятся от предельного контура на расстоянии не менее 15-20 м.

Расстояния между контурными скважинами в ряду определяет чистоту стенок щели. Удовлетворительная для открытых горных работ чистота поверхности отрезной щели (откоса уступа) достигается при расстоянии между контурными зарядами 0,8-2,5 м.

В таблице 1 приведены ориентировочные параметры зарядов отрезной щели в породах различной крепости.

Таблица 1

Расстояние между скважинами, м	0.8-1.0	1.0-1.2	1.2-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5
Диаметр скважин, мм	80-100	80-100	100	100-150	100-200
Крепость породы	Вес зарядов на 1 пог.м скважины, кг				
f =12-16	0.70	0.80	1.0	1.5	1.8
f = 8-12	0.50	0.60	0.8	1.2	1.5
f = 4-8	0.40	0.50	0.7	1.0	1.2

Заряды для образования отрезных щелей приготовляются в виде гирлянд, на всю длину которых прокладывается детонирующий шнур.

В качестве ВВ обычно используются патроны аммонита № 6 и № 6 ЖВ диаметром 30 мм, а для скважин ϕ 150-200 мм - патроны диаметром 90 мм.

Расстояние между рядом скважин отрезной щели и основными зарядами дробления на уровне подошвы уступа должно быть в пределах (5-7) d зар. (d зар. - диаметр заряда дробления). При меньшем расстоянии созданный отрезной щелью откос может быть поврежден основным взрывом, при большем - по подошве уступа остается целик.

Взрывание зарядов отрезной щели можно производить предварительно, до бурения скважин для основных зарядов дробления. Возможно также одновременное взрывание зарядов отрезной щели с основными зарядами по схеме, изображенной на рис.5.

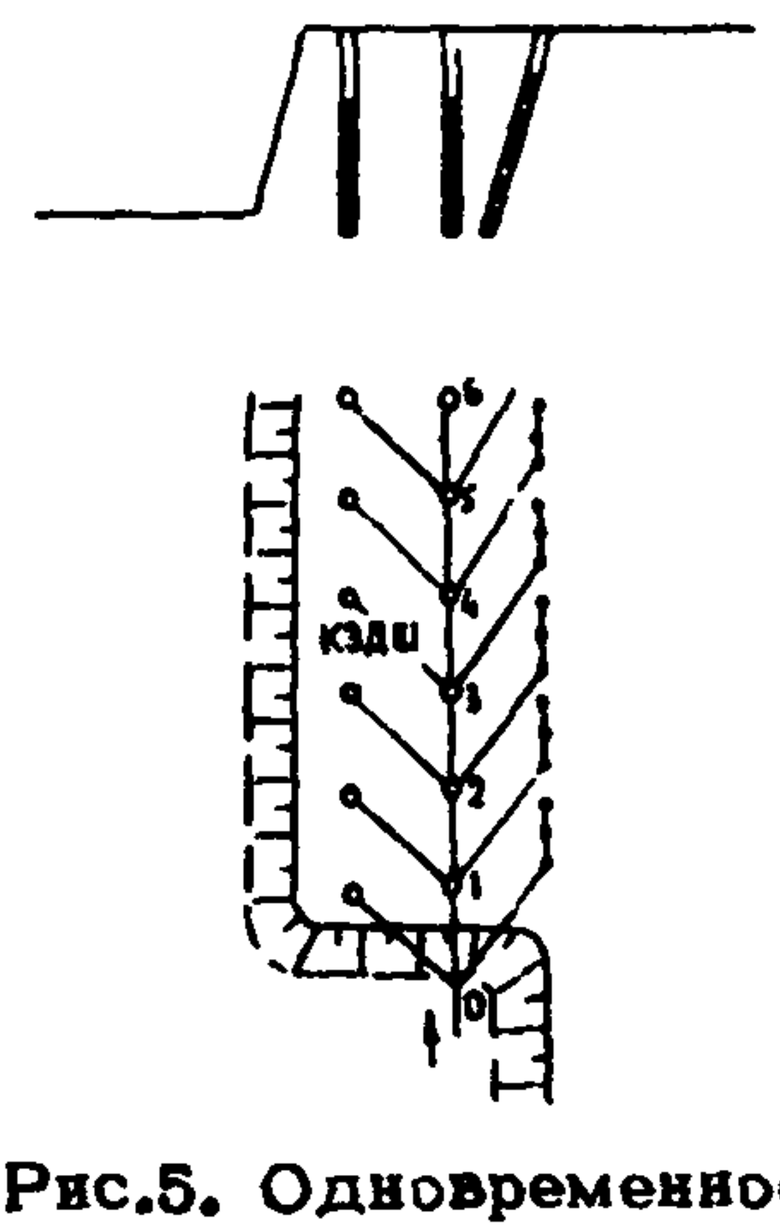


Рис.5. Одновременное взрывание зарядов дробления и и отрезной щели

Определение взрыва зарядов отрезной щели по отношению к моменту взрыва противолежащих им основных зарядов дробления должно находиться при этом в пределах 35-50 мсек.

При любой последовательности взрывания основных и контурных зарядов, основной взрыв должен производиться по диагональной схеме.

Применение контурного взрывания при заоткоске уступов в предельном положении борта позволяет создавать уступы большой высоты путем объединения нескольких технологических уступов в один.

Вопрос о целесообразности применения контурного взрывания для повышения устойчивости и углов откосов и уступов решается технико-экономическим расчетом.

В случае самопроизвольного выполаживания незаоткошенного специальными методами откоса уступа, для восстановления первоначальной ширины бермы возникает необходимость в разноске вышележащего уступа. По мере углубления карьера восстановление необходимой ширины бермы нижнего уступа требует все большего количества вышерасположенных уступов и извлечения большого объема пород. Специальные методы заоткоски уступов целесообразны в том случае, если их стоимость меньше стоимости извлечения лишних объемов пород при выполаживании борта.

Глубина карьера H, при которой на нижележащих горизонтах экономически целесообразно применение контурного взрывания, определяется по формуле:

$$H = \frac{C_з}{C_в\,(ctg\,\alpha - ctg\,\alpha_з)\cdot \sin\alpha_з} - \frac{h}{2},$$

где $C_з$ - стоимость заоткоски 1 $м^2$ откоса с учетом затрат на бурение и взрывание скважин контурного ряда, руб.;

$C_в$ - стоимость извлечения 1 $м^3$ вскрышных пород, руб.;

α - угол откоса уступа без контурного взрывания;

$\alpha_з$ - угол откоса уступа с применением контурного взрывания;

h - высота уступа, м.

ПОЯСНЕНИЯ К УСЛОВНЫМ ОБОЗНАЧЕНИЯМ

Настоящие условные обозначения используются для специальной графической документации нарушений устойчивости откосов при геотехническом картировании.

Устанавливаются следующие цвета, характеризующие причину возникновения нарушения устойчивости, для обозначения их контуров на планах.

1. Отклонение от проекта (завышенные углы откосов, увеличенная высота, невыполнение предусмотренных проектом противооползневых мероприятий, нарушение технологии работ и др.) - красный.

2. Влияние подземных и поверхностных вод - синий.

3. Влияние слоистости, трещиноватости, тектонических нарушений (при условии соблюдения всех положений проекта) - зеленый.

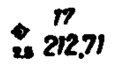
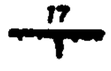
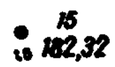
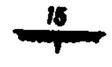
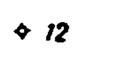
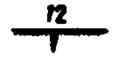
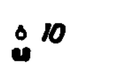
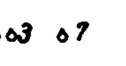
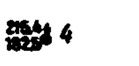
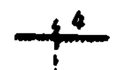
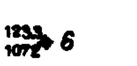
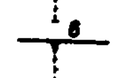
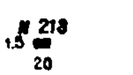
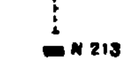
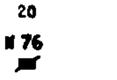
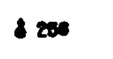
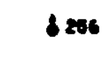
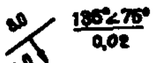
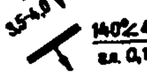
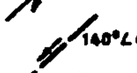
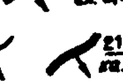
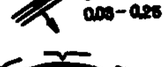
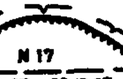
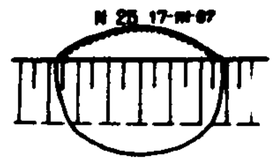
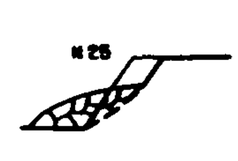
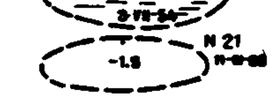
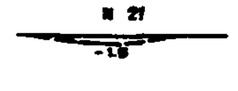
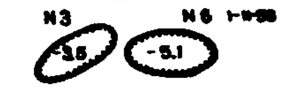
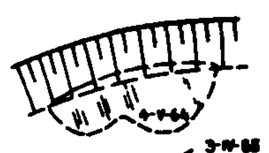
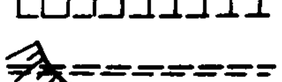
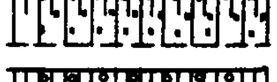
4. Влияние климатических условий - желтый.

5. Ошибки при проектировании - коричневый.

Развивающиеся нарушения устойчивости вычерчиваются пунктиром, затухшие очаги обводятся сплошной линией.

Все остальные обозначения (рельеф, ситуация, горные выработки и геология) выполняются в соответствии с действующими "Условными знаками для горной графической документации".

ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ПЛАНОВ И РАЗРЕЗОВ М-БОВ I:200-I:I0000 (ОТКРЫТЫЕ РАЗРАБОТКИ)

№	Название знаков	Обозначения на планах	Обозначения на разрезах
I	Опорный репер скрытой конструкции		
2	Опорный репер открытый		
3	Рабочий репер скрытый		
4	Рабочий репер открытый		
5	Первый репер, маяк		
6	Электрорепер		
7	Глубинный репер		
8	Мест отбора образца (монолита)		
9	Место проведения натурного испытания		
I0	Место проведения динамического зондирования		
II	Трещина		
I2	Трещина с заполнителем		
I3	Трещины с неровными поверхностями		
I4	Серия параллельных трещин		
I5	Оползень стабилизировавшийся		
I6	Оползень развивающийся		
I7	Обрушение		
I8	Оплывина		
I9	Просадка		
20	Провалы под влиянием подземных разработок и карстовых процессов		
2I	Оплывание песчаных откосов		
22	Промоина		
23	Осыпь		
24	Фильтрационный выпор		
25	Фильтрующая пригрузка		
26	Дренажные траншеи под отвалами		
27	Одернование откосов		
28	Посадка деревьев и кустарника		
	Искусственное укрепление		
29	а) механическим способом		
30	б) физико-химическим способом		

Приложение 19

Пример заполнения паспорта обрушения

МИНИСТЕРСТВО ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ СССР

Объединение "Казчермет", Донское хромитовое рудоуправление, карьер "Миллионный"

УТВЕРЖДАЮ:
ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР

ТЕРЕЩЕНКО А.Н.

31 августа 1967 г.

ПАСПОРТ ОБРУШЕНИЯ № 2

1. Объект деформации: уступ горизонта 389 м северо-восточного борта.

2. Дата: начало 21 час.10 мин. 17/УШ-67 г.; окончание - 21 час.13 мин. 17/УШ-67 г.

3. Размеры обрушения:
   а) длина по фронту 80 м;
   б) глубина развития ср.3,0 м, макс.5,0 м;
   в) величина смещения ср.3,0 м, макс.10,0 м;
   г) объем - 2000 м^3.

4. Параметры деформированного откоса:

проектные	фактические до деформации
высота 20 м	20 м
угол откоса 60°	51-56°, отдельные участки до 62°

5. Время стояния откоса до обрушения: 2 часа

6. Скорость движения деформированных масс: свободное обрушение.

7. Наблюдения, проводимые на участке: линейные промеры и нивелировка профильных линий.

8. Ранее имевшиеся нарушения устойчивости на этом участке, горизонте: обрушение верхней части уступа горизонта 369 м объемом 150 м^3, происшедшее 15/У-67 г.

9. Ущерб, причиненный обрушением: уборка горной массы - 220 руб., ремонт экскаватора - 170 руб. Общая сумма ущерба - 390 руб.

10. Горнотехнические условия отработки участка: рабочие уступы высотой 10 м отрабатываются экскаватором ЭКГ-4,6; при погашении уступы сдваиваются; транспорт автомобильный.

11. Краткая инженерно-геологическая характеристика участка: участок обрушившегося уступа сложен выветрелыми дунитовыми серпентинитами зеленовато-серого цвета, слабой крепости, без прожилков и желваков магнезита; породы характеризуются повышенной влажностью.

12. Причины обрушения: несоответствие проектного угла откоса физико-механическим свойствам пород.

13. Меры, принятые для предупреждения и ликвидации обрушения: произведена оборка и заоткоска уступа; ограничен объем одновременно взрываемой горной массы; применяется короткозамедленное взрывание; произведена уборка обрушенной массы. Предлагается: изменить схему расположения автомобильного заезда, расположив его в наиболее устойчивой юго-восточной части карьера; произвести отвод вод, откачиваемых из карьера; произвести исследования устойчивости откосов уступов карьеров рудоуправления.

14. Дополнительные сведения: исследования устойчивос-

ти бортов карьера "Объединенный" проводились в 1961 году Магнитогорским горнометаллургическим институтом им. Г.И.Носова; по карьеру "Миллионный исследования не проводились; расположение скважин - многорядное, глубина скважин 12 м, взрывание короткозамедленное.

15. Должностные лица, привлеченные к выяснению причин и разработке мер по ликвидации обрушения: главный инженер рудоуправления Терещенко А.Н., начальник ПТО Лысяков М.И., главный маркшейдер Еремин Ю.А., главный геолог Савельев В.В., начальник отдела ТБ Симонов Н.П., главный инженер рудника "Объединенный" Выходцев В.М., старший маркшейдер рудника Балмуханов А.У.,

16. Графические приложения к паспорту деформации:

1. План участка, рис.1 (масштаб 1:500) - 1 экз.

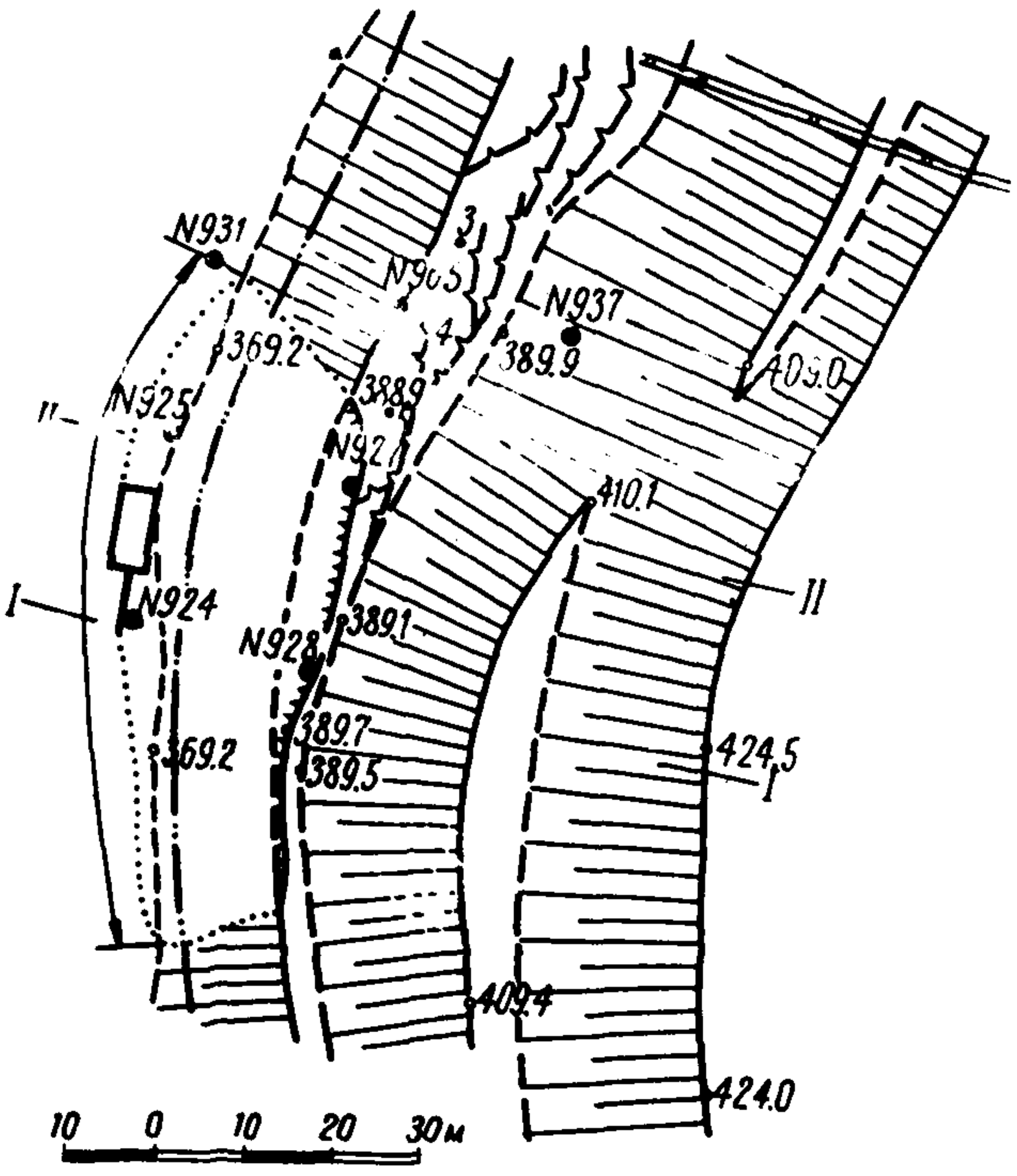


Рис.1.

2. Разрезы, рис.2 (масштаб 1:500) - 1 экз.

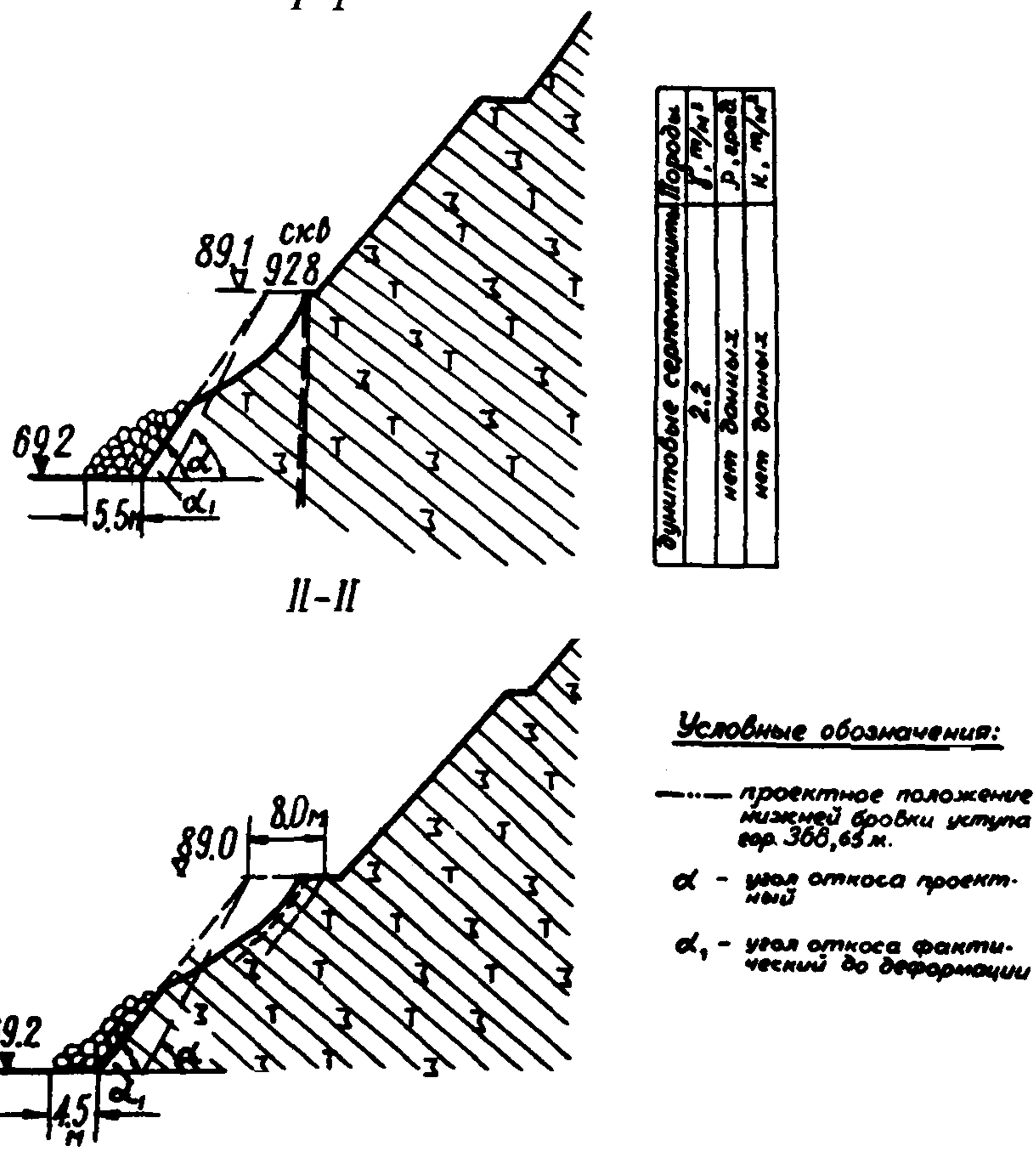


Рис.2.

3. Фотографии, рис.3 - 1 шт.

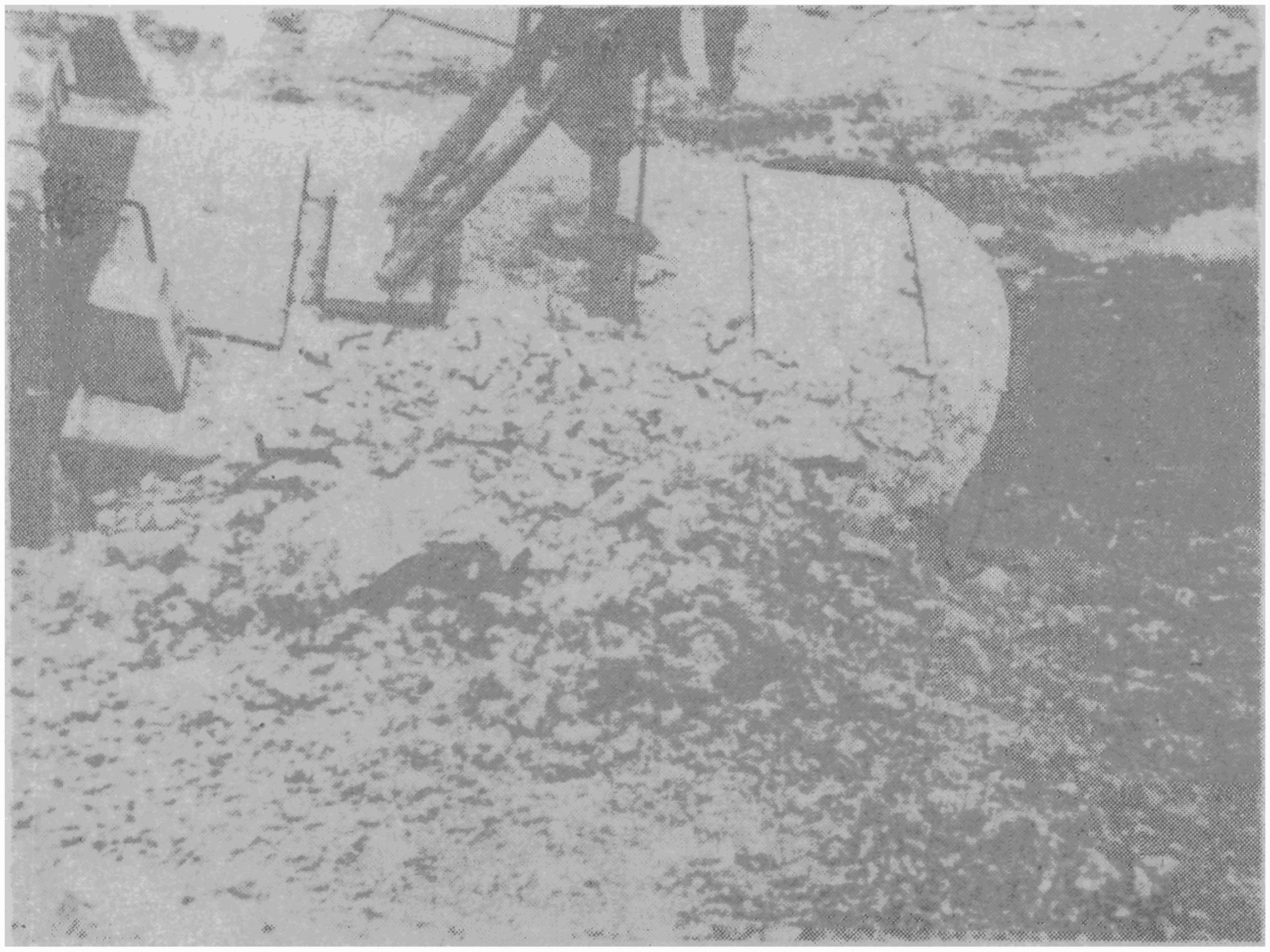


Рис.3. Обрушение уступа 17 августа 1967 года на карьере "Миллионный"

ГЛАВНЫЙ МАРКШЕЙДЕР /ЕРЕМИН Ю.А./

ГЛАВНЫЙ ГЕОЛОГ /САВЕЛЬЕВ В.В./

Особые мнения: особых мнений нет.

Приложение 20

Пример заполнения паспорта оползня

МИНИСТЕРСТВО ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ СССР
трест "ОГНЕУПОРНЕРУД"

Часов-Ярский комбинат огнеупорных изделий, рудник "Южный"

УТВЕРЖДАЮ:
ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР
ДИКУН Л.А.
11 января 1968 г.

ПАСПОРТ ДЕФОРМАЦИИ № 2

1. Объект деформации: рабочий борт вскрышных пород западного участка между скв.№ 603, 709.

2. Вид деформации: оползень.

3. Дата: начало 13.XП.67 г.; окончание - деформация борта продолжается.

4. Размеры оползня: а) длина по фронту - 330 м;
б) глубина ср.35 м, макс. 44 м;
в) величина смещений ср.7 м, макс.10 м;
г) объем 400 тыс.м^3.

5. Параметры деформированного откоса:

проектные	фактические
высота 37 м	до деформации 33,5 м
угол наклона 30°	25-30°.

6. Время стояния откоса до оползня: май-декабрь 1967 года.

7. Скорость движения деформированных масс: с 22 по 27.ХП-0,9 м/сут. с 27 по 29.ХП.67 г. - 1,75 м/сутки, с 29.ХП по 8.1. г. - 0,2 м/сут.

8. Наблюдения, проводимые на участке: на оползне заложены реперы № 92 а, 103 а, производилось тригонометрическое нивелирование, сделана тахеометрическая съемка и составлен план, М 1:1000.

Результаты наблюдений за сдвижением реперов № 92 а, 103 а

Дата наблюдения	Репер	Горизонтальное смещение, м	Вертикальное смещение, м
22.ХП.67	92 а	0	0
27.ХП.67	"	+ 4,5	- 0,23
29.ХП.67	"	+ 8,0	- 0,23
8.1.68	"	+10,0	- 0,03
11.ХП.67	103 а	0	0
13.ХП.67	"	0	0
29.ХП.67	"	+ 6,0	-5,87

9. Ранее имевшиеся нарушения устойчивости на этом участке, горизонте: на 70 м на юго-запад от описываемого нарушения устойчивости 9 сентября 1967 г. произошел оползень трех вскрышных уступов объемом 280 тыс.м^3 (деформация № 1); оползень продолжается; причины возникновения и характер развития деформации те же, что и деформации № 2 (см.п.13).

10. Ущерб, причиненный оползнем: а) перестройка высоковольтной и осветительной линий электропередач, длиной 400 м;

б) дополнительные внеплановые работы 1968 года по уборке оползня объемом 300 тыс.м^3 производятся экскаватором ЭКГ-4 на автотранспорт вместо экскаватора ЭРГ-350/1000 на конвейерный транспорт;

в) при деформации 2-го уступа рабочего борта карьера средняя часть вскрышного ленточного конвейера была сдвинута относительно своего рабочего положения на величину до 8 м;

г) в результате продолжающегося смещения оползающих масс происходит завалка вскрытых запасов огнеупорных глин, что ставит под угрозу срыва выполнение плана добычи (из вскрытых в районе оползня 100 тыс.т запасов огнеупорных глин на 8 января 1968 г. завалено 35 тыс.т.).

11. Горнотехнические условия отработки участка: вскрышные работы осуществляются по транспортной системе разработки с размещением пород на внешнем отвале. 1-й уступ высотой 17 м, 2-й уступ 8-11 м разрабатываются экскаватором ЭРГ-350/1000 с транспортировкой пород ленточными конвейерами во внешний отвал; углы откосов уступов составляли до деформации 45-50° (по проекту 65°); результирующий угол наклона борта карьера составлял 25-30° (по проекту 30°); ширина бермы для конвейера составляла 18-20 м (по проекту 14 м); довскрыша верхнего пласта выемка прослоев производится экскаватором ЭШ-4/40 с подвалкой к конвейеру или переэкскавацией в выработанное пространство.

12. Краткая инженерно-геологическая характеристика участка

Оползневой участок имеет следующее геолого-литологическое строение (сверху вниз):

а) растительный слой - 0,60 м;

б) суглинки слабые со столбчатой отдельностью (лессовидные), с большим количеством известковых включений по трещинам ("дутики") - 9-11 м;

в) суглинки плотные, тяжелые (красно-бурые глины),

вязкие, влажные - 12-13 м;

г) глина огнеупорная переотложенная (некондиционная), залегающая отдельными линзами в центральной и юго-восточной частях карьерного поля - 1-2 м;

д) пески кварцевые мелкозернистые, надглиняные, с интенсивно размытой кровлей и непостоянной мощностью (в зависимости от рельефа кровли нижележащего пласта огнеупорной глины, 2-5 м в юго-восточной части карьерного поля - деформация № 1 - и 8-14 м в северо-западной - деформация № 2);

е) глина огнеупорная - верхний пласт, распространен в основном в центральной и северо-западной частях карьерного поля, сильно эродирован, местами размыт полностью - 0,4-3,0 м;

ж) пески кварцевые мелкозернистые глинистые, залегающие между верхним и нижним пластами огнеупорной глины; в этих песках встречаются прослои огнеупорной глины мощностью 0,20-0,90 м; мощность межглиняных песков, включая прослои глины - 1,3-6,6 м;

з) глина огнеупорная - нижний пласт переменной мощности; максимальная мощность (2,0-3,8) приурочена к площади понижения пласта и нижней части склона гребня пермских отложений; минимальная (0,3-2,0 м) - к верхней части склона гребня;

и) пески кварцевые мелкозернистые глинистые, подглиняные - 8-12 м;

к) пески глауконитовые харьковского яруса мелкозернистые сильно глинистые, переходящие в глину ("зеленка"), - 1,5-3,0 м;

л) толща пермских гипсо-соленосных отложений - плотные сланцеватые глины с прослоями песков.

Средние мощности: вскрышных пород - от дневной поверхности до кровли верхнего пласта огнеупорной глины - 35,0 м, верхнего пласта огнеупорной глины - 1,7 м, межглиняных песков, включая маломощные прослои огнеупорной глины, - 4,0 м; нижнего пласта огнеупорной глины, включая нерабочую мощность (до 1,0 м), распространенную в верхней части склона гребня пермских отложений, - 2,20 м.

В толще отложений на участке развития оползня имеется три водоносных горизонта.

П е р в ы й – на кровле плотных суглинков (красно бурых глин); здесь установлены незначительные местные скопления воды в основании лессовидных суглинков, в основном же этот водоносный горизонт представлен незначительными водопроявлениями, отрицательно влияющими на устойчивость вскрышных пород.

В т о р о й – на кровле верхнего пласта огнеупорной глины, а там, где этот пласт отсутствует, – на кровле нижнего пласта; в пониженных частях пласта наблюдаются значительные скопления подземной воды в надглиняных мелкозернистых и межглиняных глинистых песках; благодаря слабым фильтрационным свойствам, эти пески приобретают характер плывунов; мощность водоносных песков достигает 4–6 м, уровень воды находится на отметке 200 м(деформация № 1) и 202–204 м (деформация № 2); дебит этого горизонта достигает 50 м^3/час на 100 погонных метров протяженности борта.

Т р е т и й – на глауконитовых/глинистых песках и з[illegible]еных глинах (в подглиняных песках); в наиболее пониженных частях подошвы нижнего пласта огнеупорной глины воды этого горизонта обладают напором; при отработке пласта огнеупорных глин до подглиняных песков наблюдаются прорывы подземных вод, уровень воды при этом устанавливается на отметке 195 м.

Для защиты от затопления карьера в его подошве оставляется нижняя часть пласта огнеупорной глины мощностью до 0,5 м.

Физико-механические свойства горных пород вскрыши рудника "Южный" не изучались. Показатели прочности приняты по результатам исследований УкрНИИпроекта, проведенных в 1961–63 г.г. по теме № 54-61/5: "Выбор оптимальных параметров бортов карьеров и откосов уступов в условиях неустойчивых пород Часов-Ярского и Ново-Райского месторождений огнеупорных глин", применительно к условиям Днепропетровского рудника Часов-Ярского комбината, находящегося в аналогичных условиях.

Усредненные характеристики прочности оползневого массива, определенные методом обратного расчета Ю.М.Николашиным и В.А.Жилка, соответственно равны: $tg\rho$ =0,11 (ρ =6°20'), K = 4,2 т/м^2 при объемном весе деформированных пород γ =1,54 т/м^3.

13. Причины оползня: Несоответствие параметров борта карьера инженерно-геологическим условиям. При установлении параметров борта не учитывались:

а) сложный рельеф пермских отложений, характеризующийся чередующимися поднятиями (гребнями, куполами) и резкими понижениями (на участке возникшего оползня),обусловленными карстовыми явлениями;

б) низкая прочность песчано-глинистых пород на контакте кровли огнеупорной глины и надглиняных песков, падающем под углом 16-20° в сторону выработанного пространства и являющемся поверхностью скольжения, а также высокая пластичность глин при естественной влажности 20-24%.

14. Меры, принятые для предупреждения и ликвидации оползня. Для ликвидации и предупреждения оползня борта необходимо

а) разгрузить раб - й борт от оползших масс горных пород и вывезти их на внешний отвал автотранспортом на расстояние 2,5 км);

б) уменьшить результирующий угол наклона борта карьера до 20° путем увеличения ширины рабочей площадки между 1-м и 2-м уступами.

15. Дополнительные сведения: подземные и атмосферные воды, поступающие в карьер, откачиваются карьерным водоотливом.

16. Должностные лица, привлеченные к выяснению причин и разработке по ликвидации деформации.

Состав комиссии:

к.т.н.Бережной И.Н. - главный инженер треста "Огнеупорнеруд"

Дикун Л.А. - главный инженер горного управления Часов-Ярского комбината

Моисеенко В.Я. - главный инженер проекта института "Южгипроруда",

Пейхвассер Р.В. - руководитель геологической группы института "Южгипроруда",

Пушко А.Т. - главный маркшейдер треста "Огнеупорнеруд",

Кульбацкий А.Я. - главный геолог горного управления Часов-Ярского комбината,

к.т.н. Шевченко И.П. - старший научный сотрудник ДонНИГРИ,

к.т.н.Николашин Ю.М. - старший научный сотрудник ВИОГЕМ,

Жилка В.А. - старший инженер ВИОГЕМ

17. Графические приложения к паспорту деформации:

1 План участка (масштаб 1:1000), рис.1 - 1 экз.

2. Разрезы (масштаб 1:500), рис.2 - 1 экз.

3. отографии, рис.3 - 1 экз.

ГЛ.МАРКШЕЙДЕР Прокофьев Е.М.

ГЛ. ГЕОЛОГ Кульбацкий А.Я.

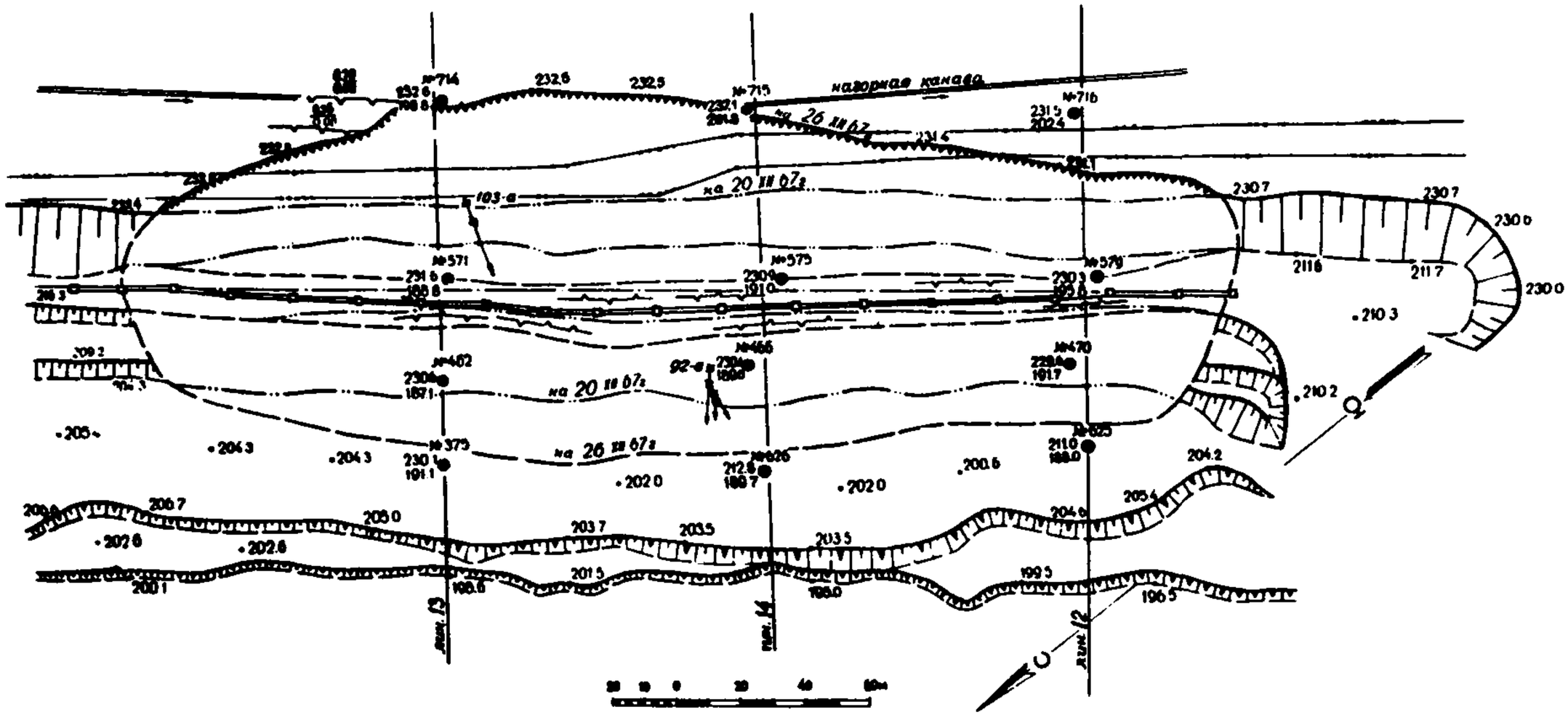


Рис.1. План участка оползня №2 (рудник "Южный")

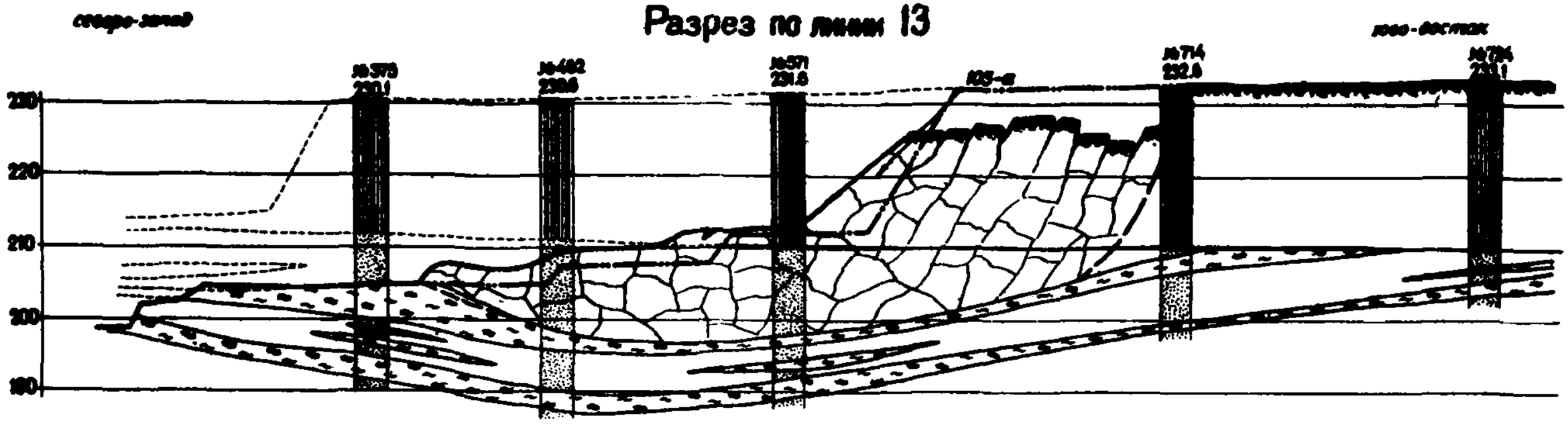
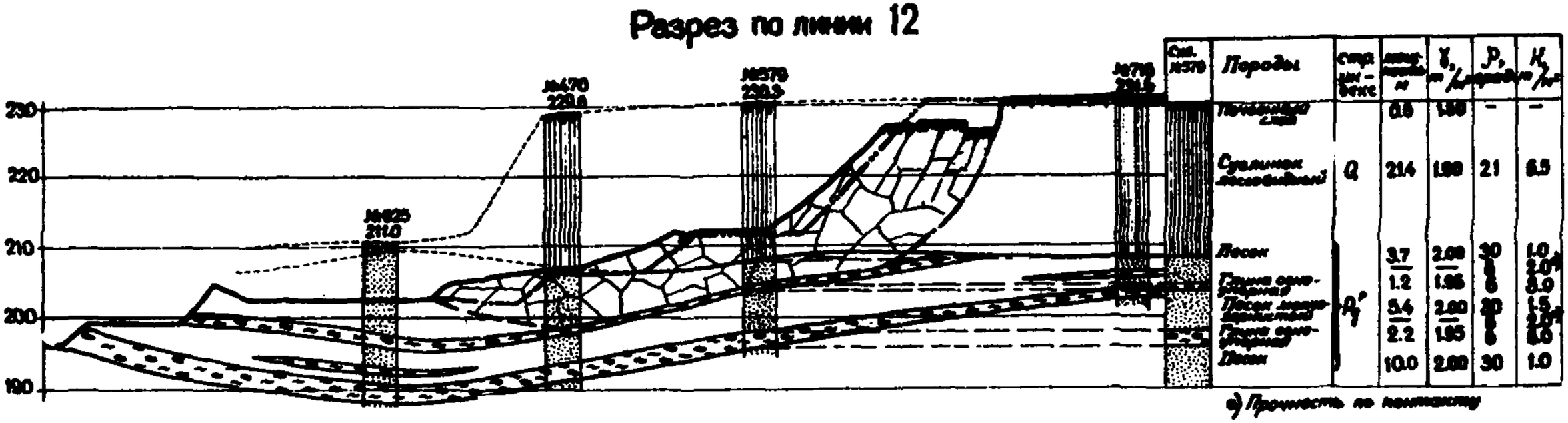


Рис.2. Разрезы плану участка оползня №2 дник "Южный")



(продолжение рис.2.)

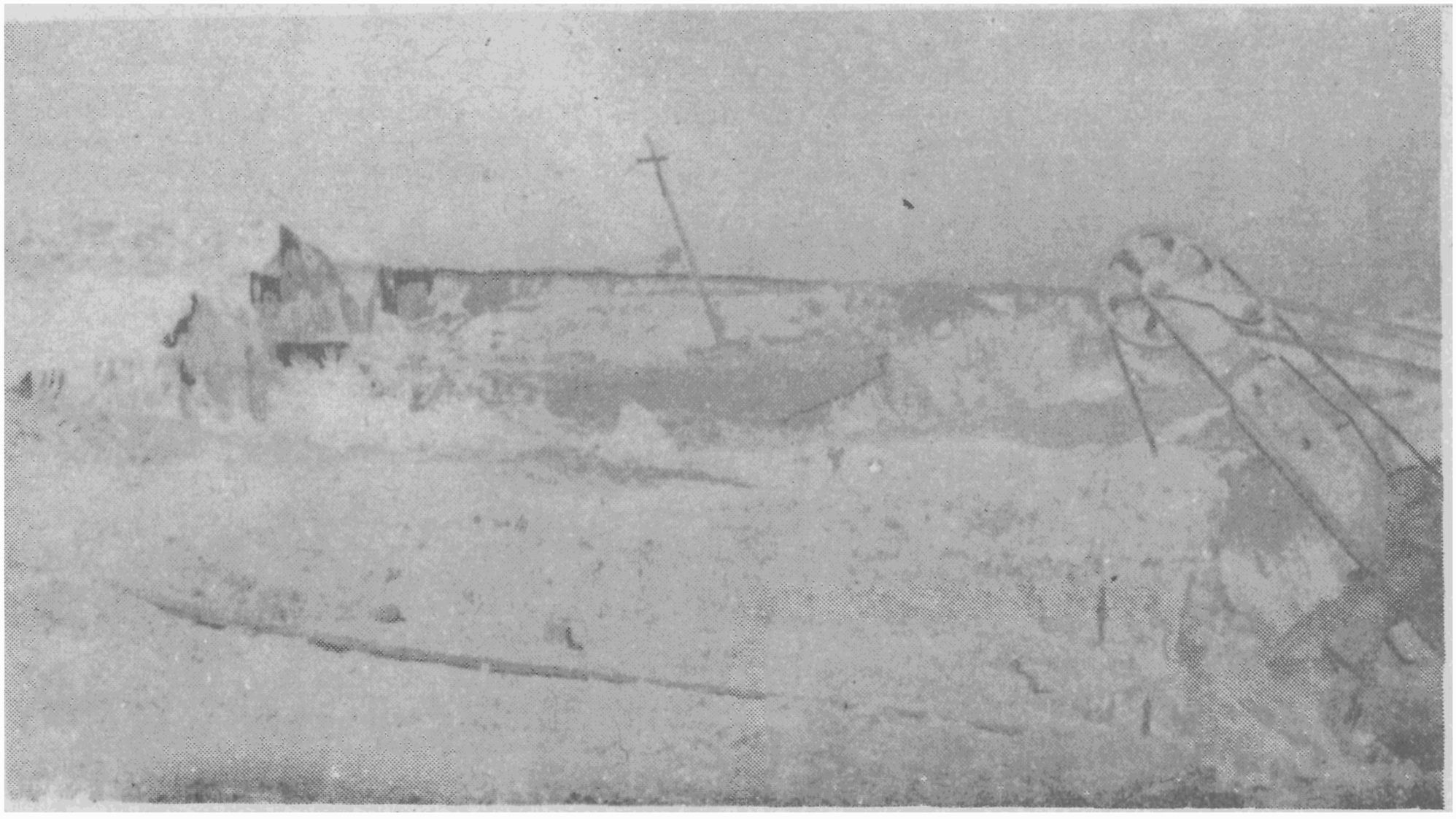


Рис.3. Общий вид оползня на руднике "Южный"

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ПРЕВЫШЕНИЯ ПРИ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОМ НИВЕЛИРОВАНИИ

Таблица среднеквадратических ошибок в определении превышений, *мм*

1. Погрешность определения превышений за счет погрешности определения длин m_{z_L}

$$m_L = 0{,}00016\sqrt{L} + 0{,}000036\,L + 0{,}0025;\quad m_{z_L} = m_L \cdot \sin\delta$$

Таблица 1

L_1	δ / m_L	0° 30′	1°	2°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
10	3,4	0	0,1	0,1	0,3	0,6	0,9	1,2	1,4	1,7	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	2,9
15	3,7	0	0,1	0,1	0,3	0,6	1,0	1,3	1,6	1,8	2,1	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
20	3,9	0	0,1	0,1	0,3	0,7	1,0	1,3	1,7	2,0	2,2	2,5	2,8	3,0	3,2	3,4
30	4,5	0	0,1	0,2	0,4	0,7	1,2	1,5	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,4	3,7	3,9
40	5,0	0	0,1	0,2	0,4	0,9	1,3	1,7	2,1	2,5	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,3
50	5,4	0	0,1	0,2	0,5	0,9	1,4	1,8	2,3	2,7	3,1	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7

2. Погрешность определения превышений за счет погрешностей определения углов m_{z_δ}

$$m_{z_\delta} = m_\delta \cdot L \cos\delta$$

Таблица 2

L_1	δ / m_δ	0° 30′	1°	2°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
10	10″	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2
15	10″	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4
20	10″	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5
25	10″	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,6
30	10″	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7
35	10″	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5	1 5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,8
40	10″	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0
45	10″	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,5	1,4	1,3	1,1
50	10″	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,7	1,6	1,4	1,2
10	15″	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4
15	15″	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1.0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5
20	15″	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7
25	15″	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,0	0,9
30	15″	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,5	1,4	1,3	1,1
35	15″	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3
40	15″	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,2	2,1	1,9	1,7	1,5
45	15″	3,3	3,3	3,3	3,3	3,2	3,2	3,1	3,0	2,8	2,7	2,5	2,3	2,1	1,9	1,6
50	15″	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,0	2,8	2,6	2,3	2,1	1,8

L_1	m_δ \ δ	0° 30′	1°	2°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
10	20″	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5
15	20″	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7
20	20″	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0
25	20″	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,7	1,6	1,4	1,2
30	20″	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,2	2,1	1,9	1,7	1,5
35	20″	3,4	3,4	3,4	3,4	3,3	3,3	3,2	3,1	2,9	2,8	2,6	2,4	2,2	1,9	1,7
40	20″	3,9	3,9	3,9	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4	3,2	3,0	2,7	2,5	2,2	1,9
45	20″	4,4	4,4	4,4	4,3	4,3	4,2	4,1	4,0	3,8	3,6	3,3	3,1	2,8	2,5	2,2
50	20″	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,7	4,6	4,4	4,2	4,0	3,7	3,4	3,1	2,8	2,4
10	30″	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7
15	30″	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,5	1,4	1,3	1,1
20	30″	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,2	2,1	1,9	1,7	1,5
25	30″	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,0	2,8	2,6	2,3	2,1	1,8
30	30″	4,4	4,4	4,4	4,3	4,3	4,2	4,1	4,0	3,8	3,6	3,3	3,1	2,8	2,5	2,2
35	30″	5,1	5,1	5,1	5,1	5,0	4,9	4,8	4,6	4,4	4,2	3,9	3,6	3,3	2,9	2,5
40	30″	5,8	5,8	5,8	5,8	5,7	5,6	5,5	5,3	5,0	4,8	4,5	4,1	3,7	3,3	2,9
45	30″	6,5	6,5	6,5	6,5	6,4	6,3	6,2	5,9	5,7	5,4	5,0	4,6	4,2	3,8	3,3
50	30″	7,3	7,3	7,3	7,2	7,2	7,0	6,8	6,6	6,3	6,0	5,6	5,1	4,7	4,2	3,6

Пример: Определить погрешность превышения между реперами А и В при тригонометрическом нивелировании.

Расстояние между реперами А и В = L_1 = 10 м.

Угол наклона линии АВ = $\delta = 20^{D}$;

Угол замерен теодолитом ТГ-1 одним полным приемом.

Расстояние измерено рулеткой на весу с соблюдением соответствующих требований (см.пункт 23).

а) Находим погрешность определения превышения за счет ошибки измерения длины линии АВ. По табл.1 приложения 4 для L_1 = 10 м и δ =20° находим m_{z_L}=1,2 мм.

б) Находим погрешность определения превышения за счет ошибки измерения угла наклона. Ошибку измерения угла наклона вычисляем по формуле

$$m_\delta = \sqrt{m_0^2 + m_v^2},$$

где

$$m_0 = \frac{t}{3,5} = \frac{30''}{3,5} = \pm 8'',5,$$

$$m_v = \frac{100''}{v} = \frac{100''}{20} = \pm 5'',$$

$$m_\delta = \sqrt{(8,5)^2 + 5^2} = \pm 10''.$$

По табл.2 приложения 4 для L_1 =10 м, δ =20° и $m_\delta = \pm 10''$, находим m_{z_δ}=0,5 мм.

в) Находим общую погрешность определения превышения по формуле:

$$m_{\Delta z} = \sqrt{m z_\Delta^2 + m_{z_\delta}^2 + m_i^2 + m_v^2}.$$

Принимая погрешность определения высоты инструмента m_i = 2 мм и погрешность определения высоты сигнала m_v= 1 мм,

$$m_{\Delta z} = \sqrt{(1,2)^2 + (0,5)^2 + 2^2 + 1^2} = 2,6 \text{мм}$$

Из приведенного примера следует, что погрешность определения превышения в данном случае зависит главным образом от ошибки линейных измерений.

Приложение 22

ПОЛЕВОЙ ЖУРНАЛ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

Станция № 2
Профиль № 7
Инструмент Теодолит ТТ-I № I400I

Дата 24 июля I964 г.
Наблюдатель А.В.Сергеев

Точка стояния	Точка наведения	Отсчеты по вертикальному кругу: КП-круг право, Верньер I			Верньер II		Среднее			КП-круг лево, Верньер I			Верньер II		Среднее			Угол наклона, Место нуля			Отсчеты по ленте, м: задний	передний	измеренная длина	Температура, град.	l, м	υ, м	Примечание и эскизы
		°	′	″	′	″	°	′	″	°	′	″	′	″	°	′	″	°	′	″							
	2	333	52	00	52	30	333	52	I5	26	08	00	08	30	26	08	I5	-26	08	00	0,III	7,400	7,289			0,073	
																		0	0	I5	0,I50	7,440	7,290	25			
3																					0,I70	7,460	7,290		I,I42		
																					Среднее		7,290				
		30	34	30	35	30	30	35	00	329	25	30	26	30	329	26	00	+30	34	30	0,064	8,I23	8,059				
																		0	0	30	0,078	8,I37	8,059	25		0,I06	
																					0,098	8,I57	8,059				
																					Среднее		8,059				

Приложение 24

ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПРЕВЫШЕНИЙ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

Станция № 2
Профиль № 7

Дата 25 июля 1964 г.
Вычислитель: А.В.Сергеев

Интервалы	$\circ$ ($v_1 - v_2$)	Измеренная длина, м	Поправки, мм				Исправленная наклонная длина l, м	Угол наклона δ, град.	$\sin\delta$	$\cos\delta$	Горизонтальное положение, м		$l \sin\delta$	l	v	Превышение		Расстояние от начала репера, м	Высотная отметка	№ реперов	Примечание и эскизы
			Δl_t	Δl_f	Δl_k	сумма					прямое и обратное	среднее				ΔZ	$\Delta Z_{ср}$				
4–5	–6	I3,274	–0,9	–0,3	+3,9	+2,7	I3,2767	–I8°30'59"	–0,3I76	0,9482	I2,589	I2,59I	–4,2I7	I,275	000	–2,942	–2,957	84,354	2I5,II7	5	
5–4		I2,696	–0,9	–0,3	+3,9	+2,7	I2,6987	– 7°20'I2"	+0,I277	0,99I8	I2,594		+I,622	I,350	000	+2,972					

Приложение 23

ПОЛЕВОЙ ЖУРНАЛ ИЗМЕРЕНИЯ ДЛИН

Станция № 2 — Дата 24 июля 1964 г.
Профиль № 7
Рулетка РГД-30 № 324 — Наблюдатель А.В.Сергеев

Интервалы	Температура, град.	Отсчеты по ленте, мм			Промеры до точек перегиба ленты	Примечание и эскизы
		задний	передний	измеренная длина		
5-82	22	0,111	7,400	7,289		
		0,150	7,440	7,290		
		0,170	7,460	7,290		
		Среднее		7,290		
82-83	22	0,064	8,123	8,059		
		0,078	8,137	8,059		
		0,098	8,157	8,059		
		Среднее		8,059		

Приложение 25

ВЕДОМОСТЬ ВЕРТИКАЛЬНЫХ (ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ) СМЕЩЕНИЙ

Наблюдательная станция № Вычислитель

Наименование профиля	№ репера	I-е наблюдение, м. I0.X. 65 г.	2-е наблюдение, м. II.XI 65 г.	2-I, мм	3-е наблюдение, м. I0. III.65г.	3-2, мм	3-I, мм	4-е наблюдение, м	4-3 мм	4-I, мм	5-е наблюдение, м	5-4, мм	Последнее минус первое	Примечание
Профиль № 2	I	I5.II8	I5.II2	-006										
	2	I4.0I2	I4.004	-008										
	3	I9.7I5	I9.702	-0I3										
	4	20.325	20.3I0	-0I5										

Приложение 26

ВЕДОМОСТЬ СКОРОСТЕЙ СМЕЩЕНИЯ РЕПЕРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ВЕКТОРОВ

Наблюдательная станция №

Профильная линия №

Дата 1-го наблюдения Вычислитель:

№ репера	2-е наблюдение (дата). Величина вектора, м	2 - 1 Количество суток. Скорость, мм/сутки	3-е наблюдение (дата). Величина вектора, м	3-2 Изменение вектора, мм	3-2 Количество суток. Скорость, мм/сутки	Примечание
	2.X.53	25	3.XII.53		62	
1	0,750	30,0	0,930	180	2,9	
2	1,000	40,0	1,220	220	3,5	

ТАБЛИЦА ПОПРАВОК ЗА ТЕМПЕРАТУРУ ДЛЯ СТАЛЬНОЙ РУЛЕТКИ, *мм*

Разность t° / Интервалы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0—1	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0—2	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
0—3	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7
0—4	0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0
0—5	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2
0—6	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,4
0—7	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
0—8	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	1,8	1,9
0—9	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2
0—10	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4
0—11	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,6
0—12	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9
0—13	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,0	2,5	2,6	2,8	3,0	3,1
0—14	0,2	0,3	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	1,3	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,7	2,9	3,0	3,2	3,4
0—15	0,2	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,2	3,4	3,6
0—16	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	3,6	3,8
0—17	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,9	3,1	3,3	3,5	3,8	3,9	4,0
0—18	0,2	0,4	0,6	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,5	3,8	3,9	4,1	4,3
0—19	0,2	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,4	3,6	3,9	4,1	4,3	4,6
0—20	0,2	0,5	0,7	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,2	2,4	2,6	2,9	3,1	3,4	3,6	3,8	4,1	4,3	4,6	4,8
0—21	0,2	0,5	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8	4,0	4,3	4,3	4,8	5,0
0—22	0,3	0,5	0,8	1,1	1,3	1,6	1,8	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,4	3,7	4,0	4,2	4,5	4,8	5,0	5,3
0—23	0,3	0,6	0,8	1,1	1,4	1,7	1,9	2,2	2,5	2,8	3,0	3,3	3,6	3,9	4,1	4,5	4,7	5,0	5,2	5,5
0—24	0,3	0,6	0,9	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,7	4,0	4,3	4,6	4,9	5,2	5,5	5,8
0—25	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,1	5,4	5,7	6,0
0—26	0,3	0,6	0,9	1,2	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	4,1	4,4	4,7	5,0	5,3	5,6	5,6	6,2

Разность f / Интервалы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0—27	0,3	0,6	1,0	1,3	1,6	1,9	2,3	2,6	2,9	3,2	3,6	3,9	4,2	4,5	4,9	5,2	5,5	5,8	6,2	6,5
0—28	0,3	0,7	1,0	1,3	1,7	2,0	2,4	2,7	3,0	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0	5,4	5,7	6,0	6,4	6,7
0—29	0,4	0,7	1,0	1,4	1,7	2,1	2,4	2,8	3,1	3,5	3,8	4,2	4,5	4,9	5,2	5,6	5,9	6,3	6,6	7,0
0—30	0,4	0,7	1,1	1,4	1,8	2,2	2,5	2,9	3,2	3,6	4,0	4,3	4,7	5,0	5,4	5,8	6,1	6,5	6,8	7,2
0—31	0,4	0,7	1,1	1,5	1,9	2,2	2,6	3,0	3,4	3,7	4,1	4,5	4,8	5,2	5,6	6,0	6,3	6,7	7,1	7,4
0—32	0,4	0,8	1,1	1,5	1,9	2,3	2,7	3,1	3,5	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,1	6,5	6,9	7,3	7,7
0—33	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,5	5,9	6,3	6,7	7,1	7,5	7,9
0—34	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,9	3,3	3,7	4,1	4,5	4,9	5,3	5,6	6,1	6,5	6,9	7,3	7,8	8,2
0—35	0,4	0,8	1,3	1,7	2,1	2,5	2,9	3,7	3,8	4,2	4,6	5,0	5,5	5,9	6,3	6,7	7,1	7,6	8,0	8,4
0—36	0,4	0,9	1,3	1,7	2,2	2,6	3,0	3,5	3,9	4,3	4,8	5,2	5,6	6,0	6,5	6,9	7,3	7,8	8,2	8,6
0—37	0,4	0,9	1,3	1,8	2,2	2,7	3,1	3,6	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,2	6,7	7,1	7,6	8,0	8,4	8,9
0—38	0,5	0,9	1,4	1,8	2,3	2,7	3,2	3,6	4,0	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4	6,8	7,3	7,8	8,2	8,7	9,1
0—39	0,5	0,9	1,4	1,9	2,3	2,8	3,3	3,7	4,2	4,7	5,2	5,6	6,1	6,6	7,0	7,5	8,0	8,4	8,9	9,4
0—40	0,5	1,0	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4	3,8	4,3	4,8	5,3	5,8	6,2	6,7	7,2	7,7	8,2	8,6	9,1	9,6
0—41	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,4	3,9	4,4	4,9	5,4	5,9	6,4	6,9	7,4	7,9	8,4	8,9	9,4	9,8
0—42	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,6	7,1	7,6	8,1	8,6	9,1	9,6	10,1
0—43	0,5	1,0	1,6	2,1	2,6	3,0	3,6	4,1	4,6	5,2	5,7	6,2	6,7	7,2	7,7	8,3	8,8	9,3	9,8	10,3
0—44	0,5	1,1	1,6	2,1	2,6	3,2	3,7	4,2	4,8	5,3	5,8	6,3	6,9	7,4	7,9	8,5	9,0	9,5	10,0	10,6
0—45	0,5	1,1	1,6	2,2	2,7	3,2	3,8	4,3	4,9	5,4	5,9	6,5	7,0	7,6	8,1	8,6	9,2	9,7	10,3	10,8
0—46	0,6	1,1	1,7	2,2	2,8	3,3	3,9	4,4	5,0	5,5	6,1	6,6	7,2	7,7	8,3	8,8	9,4	9,9	10,5	11,0
0—47	0,6	1,1	1,7	2,3	2,8	3,4	4,0	4,5	5,1	5,6	6,2	6,8	7,3	7,9	8,5	9,0	9,6	10,2	10,7	11,3
0—48	0,6	1,2	1,7	2,3	2,9	3,5	4,0	4,6	5,2	5,8	6,3	6,9	7,5	8,1	8,6	9,2	9,8	10,4	10,9	11,5
0—49	0,6	1,2	1,8	2,4	2,9	3,5	4,1	4,7	5,3	5,9	6,5	7,1	7,6	8,2	8,8	9,4	10,0	10,6	11,2	11,8
0—50	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6	4,2	4,8	5,4	6,0	6,6	7,2	7,8	8,4	9,0	9,6	10,2	10,8	11,4	12,0

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Б е л о в Ю.Д. Определение прочности горных пород динамическим пробником. Труды ВНИМИ, сб.60, 1966.

2. Б и л и к Ш.М., П а н о в А.Д., К о р а б л е в А.А., С л о б о д о в М.А. Приборы и аппаратура для исследования проявлений горного давления. М., Углетехиздат, 1958.

3. Б р а й т П.И. Геодезические методы измерения смещений на оползнях. М., "Недра", 1965.

4. В а с и л ь е в А.М. Основы современной методики и техники лабораторных определений физических свойств грунтов, изд. 2-е. Изд.лит.по строит. и архитектуре, 1953.

5. В и к т о р о в А.М. Способ осмотра стенок и забоя скважин. М., Госгеолтехиздат, 1954.

6. Вопросы разработки руд открытым способом. "Научные труды Магнитогорского горнометаллургического института", вып.36, Магнитогорск, 1965.

7. Временная инструкция по паспортизации нарушений устойчивости на карьерах черной металлургии. Изд.ВИОГЕМ, Белгород, 1968.

8. Горное давление, сдвижение горных пород и методика маркшейдерских работ на рудных месторождениях. Сб. ВНИМИ, ЦХП, Л., 1966.

9. Г у л а к я н К.А. Методы изучения смещений на глубине оползневого массива. "Изд.АН Арм.ССР , серия наука о Земле," том ХУШ, № 3-4, Ереван, 1965.

10. Д е н и с о в Н.Я., П а у ш к и н Г.А. Применение гамма-локации для изучения динамики оползней-потоков. Сб. статей "Оползни и борьба с ними". Ставропольское кн. изд-во, 1964.

11. Директивы ХХШ съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1966-70 годы. М.,Госполитиздат, 1966.

12. Дубровин В.С. Николашин Ю.М. Палетки для определения положения поверхности скольжения в оползневом массиве борта карьера. Тр.ин-та "ЦНИИгоросушение", вып.9, Белгород, 1967.

13. Единые правила безопасности при взрывных работах. Изд.4-е, М., Госгортехиздат, 1963.

14. Емельянова В.П. Методическое руководство по стационарному изучению оползней. М., Госгеолтехиздат, 1956.

15. Зотеев В.Г. Приборы для изучения структуры горного массива железорудных месторождений. В сб."Труды ИГД МЧМ СССР", вып.12."Недра", М., 1966.

16. Инструкция по изучению инженерно-геологических условий при разведке месторождений твердых полезных ископаемых, намеченных к разработке открытым способом (проект). Изд.ВСЕГИНГЕО, М., 1967.

17. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений. Л., ВНИМИ, 1959.

18. Инструкция по наблюдениям за сдвижением земной поверхности и за подрабатываемыми сооружениями на угольных и сланцевых месторождениях. ВНИМИ, Л., 1958.

19. Инструкция по нивелированию I,II,III и IУ классов. Геодезиздат, М., 1957.

20. Инструкция по определению оптимальных углов наклона бортов карьеров и откосов отвалов.ВНИМИ, Л., 1970.

21. Инструкция по паспортизации нарушений устойчивости откосов на карьерах черной металлургии (проект). Изд. ЦНИИгоросушение, Белгород, 1967.

22. Инструкция по приближенному испытанию образцов горных пород неправильной формы на одноосное сжатие. ВНИМИ, 1964.

23. Истомина В.С. Фильтрационная устойчивость грунтов. М., Госстройиздат, 1957.

24. Инструкция по электроразведке, ч.1. М.. Госгеолтехиздат, 1961.

25. К а г е р м а з о в а С.В. Некоторые результаты изучения выветривания горных пород на карьерах. Тр.ВНИМИ, сб.84, 1968.

26. К а ц н е л ь с о н Н.Н. Определение смещения пунктов тригонометрическим методом. Труды ВНИМИ, вып.XX1У. Углетехиздат, 1951.

27. К е л л ь Н.Г., Б е л о л и к о в А.Н. Определение смещений точек на оползнях дифференциальным методом. Углетехиздат, М., 1954.

28. К а ж е н о в Е.Н. Интерпретация кривых вертикального электрического зондирования. М., Гостоптехиздат, 1957.

29. К а н л ы б а е в а Ж.М., С е р с е н б а е в А.С. Руководство по наблюдению за сдвижением горных пород в толще массива с помощью радиоактивных изотопов. Изд.АН Каз.ССР, Алма-Ата, 1962.

30. К о г а н Я.Л. Аппаратура и методика определения порового давления в глинистых грунтах. Изд.Гидропроект, М., 1960.

31. К у в а е в Н.Н. Роль трещиноватости в устойчивости откосов и требования к методике ее изучения. Труды ВНИМИ, сб. I 1, изд. ВНИМИ, 1964.

32. К у з ь м и н В.И. Совершенствование методики натурных наблюдений за сдвижением горных пород в Криворожском бассейне. Сб."Вопросы маркшейдерского дела", ч.П, Белгород, 1969.

33. Л о м т а д з е В.Д. Методы лабораторных исследований физико-механических свойств песчаных и глинистых грунтов. М., Госгеолиздат, 1952.

34. Материалы совещания по вопросам изучения оползней и мер борьбы с ними. Изд.КГУ, Киев, 1969.

35. Материалы совещания по вопросам изучения устойчивости откосов на карьерах. Изд.ВИОГЕМ, Белгород,1967.

36. М е д в е д е в С.В. Сейсмика горных взрывов. М., "Недра", 1964.

37. Методическое пособие по изучению инженерно-геологических условий месторождений полезных ископаемых, подлежащих разработке открытым способом. Изд.ВНИМИ, Л., 1965.

38. Методическое руководство по искусственному укреплению откосов скальных и полускальных пород на карьерах. Изд.ВНИМИ, Л., 1967.

39. Методические указания по производству маркшейдерских наблюдений за оползневыми явлениями на угольных карьерах. ВНИМИ, М, Углетехиздат, 1955.

40. Методические указания по производству натурных испытаний сопротивления сдвигу неоднородных, слоистых и трещиноватых пород. Изд.ВНИМИ, Л., 1965.

41. Методы изучения осадочных пород, т.т.1,II. М., Госгеолиздат, 1957.

42. М о р о з о в С.С. К методике производства гранулометрического анализа карбонатных пород. "Ученые записки МГУ. Грунтоведение", вып.149, кн.2, 1951.

43. М о ч а л о в А.М. Длительные наблюдения за деформациями бортов карьеров для оценки их устойчивости. ЦНИИГоросушение, Белгород, 1967.

44. М о ч а л о в А.М. Особенности деформации откосов при развитии оползней надвига и выпирания. Изд."Промінь", Днепропетровск, 1968.

45. Оползни и борьба с ними. Тр.Сев.-Кавказ.научно-производственного семинара по изучению оползней и опыта борьбы с ними. Ставропольское книгоиздательство, 1964.

46. Осушение карьерных полей, ч.1, Изд.ВНИМИ, Л., 1965.

47. П а н ю к о в П.Н. Инженерная геология. М., Госгортехиздат, 1962.

48. П е в з н е р М.Е. Изучение структуры массива при исследовании устойчивости бортов Норильских карьеров. "Изв.высших учебных заведений. Горный журнал" 1963, № 6.

49. П о л о в н и к и н а Ю.И., А н и к е е в а Н.Ф., К о м а р о в а А.Е. Структуры горных пород, т.1,П,Ш. Госгеолиздат, М.-Л., 1948.

50. Правила технической эксплуатации для предприятий, разрабатывающих месторождения открытым способом. М., "Недра", 1964 г.

51. П р и к л о н с к и й В.А. Грунтоведение,ч.1,П. Госгеолтехиздат, М., 1955.

52. Проблемы инженерной геологии. Сборник переводов под редакцией Г.С.Золотарева, М., "Мир", 1964.

53. Руководство по определению оптимальных углов наклона бортов карьеров и откосов отвалов. Л.,ВНИМИ, 1962.

54. Руководство по обеспечению устойчивости уступов и бортов карьеров и сейсмической безопасности зданий и сооружений при ведении взрывных работ на карьерах.ВНИМИ, 1970.

55. Р ю г е л ь В., Ф о г е л ь В. Фотограмметрическое измерение сдвижения поверхности откосов абзетцерных отвалов. В сб."Маркшейдерское дело в соц.странах", М., "Недра", 1964.

56. Руководство по дренированию карьерных полей, разделы I и II. Изд.ВНИМИ, 1968.

57. С е р г е е в Е.М. Грунтоведение. Изд-во Московского университета, 1959.

58. С к в о р ц о в Г.Г., П р о х о р о в С.П. Инструкция по изучению инженерно-геологических условий при разведке месторождений твердых полезных ископаемых, намечаемых к разработке открытым способом. ВСЕГИНГЕО, "Недра", М.,1967.

59. С л а в я н о в В.Н. Инженерно-геологические прогнозы устойчивости откосов. М., Госстройиздат, 1964.

60. С л е д з ю к П.Е. Некоторые итоги работы железорудной промышленности за семилетие. "Горный журнал", 1966, № 1.

61. Справочник геодезиста. М., "Недра", 1966.

62. Справочник гидрогеолога. Под общей редакцией М.Е.Альтовского, М., Госгеолтехиздат, 1962.

63. Справочник по инженерной геологии. Под общей редакцией М.В.Чуринова. М., "Недра", 1968.

64. Справочное руководство гидрогеолога под редакцией канд.геол.-мин.наук В.М.Максимова. Л.,Гостоптехиздат,1959.

65. Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ. М., Углетехиздат, 1959.

66. Терминологический словарь "Горное дело". ИГД им. А.А.Скочинского. М., "Недра", 1965.

67. У ш а к о в И.Н. Горная геометрия. Госгортехиздат, 1962.

68. Ф и с е н к о Г.Л., В е с е л к о в В.И. Изучение деформаций ползучести глинистых пород при сдвиге. Сб. докладов "Формирование и изменение физико-механических свойств горных пород под влиянием естественных и искусственных факторов", Л., 1966.

69. Ф и с е н к о Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. М., "Недра", 1965.

70. Фототеодолитная съемка в крупных масштабах (практическое руководство). Изд.ВНИМИ, Л., 1960.

71. Ф р и ч В. Электроразведка при инженерно-геологических исследованиях, перевод с немецкого. М., Стройиздат, 1965.

72. Ч а п о в с к и й Е.Г. Практическое руководство к лабораторным работам по грунтоведению и механике грунтов. М., Госгеолтехиздат, 1961.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

ВВЕДЕНИЕ 3

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 6

ГЛАВА 2. ИЗУЧЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ, ТРЕЩИНОВАТОСТИ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ МАССИВОВ. 14

2.1. Изучение геологического строения и физико-механических свойств пород 14
2.2. Изучение структурных особенностей массива. 22

ГЛАВА 3. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ 29

3.1. Общие положения 29
3.2. Закладка наблюдательных станций 31
3.3. Методика маркшейдерских наблюдений. . . 37
3.4. Обработка результатов маркшейдерских наблюдений 42
3.5. Упрощенные маркшейдерские наблюдения. . 47
3.6. Особенности маркшейдерских наблюдений за деформациями отвалов. 51
3.7. Анализ материалов маркшейдерских наблюдений. 53

ГЛАВА 4. УПРОЩЕННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ БОРТОВ КАРЬЕРОВ, ОТКОСОВ УСТУПОВ И ОТВАЛОВ. . . . 59

4.1. Наблюдения за фильтрационными деформациями 59
4.2. Наблюдения за процессом осыпания пород в откосах уступов 60
4.3. Упрощенные наблюдения за деформациями при сейсмическом воздействии взрывов. . . 66

ГЛАВА 5. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ НА КАРЬЕРАХ. 69

5.1. Общие положения 69
5.2. Заоткоска уступов в их предельном положении. 70
5.3. Укрепление слабых участков откосов на карьерах 71
5.4. Обеспечение общей устойчивости бортов карьеров, уступов и отвалов 74

ГЛАВА 6. ДОКУМЕНТАЦИЯ НАРУШЕНИЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ НА КАРЬЕРАХ. . . 77
6.1. Паспортизация нарушений устойчивости. . . . 77
6.2. Графические приложения к паспорту. 81
6.3. Отчетность по наблюдениям за деформациями откосов на карьерах 82

Приложения

Приложение 1. Основные понятия и термины, используемые при изучении устойчивости откосов на карьерах.. 87

Приложение 2. Классификация инженерно-геологических комплексов горных пород по условиям устойчивости бортов карьеров. 97

Приложение 3. Классификация горных пород по их устойчивости в откосах 99

Приложение 4. Методика производства натурных испытаний сопротивления сдвигу трещиноватых пород 101

Приложение 5. Значения коэффициента "а" для различных пород 105

Приложение 6. Перечень и объем лабораторных определений физико-механических свойств горных пород 106

Приложение 7. Физико-механические свойства некоторых горных пород 109

Приложение 8. Величины углов по поверхностям ослабления. 112

Приложение 9. Методика отбора образцов из инженерно-геологических скважин 113

Приложение 10. Ускоренный метод определения предела ползучести горных пород 115

Приложение 11. Схема измерения длин интервалов с использованием жестких отвесов . . . 117

Приложение 12. Характеристика развития оползневых деформаций откосов на карьерах. . . 119

Приложение 13. Лабораторные исследования деформационных свойств горных пород. . . . 124

Приложение 14. Методика испытаний на одноосное сжатие образцов горных пород неправильной формы. 127

Приложение 15. Результаты наблюдений за процессом осыпания пород в откосах уступов. . . 132

Приложение 16. Ориентировочные углы наклона бортов, углы откосов уступов и отвалов 141

Приложение 17. Методика производства буро-взрывных работ при специальной заоткоске уступов в предельном положении. 14

Приложение 18. Геотехнические условные обозначения для специальных маркшейдерских планов и разрезов между масштабов 1:200-1:10000 (открытые разработки) между 151-152

Приложение 19. Пример заполнения паспорта обрушения. 153

Приложение 20. Пример заполнения паспорта оползня. 158

Приложение 21. Определение погрешности превышения при тригонометрическом нивелировании. 169

Приложение 22. Полевой журнал тригонометрического нивелирования 172

Приложение 23. Полевой журнал измерения длин. . . 173

Приложение 24. Ведомость вычисления превышений между тригонометрического нивелирования. 173-174

Приложение 25. Ведомость вертикальных (горизонтальных) смещений 174

Приложение 26. Ведомость скоростей смещения реперов по направлению векторов. . . . 175

Приложение 27. Таблица поправок за температуру для стальной рулетки 176

ЛИТЕРАТУРА 178

ИНСТРУКЦИЯ ПО НАБЛЮДЕНИЮ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ БОРТОВ, ОТКОСОВ УСТУПОВ И ОТВАЛОВ НА КАРЬЕРАХ И РАЗРАБОТКЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ИХ УСТОЙЧИВОСТИ

Отв.ред. проф.д-р техн.наук Г.Л.Фисенко Лит.ред.Г.И.Васильев
Техн.ред. А.Г. Образцова

Печатный цех ВНИМИ Заказ № 24 Тираж 1500 29/IУ-71 г.
М-26221 Объем 6 п.л. Цена 64 коп.