

1. Основные причины и виды деформаций горных пород.
 2. Факторы, влияющие на устойчивость бортов карьеров и отвалов.
 3. Маркшейдерские наблюдения за деформациями горных пород при открытых разработках.
-
4. Устойчивость рабочих уступов и бортов карьеров.
 5. Противооползневые мероприятия. Искусственное укрепление массива горных пород.

Основные причины и виды деформаций горных пород.

Особенностью горной породы, даже ее монолитного образца, является значительно меньшая прочность на растяжение, чем на сжатие и на срез.

Горные породы в массиве оказывают совсем незначительное сопротивление отрыву, что объясняется их слоистым сложением и трещиноватостью.

С точки зрения прочности горные породы нельзя рассматривать ни как однородную упругую среду, ни как среду, представленную монолитными слоями. В общем виде горные породы в массиве необходимо рассматривать как слоистую трещиноватую среду, не допускающую, за редкими исключениями, растягивающих напряжений.

В известном масштабе

Основные причины и виды деформаций горных пород.

Изменение касательных напряжений в горном массиве, прилегающем к открытой выработке, захватывает довольно широкую зону и, конечно, неодинаково в различных ее точках. На рис. 341 линией *ABCD* изображен контур горных пород массива (борта)

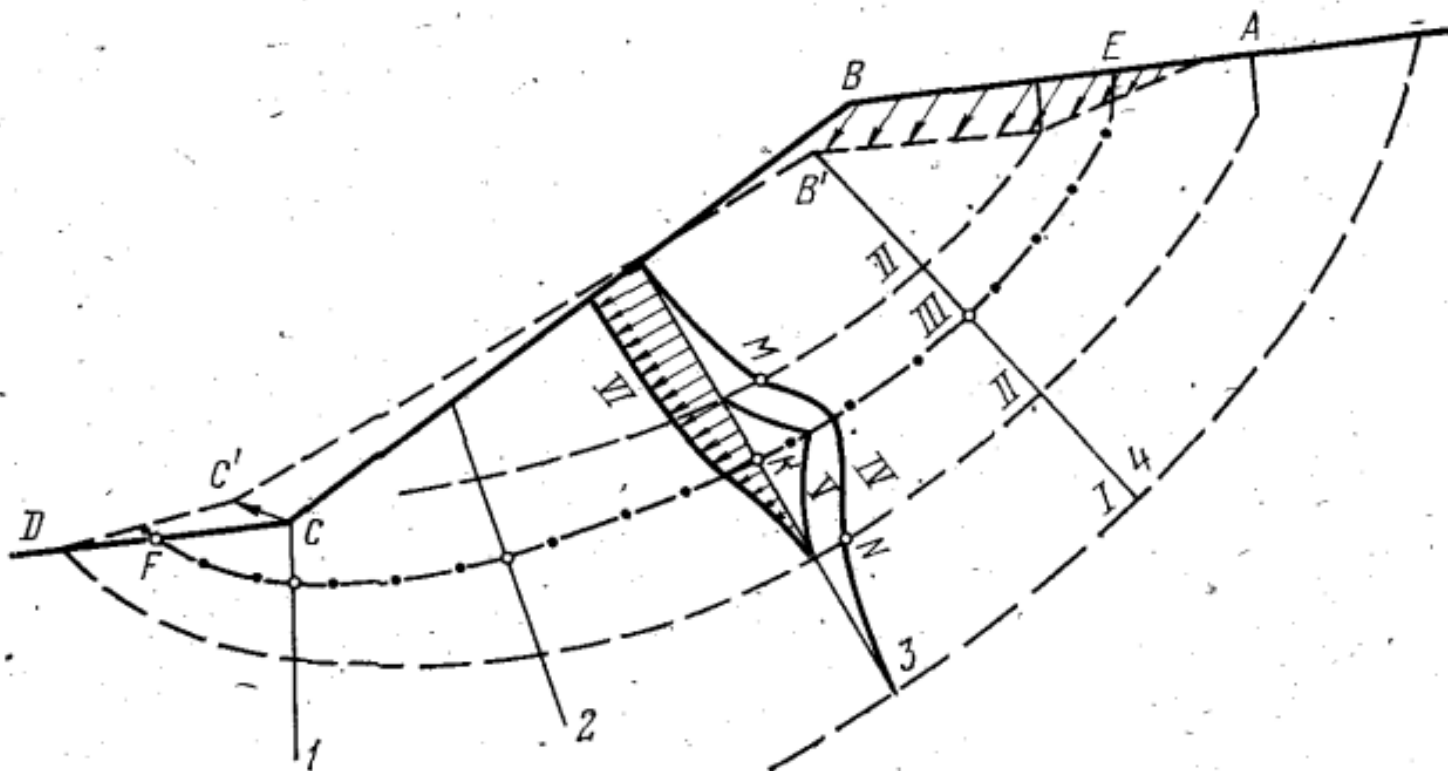


РИС. 341. Схема деформирования массива горных пород вблизи открытой горной выработки

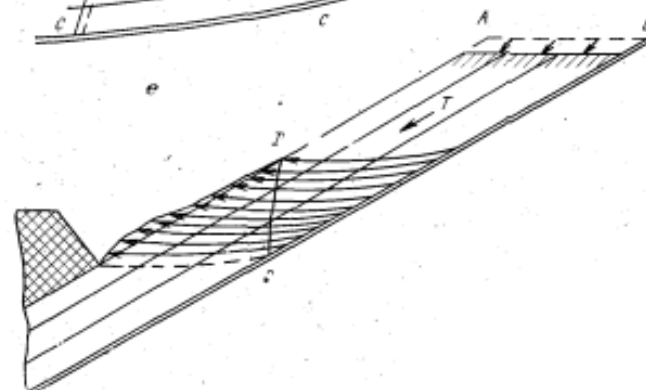
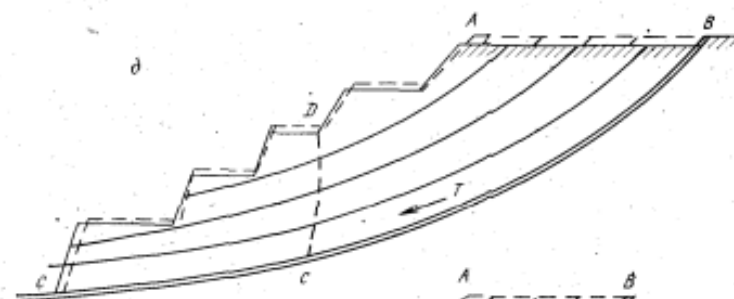
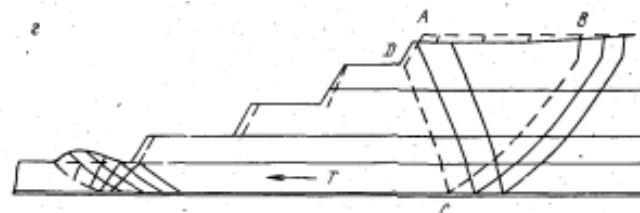
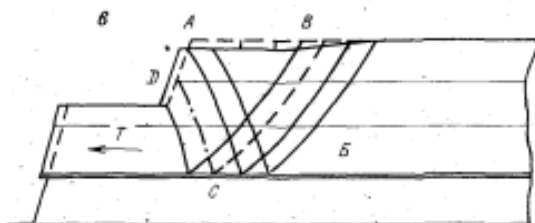
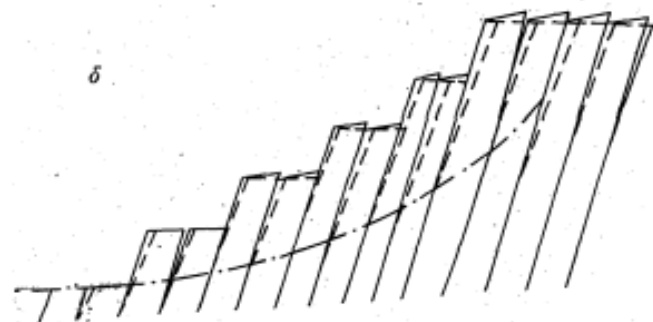
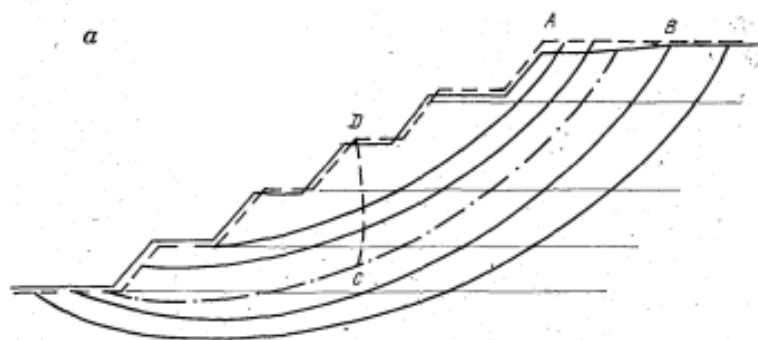
Основные причины и виды деформаций горных пород.

до начала его деформирования, а линией $AB'C'D$ — тот же контур через некоторое время после проведения выработки. Стрелками изображены векторы смещения отдельных точек массива горных пород. Кривая AB' отображает сдвигение земной поверхности вблизи открытой горной выработки.

Если на линии 3, проведенной в массиве перпендикулярно к борту, в качестве ординат отложить отрезки, равные касательным напряжениям, то в результате получим кривую IV с максимумом на некотором расстоянии от поверхности борта. На участке MN этой кривой напряжения превышают предел упругости τ_y (для горных пород более характерен предел ползучести, который условно можно считать близким пределу упругости или пределу длительной прочности). Возникающие под влиянием этих напряжений пластические деформации сдвига изобразятся кривой V , а интегрирование этой кривой даст кривую смещений VI .

Основные причины и виды деформаций горных пород.

Точки с максимумом деформаций сдвига имеются и по другим сечениям (1; 2; 4), и если соединить их плавной кривой, то получим так называемую наиболее слабую поверхность, которая при предельных напряжениях становится поверхностью скольжения.



деформирования слоистых откосов

РИС. 342. Схемы допредельного

Основные причины и виды деформаций горных пород.

Изучение деформаций откосов на моделях из эквивалентных материалов показывает, что векторы сдвига приборного массива вблизи потенциальной поверхности скольжения параллельны ей, а их величина вдоль поверхности скольжения сверху вниз уменьшается мало.

Если откос сложен слоями пород различного литологического состава, различной прочности и деформируемости и при этом кон-

такты между слоями не являются слабыми, то наиболее слабая поверхность пересекает все слои и в общем характер деформирования борта остается таким же, как и при его сложении однородными породами. Если контакты между слоями являются слабыми, то они оказывают существенное влияние на характер деформирования откосов, как в предельном состоянии, так и в допредельном. На рис. 342 показан ряд схем деформирования слоистых откосов

Продолжение табл. XXIII.1

Характер деформаций	Виды деформаций	Условия и причины возникновения деформаций
Быстрое смещение породных масс по крутой поверхности скольжения	Обрушения по подрезанным контактам слоев, дисъюнктивам и сланцеватости	При падении слоев и дисъюнктивных нарушений в сторону выемки круче $25-30^\circ$
	Обрушения по поверхностям, ослабленным трещинами	При падении трещин в сторону выемки круче $35-40^\circ$
	Обрушения по криволинейным поверхностям	При завышенных угле и высоте откоса
	Обрушения по сложным поверхностям ослабления	Наличие поверхностей ослабления
Медленное смещение породных масс по пологой поверхности	Оползни изотропных массивов	Подток грунтовых вод к откосу и скопление дождевых и талых вод
	Фильтрационные оползни	Подкапывание откоса вследствие выноса фильтрующимися потоком слабосвязных частиц
	Покровные оползни	Наличие рыхлых отложений на склоне твердых пород и отсутствии регулирования стока дождевых вод
	Контактные оползни	Подрезка обводненных контактов пологозалегающих слоев глинистых пород и дисъюнктивных нарушений, заполненных глиной трещина

Медленное смещение породных масс по пологой поверхности	Оползни выпирания	Наличие нескрытых слоев пластичных глин; обводнение площадок уступов и прибортовой полосы
	Глубинные оползни слоистых пород лежащего бока	Наличие слоев пластичных глин и напорных вод
	Оползни-надлиги	Наличие слабых контактов или вскрытых слоев пластичных глин

продолжение табл. АААIII.1

Характер деформаций	Виды деформаций	Условия и причины возникновения деформаций
	Оползни отвалов: надподошвенные	Прочное основание и слабые породы отвала, дополнительное увлажнение отвальных пород (особенно в основании отвала)
	подошвенные (контактные)	Наклонное слоистое основание
	подподошвенные (выпирания)	Прочные породы отвала, слабое основание, напорные воды в основании отвала

Опывины — течение насыщенных водой рыхлых пород нарушенной структуры	Консистентные опывины	Насыщение водой рыхлых пород и высокопористых отложений, обладающих сцеплением упрочнения (лёссовидных суглинков и др.) до консистенции текучести
	Фильтрационные опывины	Опывание, связанное с выносом песчаных частиц фильтрующимся потоком
Просадки — вертикальное опускание прибрежных участков рыхлых породных масс без образования сплошной поверхности скольжения	Просадки пород естественной структуры	Увлажнение (запачивание) высокопористых отложений (лёссов, лёссовидных суглинков, выщелоченных пород)
	Просадки пород нарушенной структуры (отвалов)	Уплотнение отвалов рыхлых пород (усиливается при увлажнении)
	Просадки с выпиранием оснований	Наличие слабых пластичных слоев в основании откоса

Факторы, влияющие на устойчивость бортов карьеров и отвалов.

К группе природных факторов относятся:

- *климатические* (температура воздуха, количество осадков, режим ветров, температурный режим массива горных пород);
- *геолого-структурные* (трещинно-разрывная структура прибортового массива горных пород, элементы залегания рудных тел и вмещающих пород, мощности пластов и рудных тел, горно-геометрические и морфологические характеристики месторождения);
- *инженерно-геологические* (петрографические особенности и характер структурных связей горных пород, определяющий перечень значимых свойств массива пород);
- *гидрогеологические* (наличие поверхностных вод и водоносных горизонтов, обводненность контактов и структурных нарушений);
- *гипергенные* (усложнение первичной структуры эрозионными процессами

К группе горнотехнических факторов относятся:

- способ вскрытия карьерного поля и система разработки карьера, разреза;
- форма карьера, разреза в плане и его глубина;
- параметры карьера, разреза, отвала (углы наклона и высота уступов и бортов, ширина берм и частота их расположения);
- способ разрушения массива горных пород;
- наличие подземных горных выработок.

При комбинированной (открыто-подземной) разработке месторождений дополнительно должны быть учтены:

- последовательность и порядок развития открытых и подземных горных работ на месторождении;
- параметры очистных выработок;
- способ управления горным давлением при подземной разработке;
- скорость подвигания забоев и скорость развития открытых и подземных горных работ;
- воздействие массовых взрывов в карьере, разрезе на подземные выработки;
- изменение физико-механических свойств массива горных пород под воздействием открытых и подземных горных работ при эксплуатации месторождения;
- сдвигение и деформации горных пород в зоне влияния открытой и подземных выработок с образованием на земной поверхности зон трещин, воронок и провалов;
- перераспределение напряжений в массиве горных пород под влиянием открытых и подземных работ;
- наличие внутреннего отвала горных пород или породной пригрузки;
- нарушенность массива горных пород подземными выработками, незатампонированными скважинами, наличие карстовых полостей и пустот отработанных очистных выработок, незаполненных или не полностью заполненных закладкой;
- влияние внезапных прорывов воды, газов или пульпы в карьер и подземные горные выработки;
- растворимость пород.

6 МОНИТОРИНГ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ И УСТУПОВ КАРЬЕРОВ, РАЗРЕЗОВ И ОТВАЛОВ

6.1 Инструментальные маркшейдерские и визуальные наблюдения за устойчивостью бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов осуществляется в соответствии проектом производства маркшейдерских работ, утверждаемым техническим руководителем эксплуатирующей организации.

6.2 Для объектов ведения горных работ II класса опасности и при комбинированной разработке месторождения, эксплуатирующей организации необходимо:

6.3 Организация, осуществляющая инструментальные наблюдения устойчивости уступов, бортов карьеров, разрезов и отвалов, должна иметь лицензию на производство маркшейдерских работ.

Наблюдение за устойчивостью бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов должно осуществляться маркшейдерской службой эксплуатирующей организации, либо привлекаемой специализированной организацией.

- разработать проект мониторинга (Приложение 9);

- создать специальную группу (отдельно или в составе маркшейдерской службы организации) по мониторингу и прогнозу устойчивости уступов, бортов карьеров, разрезов и отвалов.

6.4 Проект мониторинга и состав группы утверждает технический руководитель эксплуатирующей организации. Специализированная организация привлекается к разработке проекта мониторинга и ведению мониторинга по решению технического руководителя эксплуатирующей организации.

6.5 Организация, осуществляющая инструментальные наблюдения устойчивости уступов, бортов карьеров, разрезов и отвалов, должна иметь лицензию на производство маркшейдерских работ.

Методы мониторинга

Таблица 1 – Методы мониторинга

Тип мониторинга	Цель мониторинга	Объект мониторинга	Класс горных пород	Тип деформаций	Эффективные методы мониторинга	Особенности методики наблюдений
долгосрочный	- заверка проектных параметров, -обнаружение первичных признаков развития крупномасштабных деформаций - выработка корректирующих мер для обеспечения устойчивости	борта карьера/разреза, участки борта, отвалы	дисперсные	оползни, просадки	визуальный, маркшейдерский (призменный, спутниковый, лазерный) геотехнический, радарный, глубинный, геофизический, фотограмметрический, аэрокосмический, гидрогеологический	- периодичность маркшейдерского мониторинга не реже 1-го раза в год с точностью не ниже ± 15 мм. для бортов карьера/разреза и ± 30 мм. для отвалов - точность и периодичность других методов мониторинга определяются проектом мониторинга в соответствии с характеристиками используемого оборудования и цели мониторинга
			скальные, полускальные	обрушения, оползни		
оперативный	- обеспечение безопасности ведения горных работ - снижение негативных последствий деформаций - выработка стабилизирующих мер для обеспечения локальной устойчивости	борта карьера/разреза, участки борта, уступы, отвалы в зоне критических или прогрессирующих деформаций	дисперсные	оползни, фильтрационные деформации	визуальный, маркшейдерский (призменный, лазерный, упрощенный), геотехнический, радарный, фотограмметрический	- периодичность маркшейдерского мониторинга определяется таблицами 2, 3. точность не ниже ± 15 мм. для бортов карьера/разреза и ± 30 мм. для отвалов - для маркшейдерского упрощенного мониторинга точность определения смещений реперов на 20-метровом интервале не ниже ± 5 мм.
			скальные, полускальные	обрушения, оползни		
		уступы, участки борта в рабочих зонах на участках расположения инфраструктуры	дисперсные	оползни, просадки, фильтрационные деформации	визуальный, маркшейдерский (призменный, спутниковый, лазерный), фотограмметрический, гидрогеологический	- точность и периодичность других методов мониторинга определяются проектом мониторинга в соответствии с характеристиками используемого оборудования и целей мониторинга
			скальные, полускальные	обрушения, осыпи	визуальный, геотехнический, радарный, маркшейдерский (лазерный) фотограмметрический	

Таблица 2 – Периодичность маркшейдерских наблюдений за состоянием откосов карьеров в зависимости от скоростей смещений

Скорость смещения, мм/сут	Периодичность наблюдений, сут
0,1 – 0,5	365 (1 раз в год)
0,5 – 1,0	180 (2 раза в год)
1,0 – 2,0	90 (ежеквартально)
2,0 – 5,0	45
5,0 – 10,0	15
10,0 – 20,0	7 – 8
более 20,0	3 – 4

Таблица 3 – Периодичность маркшейдерских наблюдений за состоянием отвалов

Скорость смещений, см/сут	Периодичность наблюдений
Менее 0,3	Раз в квартал
0,3 – 1,0	Раз в месяц
1,0 – 5,0	Раз в неделю
5,0 – 10	Два раза в неделю
10 – 20	Через день
20 – 30	Ежедневно
более 30	Дважды в смену

12. Наблюдательная станция, предназначенная для проведения маркшейдерских наблюдений, должна состоять из опорных и рабочих реперов, расположенных по профильным линиям или по площадной схеме на земной поверхности.

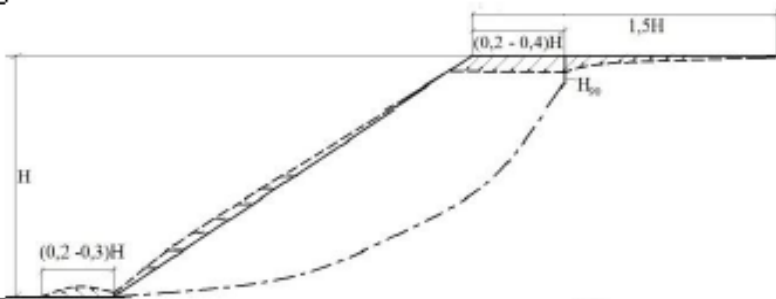
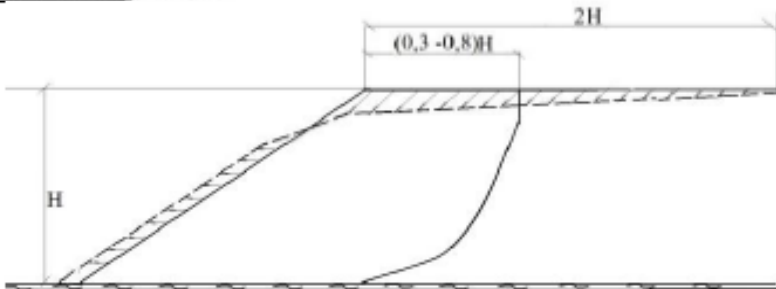
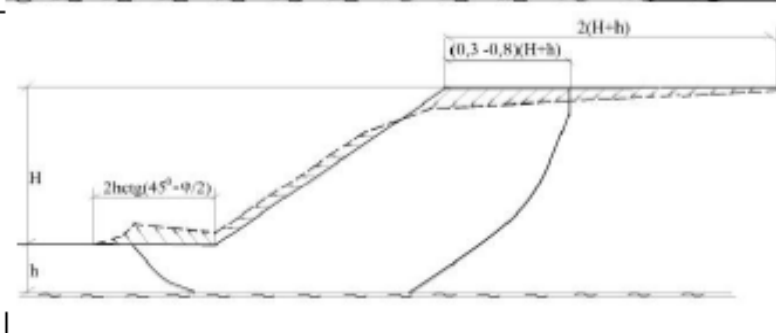
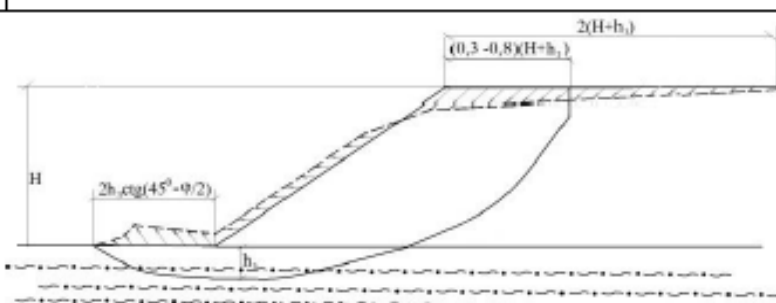
Закладку наблюдательных станций выполняют на участках возможных деформаций, обусловленных наличием:

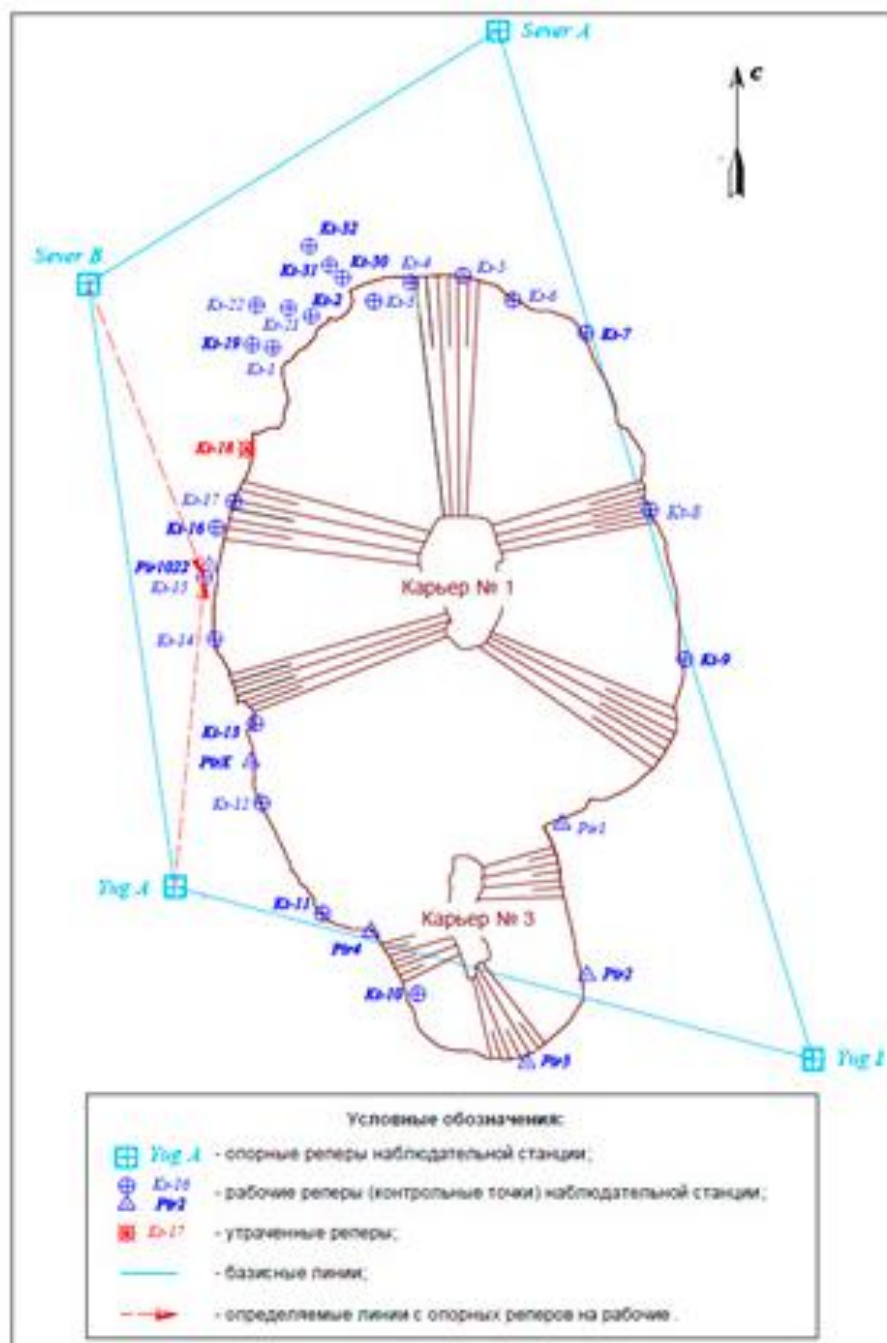
- слабых пластичных, обводненных или сильно трещиноватых пород в горном массиве, формирующих борт, уступ или отвал;
- слабых контактов, поверхностей тектонических нарушений, имеющих наклон в сторону выработанного пространства и простирание близкое к простиранию борта.

13. Опорные реперы должны быть расположены за пределами зоны сдвижения, которая определяется исходя из высоты и особенностей деформирования бортов карьеров, разрезов и отвалов в соответствии с таблицей 4.

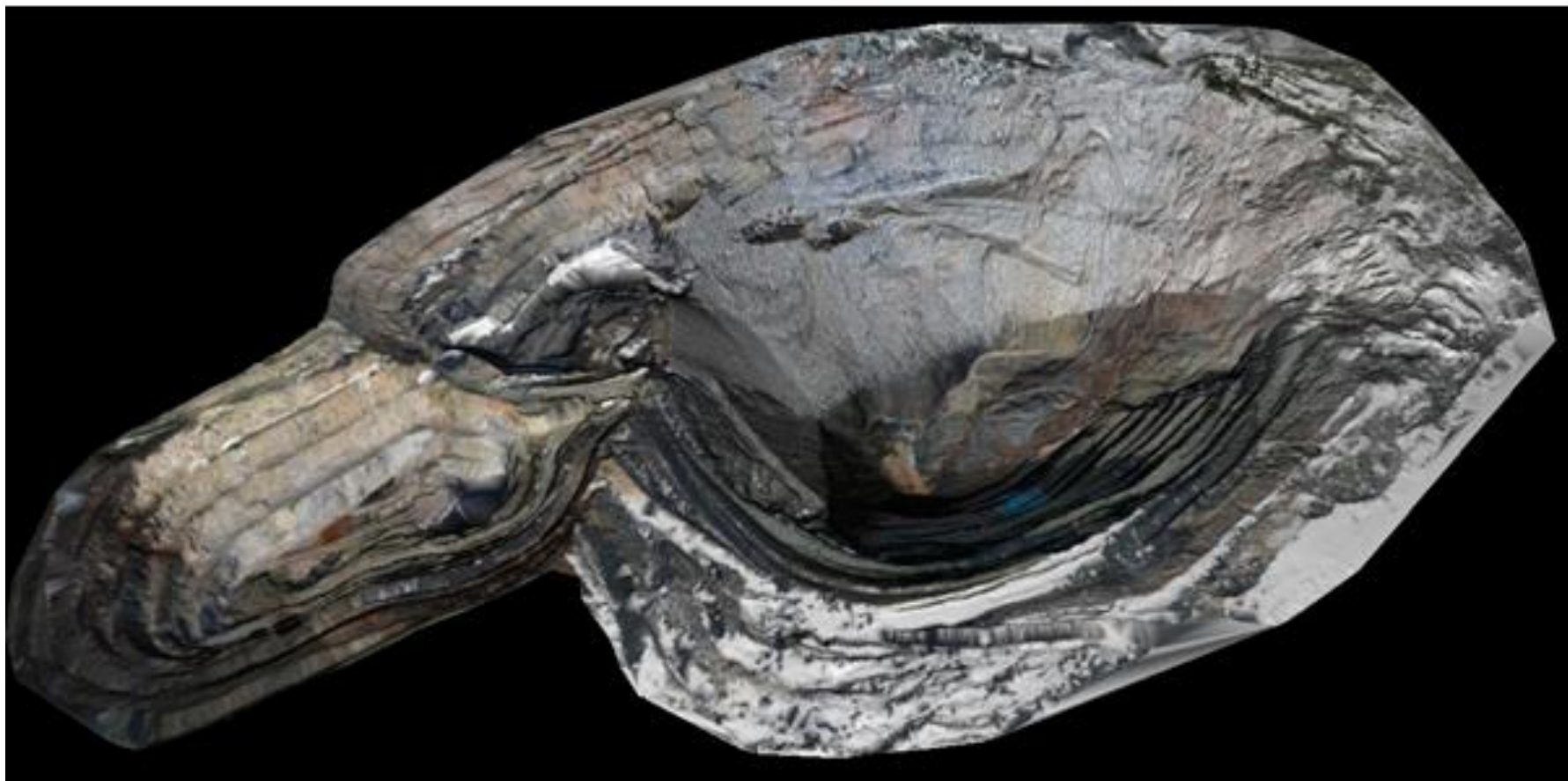
В случае невозможности обеспечения требуемых расстояний между реперами пространственное положение опорных реперов, должно контролироваться от исходных реперов методом спутникового позиционирования.

Таблица 4 - Границы зон сдвижения для различных инженерно-геологических условий

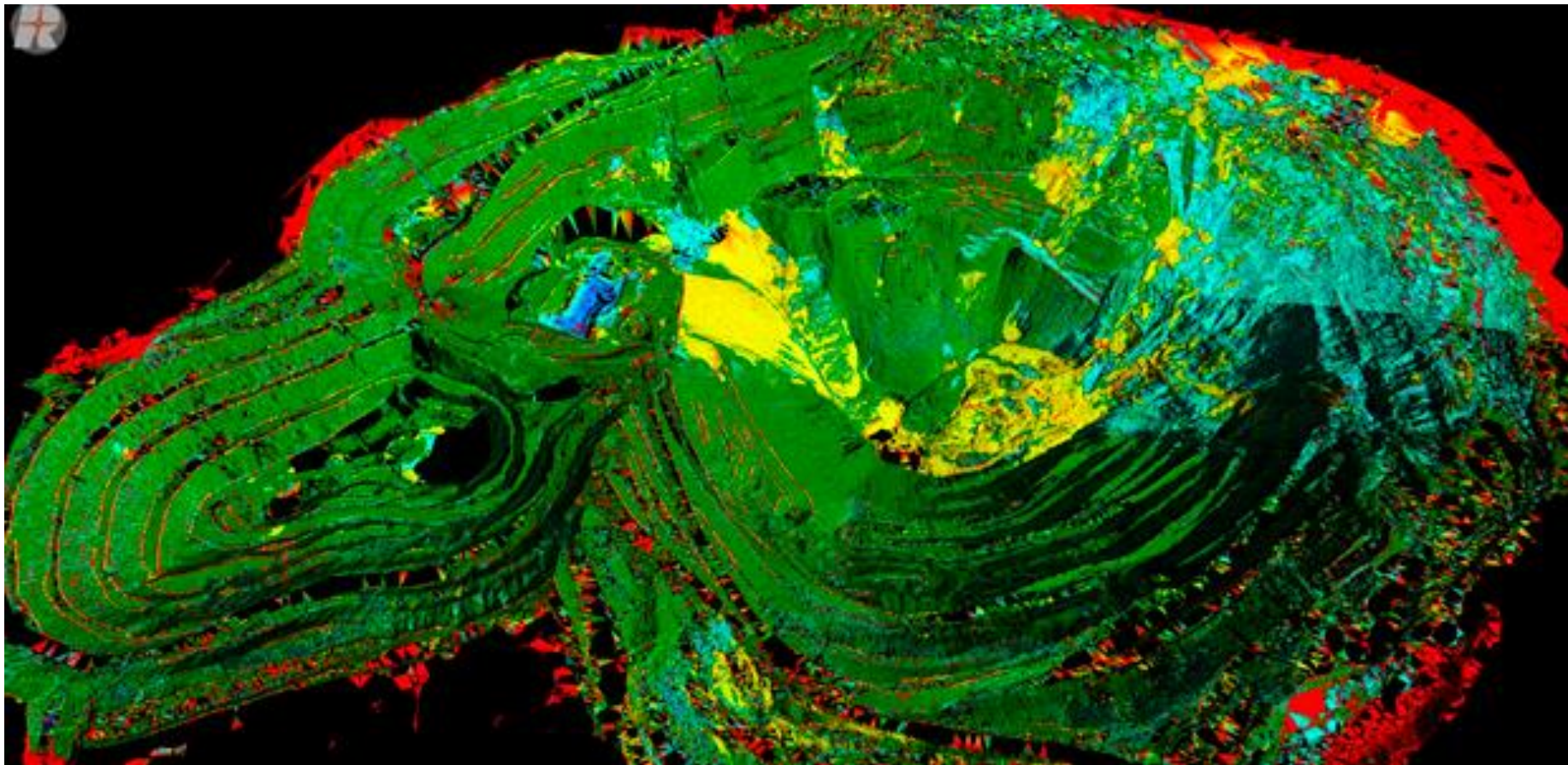
Наименование	Схематизация	Условия применения
Изотропный откос		Отсутствие неблагоприятных поверхностей ослабления, либо поверхности ослабления направлены под углами: $-5^\circ < \beta < 60^\circ$ Размер зоны сдвижения составляет 1,5H
Однородный откос со слабым контактом в основании		Пологое залегание поверхностей ослабления при $\beta < \varphi'$, $-5^\circ < \beta < 25^\circ$, Размер зоны сдвижения составляет 2H
Однородный откос со слабым основанием ограниченной мощности		Наличие слабого слоя, общее сопротивление сдвигу которого ниже, чем у вышележающих пород Мощность слабого слоя менее 0,4H Размер зоны сдвижения составляет 2(H+h)
Однородный откос со слабым основанием		Наличие слабого слоя, общее сопротивление сдвигу которого ниже, чем у вышележающих пород Размер зоны сдвижения составляет 2(H+h ₃)



Трехмерная модель карьера, построенная по результатам сканирования



Сравнительный анализ двух серий сканирования чаши карьеров. При сравнении моделей карьера за критическую величину изменения контура, превышение которой позволяет судить о развитии деформаций, принята величина 0,2 м.



На рисунке видно, как в верхней части деформирующегося северного борта карьера происходят просадки поверхности (участок голубого цвета), а на нижних горизонтах – подток оползневых масс (участок желтого цвета).

построение векторов горизонтальных смещений контрольных точек по результатам инструментальных наблюдений и деформационная модель, построенная по результатам GPS-наблюдений.

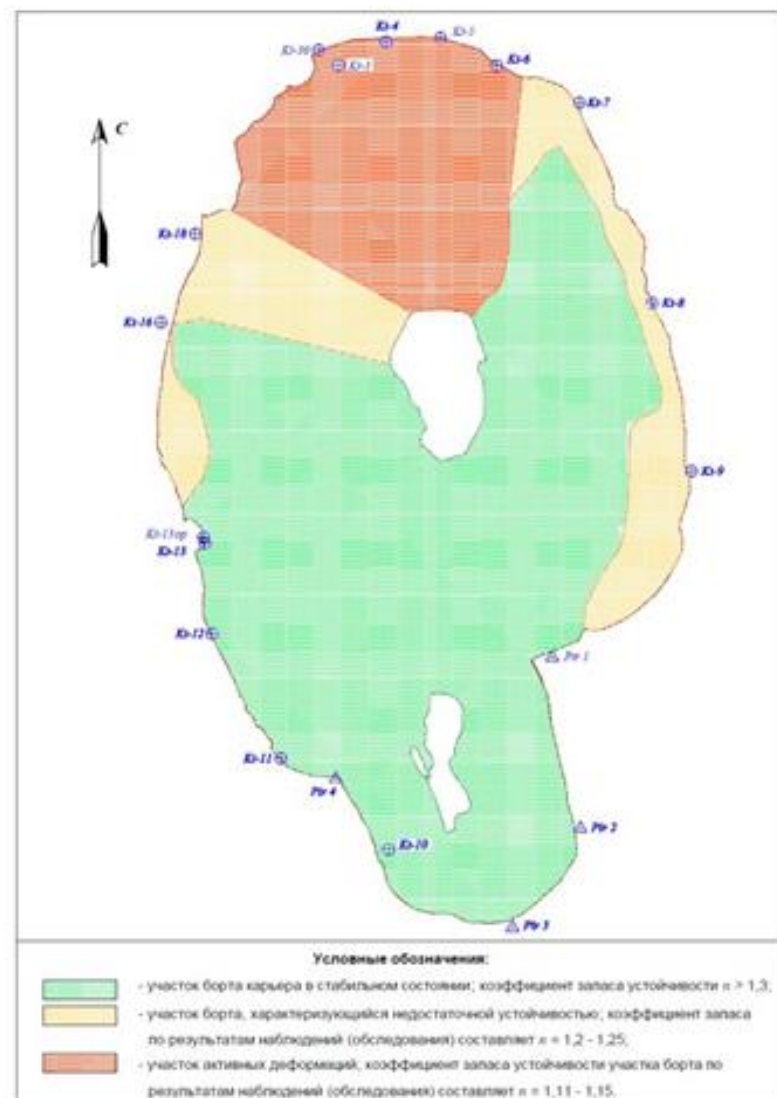
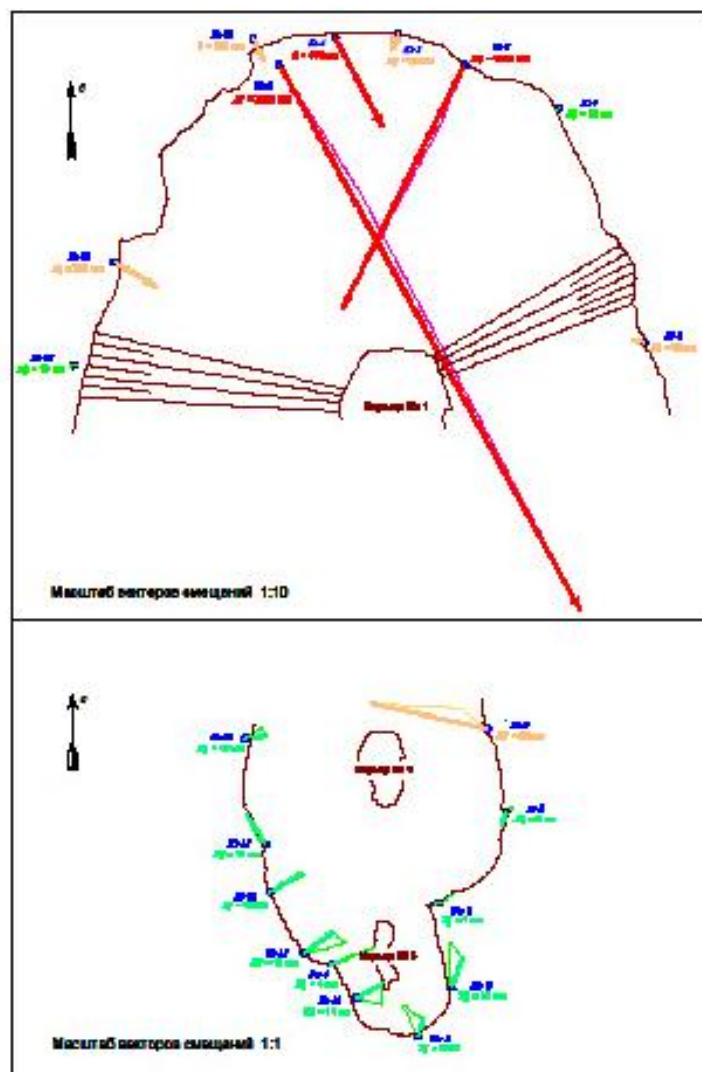
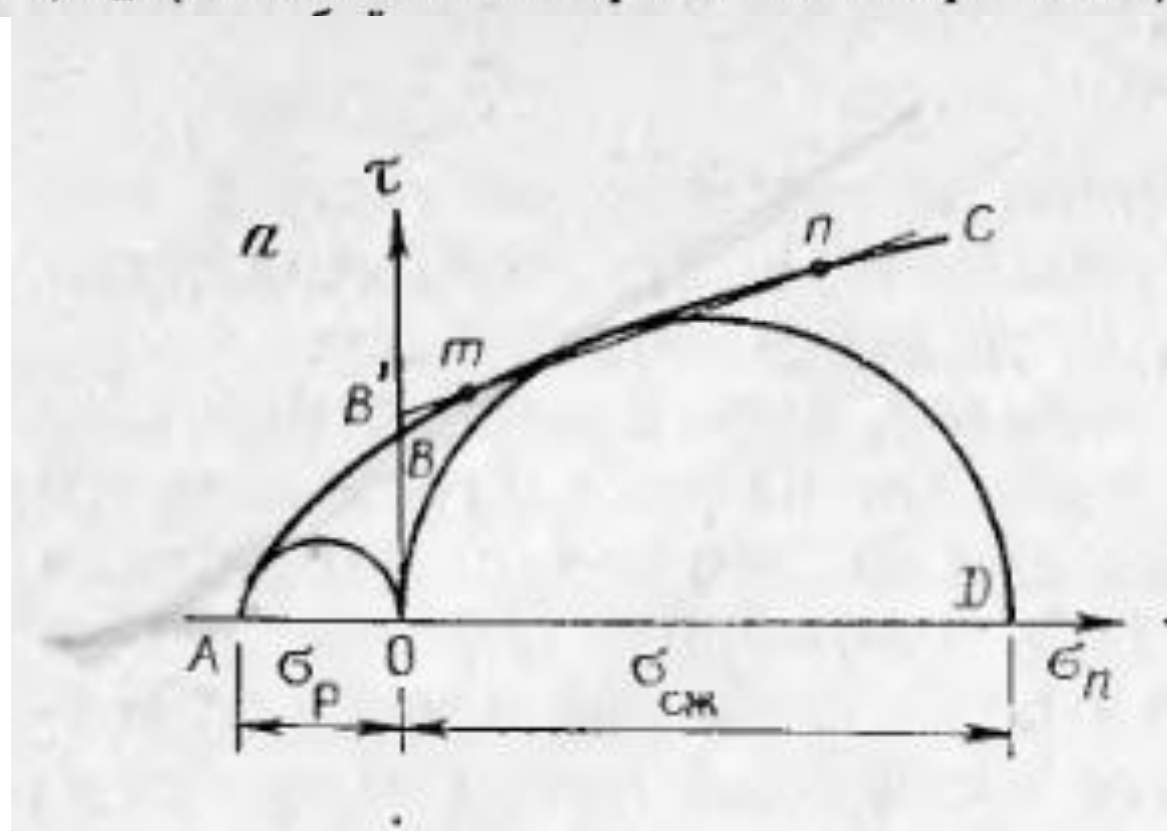


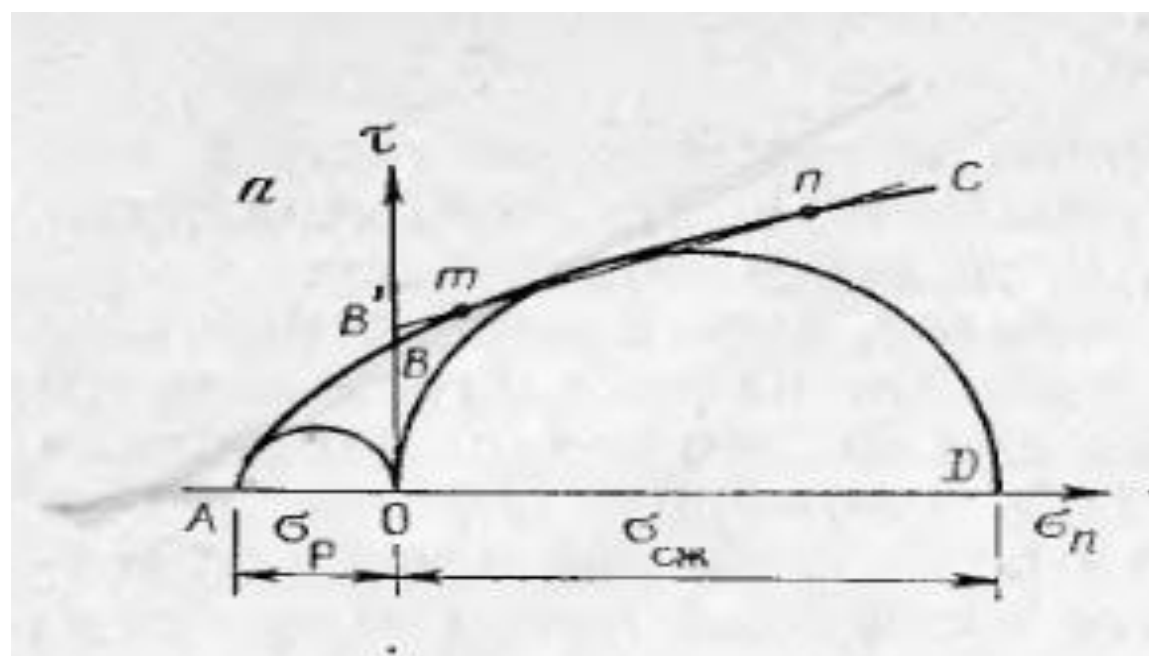
Рисунок 4 – Результаты сравнения двух GPS-наблюдений по контрольным точкам, м.

Устойчивость рабочих уступов и бортов карьеров

Устойчивость откосов определяется соотношением сил, удерживающих откос, и сил, стремящихся его сдвинуть. На величину отмеченных сил оказывают влияние многие факторы, основным из которых является прочность горных пород.

Определение устойчивых углов наклона бортов карьеров (откосов) по существу является задачей теории предельного равновесия, согласно которой прочность горной породы характеризуется некоторой кривой (рис. 9.2, а), построенной в координатах τ , σ_n (касательное и нормальное напряжения). Кривая





динах τ , σ_n (касательное и нормальное напряжения). Кривая ABC определяет собой предельное состояние горной породы в образце. Отрезок OB' , отсекаемый кривой на оси τ , носит название сцепления, угол наклона к оси σ_n отрезка прямой mn , заменяющей на некотором интервале кривую ABC , называется углом внутреннего трения, а тангенс этого угла — коэффициентом внутреннего трения. Отрезок OA выражает временное сопротивление породы растяжению σ_P , отрезок OD численно равен временному сопротивлению сжатию $\sigma_{сж}$.

Общий вид уравнения кривой предельного равновесия $\tau = f(\sigma_n)$, однако в зависимости от типа горных пород уравнение может быть представлено параболой, циклоидой, прямой. В последнем случае (рис. 9.2, б) уравнение равновесия записывается следующим образом:

$$\tau = \sigma_n \operatorname{tg} \rho + k, \quad (9.1)$$

где τ — касательное напряжение по площадке сдвига, кгс/см²; σ_n — нормальное напряжение на площадке сдвига, кгс/см²; ρ — угол внутреннего трения пород, градус; k — коэффициент сцепления пород, кгс/см².

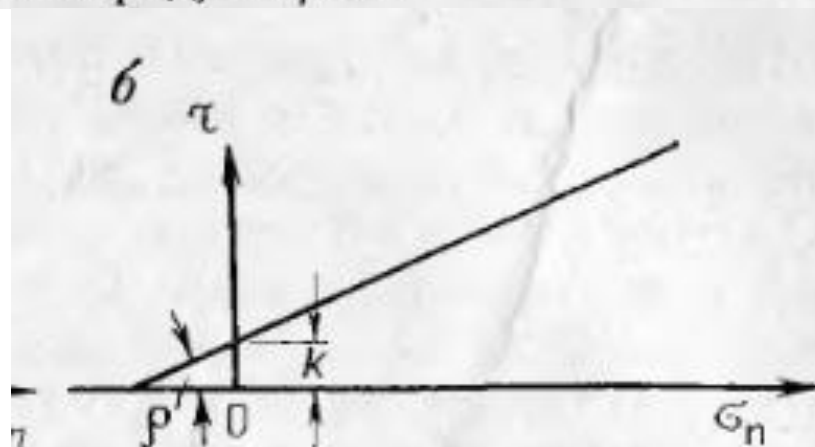


Рис. 9.2. Паспорт прочности:
а — с криволинейной огибающей
кругов Мора; б — в виде прямой

Механические свойства в массиве отличаются от свойств, полученных на образцах. Для определения свойств в массиве производят специальные испытания на сдвиг больших призм, оконтурированных в местах их естественного залегания.

В естественных условиях вырезают ориентированные определенным образом по отношению к плоскостям анизотропии призмы, к которым прикладывают усилия, создаваемые мощными домкратами (рис. 9.3).

Проведенные опыты показали, что из двух параметров, характеризующих сопротивление сдвигу (сцепление и угол внутреннего трения), наиболее изменчивым является сцепление.

Угол внутреннего трения в массиве, когда поверхности скольжения не совпадают с поверхностями контактов между слоями, можно принять равным углу внутреннего трения, определенному при испытаниях на срез образцов горных пород. В табл. 9.1 приведены значения углов внутреннего трения для некоторых пород.

ТАБЛИЦА 9.1

Литологическое наименование пород	Угол внутреннего трения в куске, градус	Угол естественного откоса, градус
Песчаники	36	34—36
Алевриты	33	34—36
Аргиллиты	27—30	34—36
Известняки	34	33—35
Метаморфические сланцы	29	33—35
Кварцевые порфиры и гранодиорит-порфиры	36	33—35
Сиениты и порфириты	35	35

Как уже отмечалось, основными параметрами прочности горных пород, используемыми при оценке устойчивости, являются угол внутреннего трения и сцепление. Методика определения этих показателей на образцах малых размеров заключается в испытаниях на срез, разрыв и сжатие. По полученным характеристикам строят паспорт прочности, который отражает свойства горных пород в малых образцах, а не в массиве. Механические свойства горных пород в массиве (особенно сцепление) не только отличаются от свойств в образце, но и более того являются переменными величинами, зависящими в значительной степени от соотношения размеров деформирующегося объекта, размера структурного блока и прочности горной породы в образце.

Основной особенностью массива горных пород является наличие внутренних поверхностей раздела. Массивы горных пород во время их образования и особенно после образования подвергались различным изменениям и превращениям, сопровождавшимся появлением трещин разрыва, отдельностей, кливажа, плоскостей наслоения и пр. Этими поверхностями раздела массивы горных пород расчленяются на отдельные многогранники — *структурные блоки*, которые представляют собой элементарные структурные частицы, слагающие массив горных пород. При деформациях больших массивов горных пород структурные блоки можно уподобить зернам минералов при деформациях образцов небольших размеров. Таким образом, при оценке прочностных свойств массивов горных пород надо исходить уже из рассмотрения отдельных структурных блоков.

Таким образом, для оценки механических характеристик массивов горных пород необходимо знание особенностей тре-

щинчатости. Изучение трещиноватости должно выявить основные и второстепенные системы трещин, установить удельный вес каждой из систем в общей массе трещин, выявить пространственные углы между системами трещин, оценить интенсивность трещиноватости и выявить характер ее размещения в карьерном поле, выявить значение каждой из систем трещин в структуре месторождения, ее влияние на устойчивость откосов.

Исследования в области устойчивости откосов имеют двухсотлетнюю историю. К настоящему времени предложено большое число расчетных методов устойчивости бортов карьеров, которые можно разделить на две группы: методы, использующие строгие математически обоснованные решения, и приближенные методы. В методах первой группы для определения формы откоса используют аппарат главным образом механики сплошных сред. Для методов второй группы характерно допущение поверхности, по которой происходит сдвигание горных пород.

Для суждения об устойчивости откосов используют коэффициент устойчивости, понимаемый как отношение суммы всех удерживающих сил к сумме сил, сдвигающих оползневой клин. Для случая круглоцилиндрической поверхности скольжения (рис. 9.6) коэффициент устойчивости определяется в следующей последовательности.

$$n = \frac{\sum S}{\sum T}.$$

1). Условно выделяют полосу, перпендикулярную к прости-
ранию откоса толщиной 1 м. Участок ABC этой полосы, огра-
ниченной с одной стороны поверхностью скольжения, с дру-
гой стороны — поверхностью откоса, разбивают вертикальными
линиями на ряд призм шириной a .

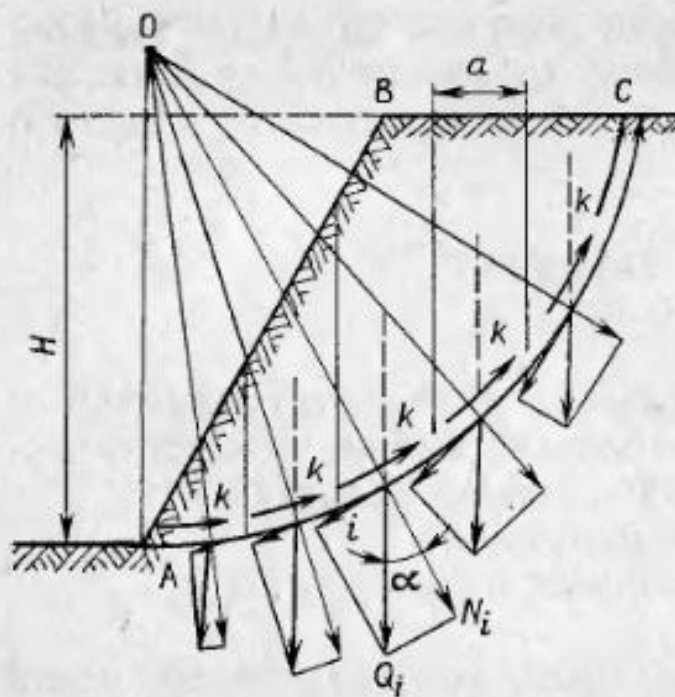


Рис. 9.6. Определение устойчивости ополз-
невого клина для круглоцилиндрической
поверхности

2). Массу выделенных
призм, за которую условно
принимают их высоту, рас-
кладывают на две составляю-
щие: нормальную N_i и кас-
ательную T_i к поверхности
скольжения.

3). Все отрезки касатель-
ных и нормальных составляю-
щих, измеренные в миллимет-
рах, суммируют и суммы ум-
ножают на масштаб векторов,
равный

$$c = \frac{a \gamma M}{1000}, \quad (9.3)$$

где M — знаменатель масш-
таба; γ — плотность породы,
 т/м^3 ; a — ширина призмы, мм.

4). Измеряют длину расчетной поверхности скольжения L ,
после чего определяют удерживающую силу, возникающую за
счет сцепления пород k .

4). Измеряют длину расчетной поверхности скольжения L , после чего определяют удерживающую силу, возникающую за счет сцепления пород k .

5). Определяют коэффициент устойчивости откоса. Удерживающие силы возникают главным образом за счет трения и сцепления. Сдвигающие силы являются главным образом результатом сдвигающего действия массы оползневого клина. Возможно также действие других сил. Таким образом, выражения для коэффициента устойчивости записывают следующим образом:

$$n = \frac{\sum F_{\text{тр}} + \sum F_{\text{сц}} + A}{\sum F_{\text{сдв}} + B}; \quad (9.4)$$

$$\sum F_{\text{тр}} = f c \sum N_i;$$

$$\sum F_{\text{сц}} = kL;$$

$$\sum F_{\text{сдв}} = c \sum T_i,$$

где f — коэффициент внутреннего трения пород; k — сила сцепления, приходящаяся на единицу площади расчетной поверхности, тс/м²; A и B — другие удерживающие и сдвигающие силы.

В верхней части откоса в результате действия растягивающих усилий образуются вертикальные трещины разрыва, за счет чего уменьшается длина поверхности скольжения. Высота этой трещины определяется по формуле

$$H_{\text{тр}} = \frac{2 k \operatorname{ctg} (45^\circ - \rho/2)}{\gamma}, \quad (9.5)$$

где k и ρ — соответственно сцепление и угол внутреннего трения пород; γ — средняя плотность пород.

Противооползневые мероприятия.

Если параметры рабочего борта и уступов рассчитаны в соответствии с изложенной выше методикой, то их общая устойчивость должна быть обеспечена. Однако не исключено, что на отдельных ослабленных участках могут возникнуть оползневые очаги, ликвидацию которых можно предотвратить противооползневыми мероприятиями, среди которых можно отметить:

- выполаживание угла откоса уступа или борта;

- оставление целиков породы или полезного ископаемого в районе оползневого очага;

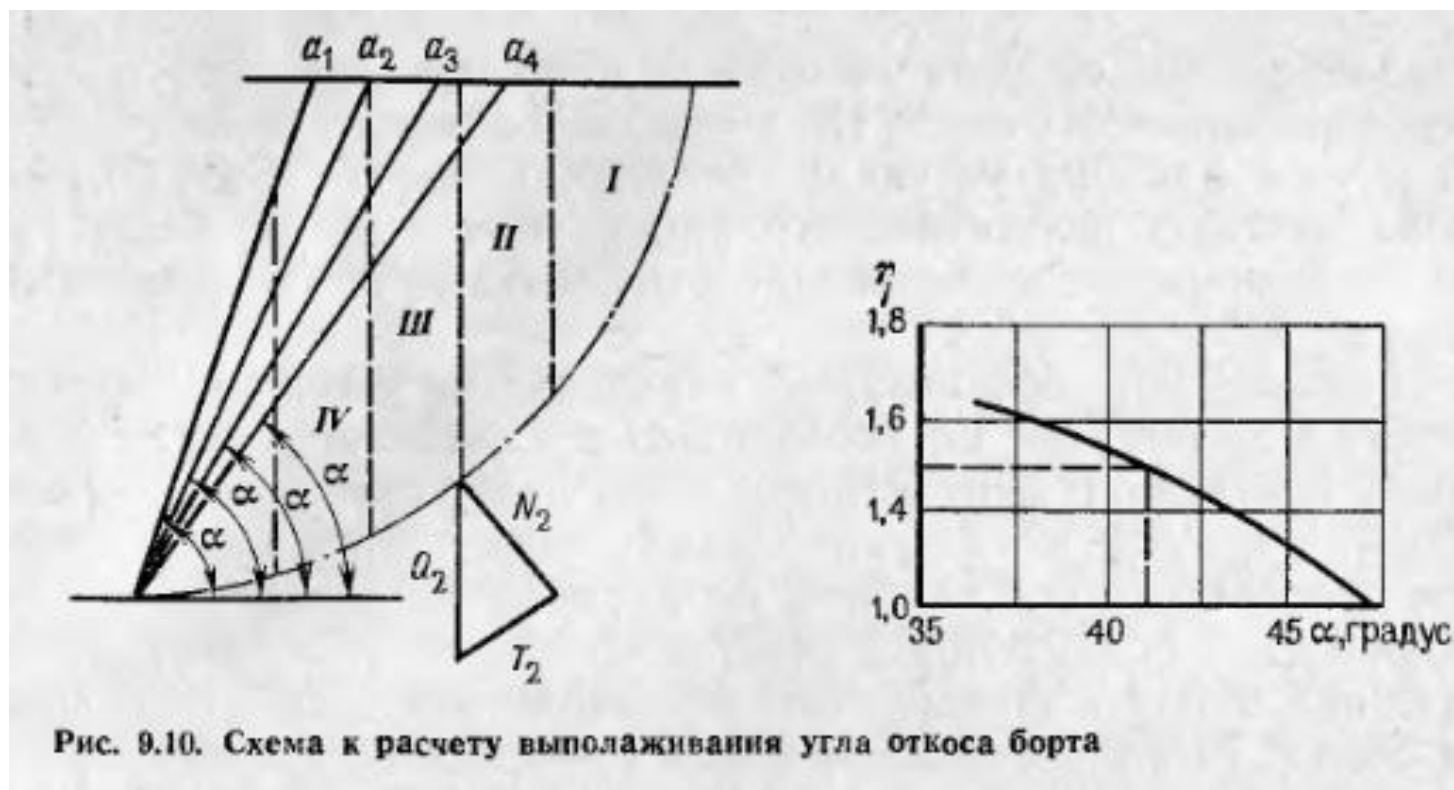
- снятие нагрузки с откоса с целью уменьшения сил, создаваемых призмой активного давления;

- отгрузку очага оползня;

- искусственное упрочнение горного массива.

Выполаживание угла откоса. Сущность данного способа заключается в том, что в целях предупреждения оползня уменьшают угол наклона борта или уступа до какой-то определенной величины, при которой оползания не произойдет.

Расчет такого угла откоса производят последовательно для нескольких углов наклона борта (рис. 9.10). По результатам подсчета коэффициента устойчивости и для ряда значений угла



Снятие нагрузки с призмы активного давления. При ведении горных работ в зоне действующих глубинных оползней или в зоне их возможного образования целесообразно управление устойчивостью откоса путем разгрузки призмы активного давления и, наоборот, увеличения массы призмы упора отсыпной дамбы в ее нижней части.

Эффективность метода определяется тем обстоятельством, что при небольших углах наклона борта карьера развитие оползня происходит медленно и это позволяет произвести значительные работы по перемещению горных масс с активной призмы в район пассивной призмы (призмы упора).

Отгрузка очага оползня. Данный способ дает хорошие результаты в тех случаях, когда падение слоев направлено в сторону выработанного пространства и угол наклона не менее $18-20^\circ$. При подрезке слоев горными работами неизбежно скольжение пород по плоскостям напластования и поэтому для предотвращения оползня целесообразно заранее снять часть пород и тем самым повысить его устойчивость.

Искусственное укрепление массива горных пород.

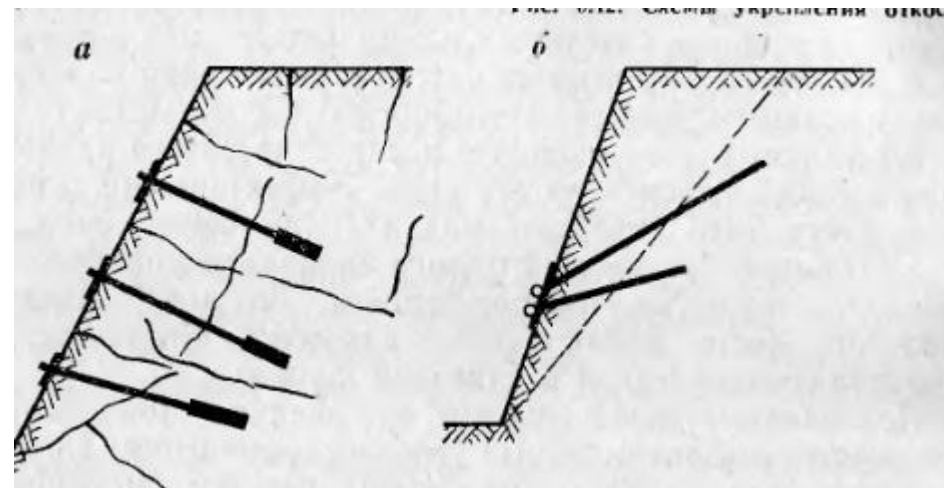
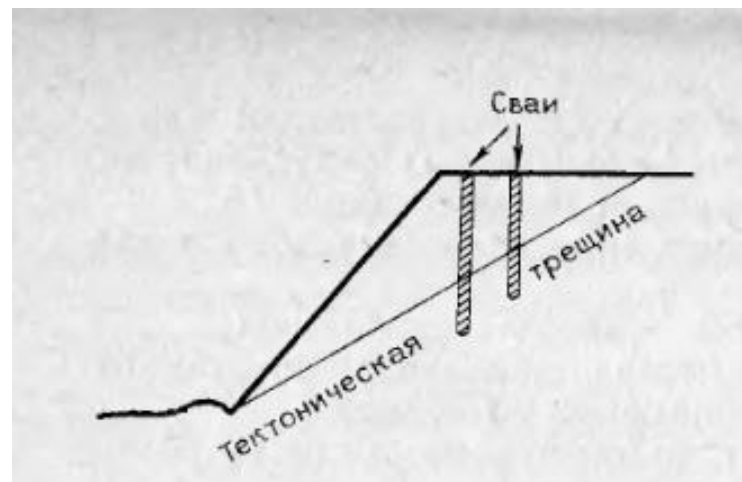
Существующие способы укрепления откосов удобно разделить на следующие группы:

- использующие механические принципы укрепления;
- использующие повышение механических характеристик путем инъекции в массив укрепляющих материалов;
- использующие при породах, подверженных быстрому разрушению, изоляцию участков откосов устойчивыми покрытиями.

К первой группе относят способы укрепления анкерной крепью, тросовыми тяжами, контрфорсными стенками и т. п.

Во втором случае наиболее распространенным является способ инъекций цементного раствора. Эффективными в ряде случаев могут быть инъекции жидких полимерных смол.

Среди способов третьей группы наибольшее распространение получили покрытия торкрет-бетоном, битумом, эпоксидными смолами. Часто искусственное покрытие применяют вместе с металлической сеткой и анкерной крепью.



сота и угол наклона уступов; a_i — ширина берм). Однако при выборе методов искусственного укрепления должны быть учтены экономические соображения относительно предполагаемых мероприятий.

Экономическое обоснование определяется оценкой эффективности мероприятий по укреплению и удалению в отвал 1 м^3 породы, слагающей борт карьера. Так, при укреплении бортов глубоких карьеров, когда укрепляемая зона, как правило, находится на значительной глубине, необходимо сравнивать затраты на укрепление ослабленного участка со стоимостью ликвидации обрушений пород и стоимостью восстановления проектного контура борта. Бывает целесообразным проведение укрепительных

Объем породы, подлежащий выемке при реконструкции борта и ликвидации последствий обрушения, можно определить по формуле

$$V = ahL \eta, \quad (9.8)$$

где a — ширина обрушившейся бермы, м; h — высота от бермы до поверхности, м; L — длина обрушившегося участка, м; η — коэффициент, зависящий от конфигурации борта и принятого вида транспорта.

Стоимость выемки указанного объема будет

$$s = bVq + s_0, \quad (9.9)$$

где s_0 — затраты на ликвидацию последствий обрушения с учетом ущерба неполной или частичной остановки предприятия; b — себестоимость 1 м³ вскрыши; q — коэффициент удорожания 1 м³ вскрыши при разnose борта.

Стоимость укрепительных работ может быть вычислена из выражения

$$s_y = b_y v_y, \quad (9.10)$$

где b_y — себестоимость укрепления 2 м³ породы, v_y — объем пород, подлежащих укреплению.

2. Расчет устойчивости откоса

Вскрышные породы карьера сложены глинистыми сланцами, имеющими следующие физико-механические характеристики:

- угол внутреннего трения $\varphi = 30^\circ$;
- коэффициент сцепления $C = 2,0 \text{ т/м}^2$;
- объемный вес $\gamma = 2,0 \text{ т/м}^3$;
- высота рабочего уступа по проекту $H = 20 \text{ м}$;
- угол откоса принять $\delta = (35 + n)^\circ$, где n - номер варианта.

Требуется

1. Построить вероятную поверхность скольжения при обрушении откоса по методу Г.Л. Фисенко.

2. Определить коэффициент устойчивости откоса η и сравнить его с нормативным:

$\eta = 1,1$ - откос не устойчив;

$\eta = 1,1 - 1,2$ - откос краткосрочной устойчивости;

$\eta = 1,2 - 1,5$ - откос долгосрочной устойчивости;

$\eta = 1,5 - 2,0$ - откос устойчивостью свыше 20 лет.

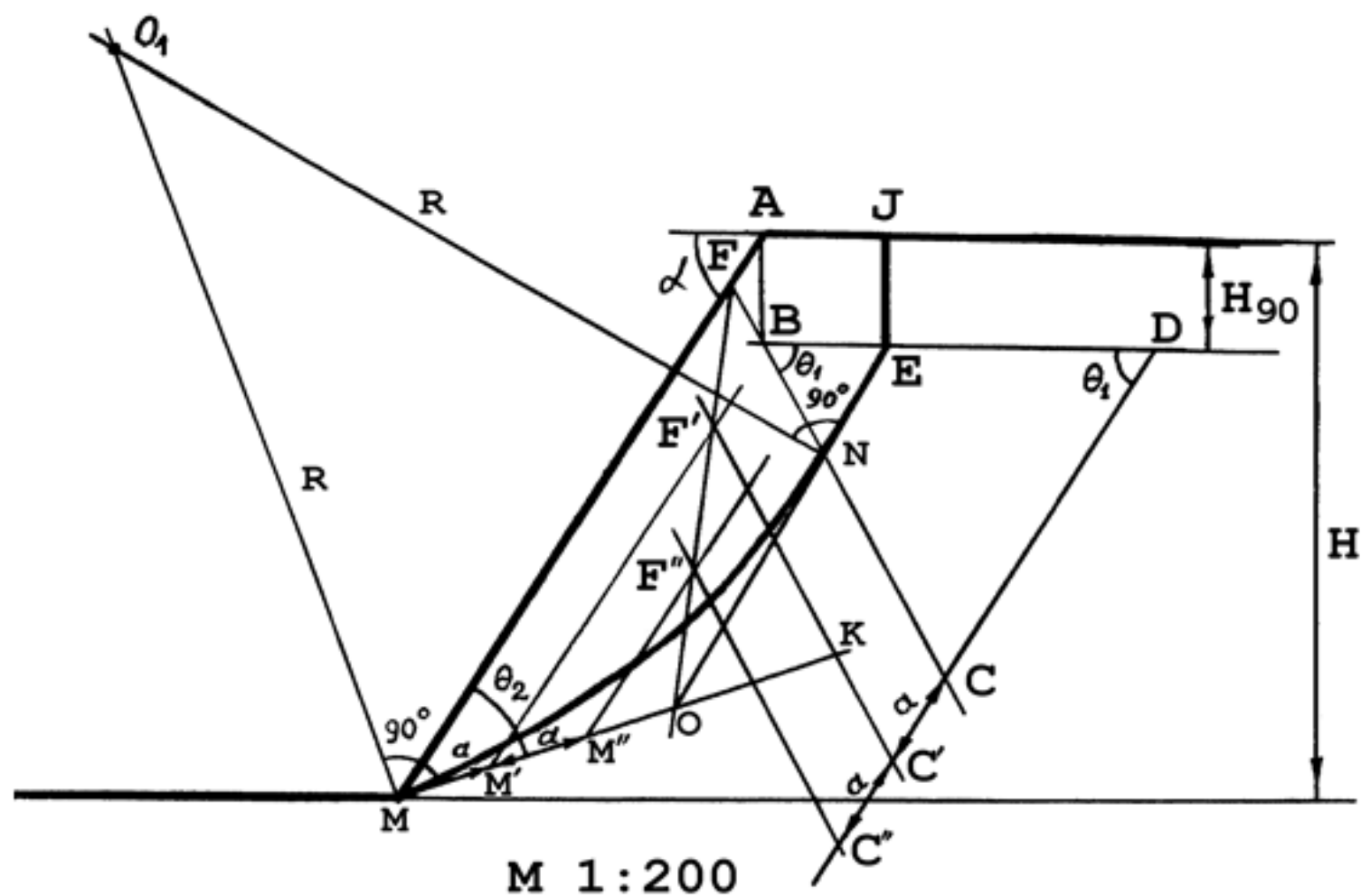


Рис. 9. Построение круглоцилиндрической поверхности скольжения по методу Г.Л. Фисенко

Порядок выполнения работы

1. Построение круглоцилиндрической поверхности скольжения по методу Г.Л. Фисенко производят графически (рис. 9) в следующей последовательности:

а) на листе ватмана в масштабе 1:200 строят уступ;

б) от верхней бровки уступа проводят вертикаль **АВ** и линию **ВД**, отстоящую от поверхности уступа на расстоянии **H_{90}** , равном глубине вертикальной трещины отрыва

$$H_{90} = \frac{2 \cdot C}{\gamma} \operatorname{ctg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right);$$

в) из точки **В** и произвольно выбранной на линии **ВД** точки **Д** под углом θ_1 , проводят линии **ВС** и **ДС** до их пересечения в точке **С**

$$\theta_1 = 45^\circ + \varphi/2;$$

г) из точки нижней бровки откоса **М** под углом θ_2 к откосу проводят линию произвольной длины **МК**

$$\theta_2 = 45^\circ - \varphi/2;$$

д) на линиях **МК** и **ДС** от точек **М** и **С** откладывают равные отрезки "**а**" произвольной длины;

е) из точек **С'** и **С''** проводят прямые, параллельные линии **СВ**, а из точек **М'** и **М''** - линии, параллельные **МА**;

ж) через точки пересечения F, F' и F'' проводят линию **FO** до пересечения с линией **МК** в точке **О**;

з) из точки **О** проводят прямую, параллельную линии **ДС** до пересечения с линией **ВД** в точке **Е**;

и) из точек E, N и **М** восстанавливают перпендикуляры к линиям **ВД**, **ОЕ** и **МК** соответственно;

к) из точки пересечения **О₁** радиусом **R**, равным O_1M , проводят линию круглоцилиндрической поверхности скольжения **MN**.

MNEJ - наиболее вероятная линия скольжения.

2. Коэффициент устойчивости уступа определяют из выражения (1) путем суммирования всех удерживающих и сдвигающих сил, рассчитанным по отдельным секциям (рис. 10)

$$\eta = \frac{tg\varphi \cdot \sum_{i=1}^n N_i + C \cdot L}{\sum_{i=1}^n T_i}, \quad (1)$$

где η – коэффициент устойчивости откоса;

N_i, T_i – составляющие давления (нормальная и тангенциальная) от массы секций;

L – длина линии скольжения (линия *MNEJ*).

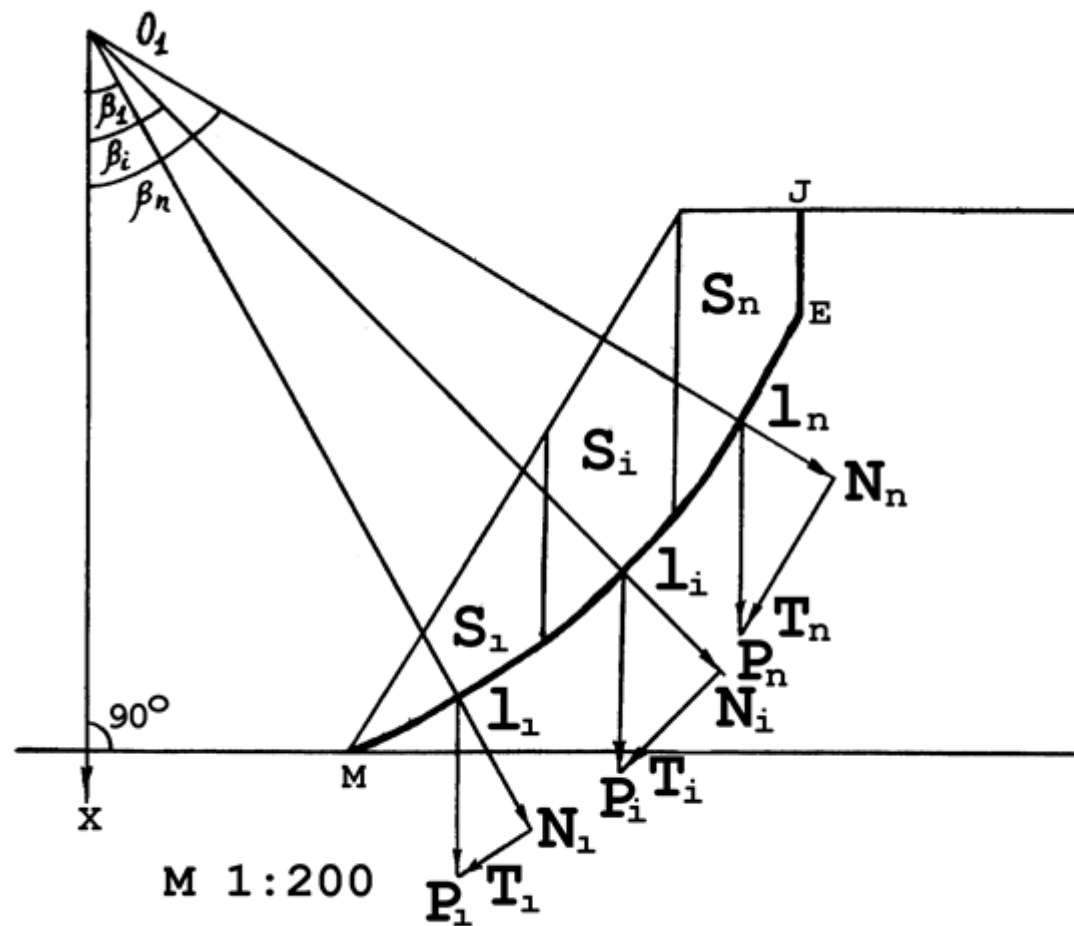


Рис. 10. Оползневый клин и разложение сил давления

а) оползневый клин, вычерченный в М 1:200, переносится на отдельный лист ватмана и разбивается на произвольное число секций $n = 4-7$. Через средние точки секций l_i проводятся радиусы $O_1 l_i$,

б) на чертеже измеряются: углы β_i от вертикали $O_1 X$ с точностью до $0,5^\circ$, площади секций S_i и длина дуги поверхности скольжения $MNEJ$ с учетом масштаба построения. Площади измеряют планиметром, палеткой или геометрическим способом, принимая секции за трапеции;

в) вычисляют:

- массу секции мощностью 1м $P_i = l \cdot S_i \cdot \gamma$;
- составляющие давления массы секций $N_i = P_i \cdot \cos \beta_i$; $N_i = P_i \cdot \sin \beta_i$;
- коэффициент устойчивости по выражению (1).