

ПАРАМЕТРЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВЫХ ОТВАЛОВ

Лекция 14

Породные отвалы — это искусственные горнотехнические сооружения, возводимые из вскрышных пород в процессе производства открытых горных работ на специально отведенных площадях или в выработанном пространстве карьера.

Отвалы различают по следующим признакам:

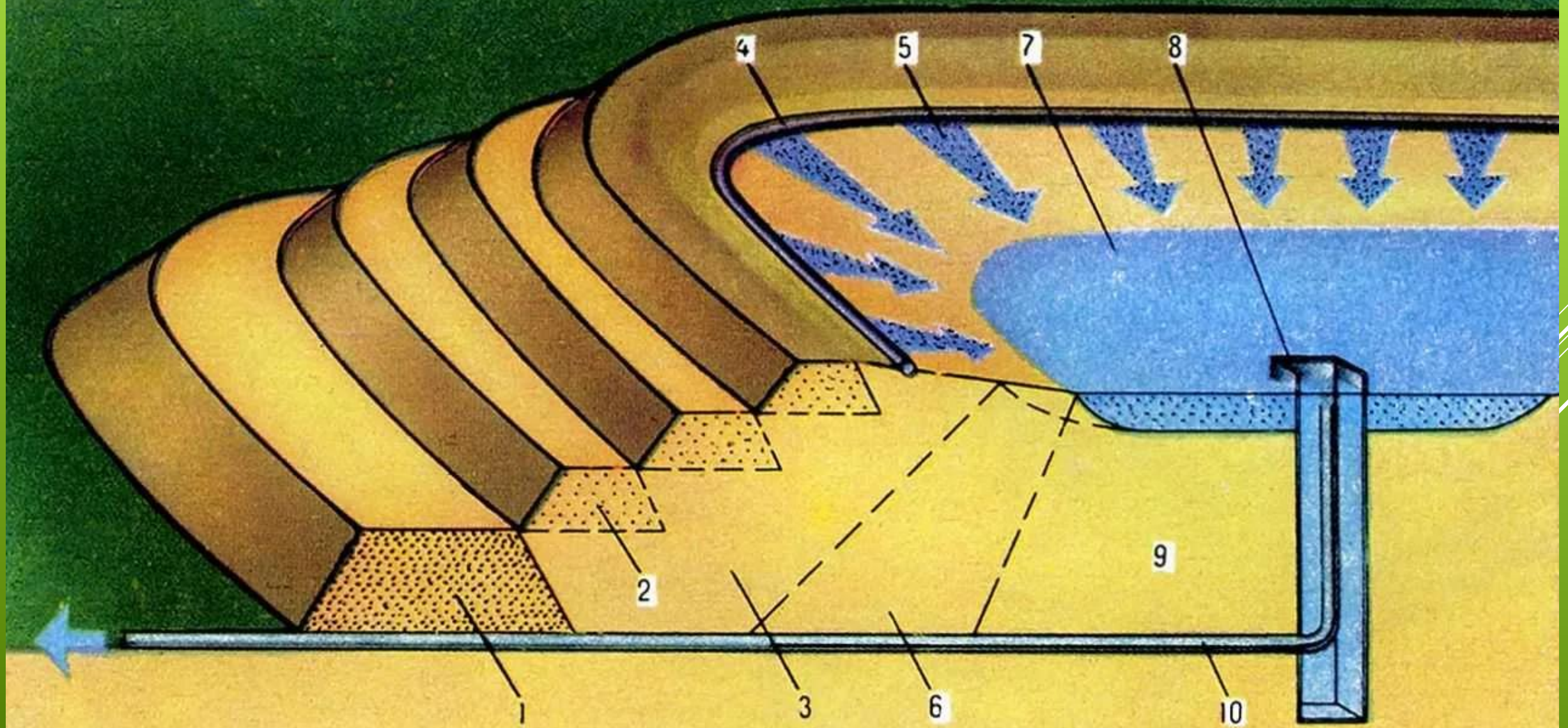
- ✓ месту формирования: внутренние, внешние;
- ✓ рельефу площадки: равнинные, нагорные;
- ✓ конструкции: одноярусные, многоярусные;
- ✓ высоте: высокие (более 50 м), средние (20—50 м), низкие (менее 20 м);
- ✓ способу механизации отвальных работ: бульдозерные, экскаваторные, конвейерные;
- ✓ консистенции отвальных пород: сухие, гидроотвалы.















Внутренние отвалы формируют в выработанном пространстве карьера при разработке горизонтальных, пологих и мульдообразных залежей.

Вскрышные породы доставляют к месту складирования с помощью непосредственной перевалки (разработка вскрышными экскаваторами) по транспортно-отвальной технологии (транспортно-отвальные мосты и консольные отвалообразователи), транспортными средствами (автомобильный и железнодорожный транспорт, ленточные конвейеры), либо комбинированно.

Технология отвалообразования влияет на порядок формирования внутреннего отвала из пород различной прочности, их уплотняемость, скорость наращивания отвала и др.

Основными **параметрами отвалов** являются: высота H_0 , угол откоса (наклона) α_0 , количество ярусов и их высота (многоярусные отвалы).

Высота отвала — расстояние по вертикали между верхней и нижней бровками, у многоярусных отвалов между верхней бровкой первого яруса и нижней — последнего.

Угол наклона многоярусного отвала — угол, образуемый с горизонтом воображаемой прямой линией, соединяющей верхнюю бровку первого яруса и нижнюю — последнего.

Эквивалентной высотой H_3 отвала называют условную дополнительную высоту нагруженного оборудованием отвала, которой соответствует удельная нагрузка, приходящаяся на единицу площади в границах призмы возможного оползания.

Отвалы характеризуются общей вместимостью и приемной способностью.

Вместимость отвала — объем породы в кубю.м, размещаемой в отвале, при котором обеспечивается длительная устойчивость отвала.

Приемную способность внешнего отвала обуславливают количество и протяженность разгрузочных площадок (тупиков). Приемная способность приоткосной части внутреннего отвала зависит от угла естественного откоса отвальных пород и профиля отвала.

Устойчивость отвала зависит от прочности отвальных пород и его основания, т.е. обуславливается устойчивостью системы «отвал— основание».

К прочным отнесены скальные, полускальные, песчано-гравелистые породы и их смеси, к слабым глинисто-суглинистые породы.

Критерий оценки устойчивости отвалов — **фактический коэффициент их устойчивости n_{ϕ}** , который сопоставляют с нормативным коэффициентом n .

По **степени устойчивости** отвалы разделены на:

✓ устойчивые (недеформируемые) $n_{\phi} > n$;

✓ деформируемые — $1 < n_{\phi} < n$;

✓ неустойчивые — $n_{\phi} < 1$.

Потенциальная призма оползания — приоткосная часть отвала, ограниченная наиболее напряженной (слабой) поверхностью скольжения.

При наличии в основании отвала слабых пород образуется **призма выпора**.

К отвалам предъявляют следующие **основные требования**:

- ✓ сохранение устойчивого состояния во времени;
- ✓ обеспечение необходимой приемной способности и общей вместимости;
- ✓ преимущественное размещение в выработанном пространстве карьеров (внутренние отвалы) и на площадях, непригодных для использования в народном хозяйстве (внешние отвалы);
- ✓ размещение на минимально возможных площадях, в проектных контурах;
- ✓ рекультивируемость с минимальными трудовыми и материальными затратами (при необходимости);
- ✓ безопасность отвальных работ.

Параметры отвалов и их профили обуславливают физико-механические характеристики пород отвала и его основания, а также технологию отвалообразования.

К **физико-механическим свойствам пород** отвалов и их основания, обуславливающим устойчивость отвалов, относят: прочность при сжатии, влажность, плотность, удельное сцепление, угол внутреннего трения, уплотняемость во времени.

При определении сопротивления сдвигу водонасыщенных пород должна учитываться возможность развития порового давления, значительно снижающего сопротивление пород сдвигу.

По **литологическому составу** породы, отсыпаемые в отвалы, объединены в **4 группы**:

1. Скальные и полускальные.
2. Рыхлые, песчано-гравийные.
3. Рыхлые, глинисто-суглинистые.
4. Отвальные смеси в различных пропорциях.

Прочность пород основания отвала обуславливает его несущую способность. По **несущей способности** основание отвала характеризуется как:

- ✓ прочное — сложенное породами I—2 групп;
- ✓ слабое — сложенное породами 3 группы мощностью, составляющей 15 % и более от общей высоты отвала;
- ✓ прочное со слабым контактом — включающее слой пород 3 группы с низким сопротивлением сдвигу мощностью до 0,5 м;
- ✓ прочное со слабым слоем — то же с мощностью, составляющей 5—15 % от общей высоты отвала.

Основные виды деформаций отвалов — оползни, обрушения, оплывины и выпоры.

Деформации оползания характеризуются наличием плоской, криволинейной или комбинированной поверхностей скольжения, ограничивающих призму оползания.

Подпошвенные оползни происходят с образованием **вала выпора** в основании отвала.

Деформации оплывания характеризуются вязко-пластическим течением бесформенной, насыщенной водой отвальной массы.

В зависимости от вида деформации отвала выбирают соответствующую схему для определения степени его устойчивости.

Оптимальную высоту внешних отвалов устанавливают **ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ расчетами** (в зависимости от вида транспорта, дальности транспортирования породы, ценности земель, высоты переподъема породы, рельефа местности) и проверяют по **УСЛОВИЮ УСТОЙЧИВОСТИ**.

Если экономичная высота отвала больше высоты устойчивого отвала, то в некоторых случаях целесообразно уменьшить значение коэффициента запаса устойчивости отвала, вплоть до 1, а технологический процесс отвалообразования организовать с учетом возможности деформирования приоткосной части отвала. Ведение работ по отвалообразованию на деформирующихся отвалах допустимо лишь при выполнении специальных мер безопасности.

Высота внутренних отвалов, отсыпаемых при разработке вскрыши по бестранспортной или транспортно-отвальной технологии, не должна превышать предельных значений. Деформации внутренних отвалов допускают только в тех случаях, когда скорость подвигания рабочего борта равна или больше скорости смещения отвальных пород. При использовании транспортно-отвальных мостов с установкой отвальной опоры моста на предотвале, деформации отвала должны быть полностью исключены.

ОТВАЛЫ, ОТСЫПАЕМЫЕ НА ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ И ПОЛОГИЕ ПЛОЩАДКИ.

Постоянный рост объемов горной массы, извлекаемой из недр открытым способом, сопровождается увеличением площадей, отводимых под внешние отвалы, хвосты обогащения и золохранилища, причем площади, занимаемые отходами горного производства, обычно в несколько раз превышают площади, занятые самими карьерами. Одни из способов сокращения нарушаемых площадей — **увеличение общей вместимости отвалов.**

При формировании отвалов на обширных, непригодных для других целей территориях нет необходимости отсыпать высокие отвалы. Напротив, в тех случаях, когда вскрышные породы содержат потенциально плодородные породы, целесообразно отсыпать одноярусный отвал и рекультивировать его в процессе формирования.

Если высота отвала не ограничивается условиями его устойчивости, то ее устанавливают экономическими расчетами по критерию минимальных затрат на отвалообразование. Но в тех случаях, когда территория представляет ценность для народного хозяйства, отвалы стремятся размещать на ограниченные по площади участках и отсыпать их максимально возможной высоты.

Высокий отвал (50 м и более) – сложное инженерное сооружение, имеющее фундамент (основание отвала) и несущие конструкции (тело отвала).

На площадке действующего отвала практически постоянно находятся машины, оборудование и обслуживающий персонал. Поэтому предельные параметры высоких отвалов должны определяться геомеханическими расчетами на основе тщательных исследований физико-механических свойств пород отвала и его основания с учетом возможных изменений этих свойств во времени, а также прогноза механизма деформирования отвала.

Предельная высота или угол откоса отвала обуславливает прочность (сопротивляемость сдвиговым усилиям) как отвальных, так и подстилающих отвал горных пород. Все отвалы по их деформируемости можно классифицировать по двум основным признакам: агрегатному состоянию и литологическому составу отвальных пород и прочности пород основания отвала.

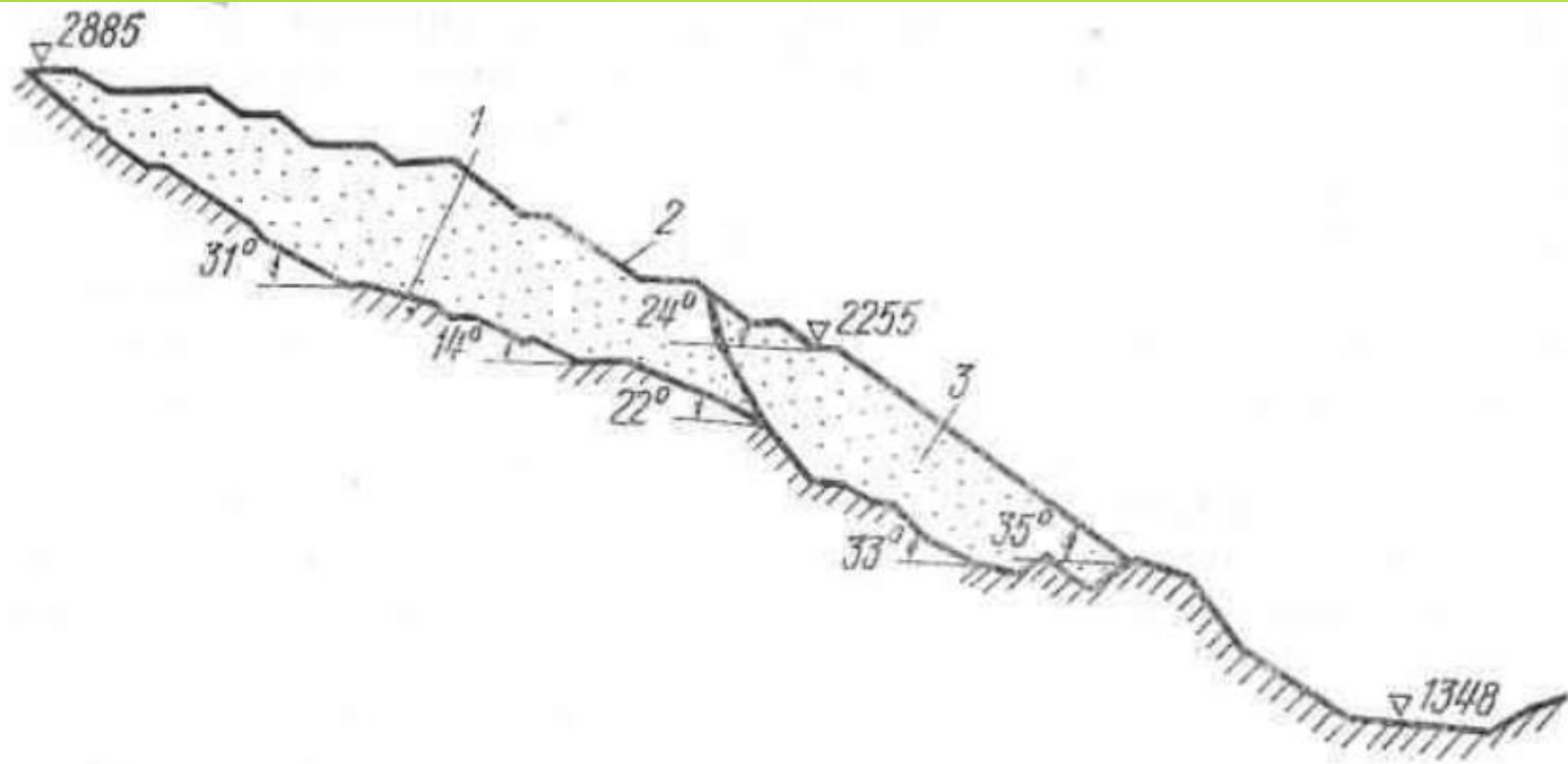
Отвальные породы можно разделить на две группы:

1. Сыпучие – дробленые скальные, полускальные и песчано-гравелистые породы, а также их смеси.
2. Связные – рыхлые породы глинистого, суглинистого, супесчаного состава и их смеси с сыпучими породами.

Соппротивление сдвигу сыпучих пород характеризуется п основном величиной ффрикционных сил, действующих между частицами породы, обусловленных величиной угла внутреннего трения пород и формой кусков. Сцепление в них практически отсутствует. Небольшое сцепление (порядка 0.02—0,03 МПа) в этих породах появляется при наличии в отвальной смеси мелких фракций рыхлых пород или образующихся в результате выветривания, которые «цементируют» дробленые породы и процессе уплотнения их в отвале.

Сыпучие породы сохраняют первоначальный угол естественного откоса близкий по значению к углу внутреннего трения продолжительное время, практически не образуя осыпей. Плоская поверхность откоса отвала, отсыпанного в один ярус, является предельной, что, однако, не исключает образования других предельных поверхностей в приоткосной зоне отвала, сходящихся в верхней и нижней бровках отвала. Незначительные деформации откоса отвала из сыпучих пород, отсыпанного на прочное основание, могут быть вызваны разрушением пород основания па контакте зоны «сжатие-растяжение» у нижней бровки отвала.

Высоту отвалов из скальных пород, отсыпанных на прочном основании, практически не ограничивают и она может достигать нескольких сотен метров. Например, проектная высота первого яруса отвала Мукуланского карьера, формируемого в балке, составляет около 600 м при общей высоте отвала около 1400 м.



Проектный контур отвала Мукуланского карьера в конечном положении, при высоте около 1400 м:

1 — профиль тальвега Большой Мукуланской балки; 2 — общий профиль отвала; 3 — первый ярус отвала

Сопротивление сдвигу связных пород, характеризуется также и величиной удельного сцепления. Эти породы обычно имеют высокую влажность (15—25%). Поэтому первоначально отсыпанный отвал (одноярусный) имеет угол естественного откоса значительно превышающий величину угла внутреннего трения отвальных пород. В результате высыхания пород на поверхности откоса отвала образуются осыпи и в конечном счете откос выполаживается под углом, близким к истинному углу естественного откоса для данного комплекса пород.

Смеси сыпучих пород с рыхлыми в зависимости от процентного содержания каждой приближаются по сопротивляемости сдвигу к рыхлым породам. Наличие в них сцепления обуславливает завышенную величину первоначального угла естественного откоса яруса отвала и деформируемость с образованием криволинейных поверхностей скольжения, заканчивающихся вертикальной трещиной отрыва. Наличие ограниченного количества рыхлого материала (порядка 20—25 %), равномерно распределенного в сыпучей среде, значительно упрочняет отвальную смесь, «цементируя» ее. Это позволяет увеличить высоту яруса отвала в 2—3 раза в сравнении с отвалом, отсыпанным только из рыхлых пород. Из связных пород обычно формируют многоярусные отвалы, если позволяет площадь отведенного под отвал участка.

Основания отвалов характеризуются как прочные и слабые.

Прочными являются основания, сложенные коренными либо сыпучими породами песчано-гравелистого состава, а также другими комплексами пород, обладающими высоким сопротивлением сдвигу.

К слабым относят основания, представленные глинистыми, суглинистыми, лессовыми, илистыми породами с естественной и повышенной влажностью. Соотношение мощности слоя этих пород и высоты отвала обуславливает механизм деформирования отвала — формирование единой призмы оползания в приоткосной зоне, либо призмы активного давления (в виде клина оседания) и призмы упора, в значительном удалении от приоткосной зоны.

При большой мощности слабых пород в основании отвала формируется также призма выпора.

Следует отметить, что слабый контакт или слои в основании отвала, отсыпанного из крепких дробленых пород работать только в том случае, когда не происходит полного внедрения (пронизывания) крепких пород в рыхлые, либо между отвалом и слабыми породами залегает «экранирующий» слой более крепких пород.

Классификация отвалов и их деформируемости

Класс отвала	Тип деформации	Внешние признаки	Форма поверхности скольжения
I.1.	Подвижки в приоткосном слое	Просадки в зоне верхней бровки	—
I.2.	Подожвенный контактный оползень — обрушение	Оседание ПАД и сдвиг ПУ	Плоская у ПАД и ПУ
I.3.	Подожвенный оползень — обрушение	То же, и выпор	То же, с криволинейными участками
I.4.	Глубинный оползень	Общий сдвиг с выпором	Криволинейная (у ПАД близка к плоской)
П.1.	Надподожвенный оползень	Общий сдвиг	Круглоцилиндрическая
П.2.	Подожвенный контактный оползень	Сдвиг с оседанием ПАД и сдвиг ПУ	Криволинейная у ПАД, плоская — у ПУ
П.3.	Подожвенный оползень	То же, с выпором	То же, с криволинейными участками у ПУ
П.4.	Подподожвенно-глубинный оползень	Общий сдвиг и выпор	Криволинейная, монотонная

Расчеты устойчивости отвалов выполняют методами алгебраического сложения или многоугольника сил для 3-4 положений потенциальной поверхности скольжения. В результате находят наиболее напряженную поверхность.

Каждый класс отвала имеет свои характерные особенности, обусловленные формой потенциальной поверхности скольжения в отвальных породах и основании отвала.

Класс 1.1. Одноярусный отвал устойчив практически при любой высоте. Возможны просадки верхней бровки отвала и смещения верхней площадки в вертикальной плоскости в результате уплотнения пород и отвале.

Класс 1.2. Расчет (методом многоугольника сил) определяют предельную высоту одноярусного отвала. Ширина призмы возможного оползания (положение клипа оседания) зависит от характеристик сопротивления сдвигу пород контактной зоны. Она увеличивается по мере снижения этих характеристик. При некотором заглублении слабого контакта (подпошвенный оползень) механизм деформирования отвала сохраняется.

Класс 1.3. В одноярусном отвале в зависимости от соотношения мощностей отвальных пород и слабого слоя, деформации могут происходить по криволинейной либо по криволинейно-плоской поверхности скольжения. В последнем случае расчет устойчивости, как и многоярусного отвала выполняют методом многоугольника сил. Второй и последующие ярусы устойчивы. При некотором заглублении слабого слоя механизм деформирования сохраняется, но учитывается влияние промежуточного слоя. Возможно образование призмы выпора у нижней бровки отвала.

Класс 1.4. В одноярусном и многоярусном отвале потенциальная поверхность скольжения криволинейна, в пределах пород отвала—близка к плоской. Расчет устойчивости отвала выполняют методом алгебраического сложения сил. Второй и последующий ярусы устойчивы. Деформации сопровождаются образованием призмы выпора.

Класс II.1. В одноярусном отвале потенциальная поверхность скольжения круглоцилиндрическая. Предельную высоту определяют по графику плоского откоса. В многоярусном отвале поверхность скольжения криволинейна. Расчет устойчивости выполняют методом алгебраического сложения сил. Устойчивость второго и последующих ярусов проверяют с учетом наличия в основании слабых отвальных пород.

Класс II.2. В одноярусном и многоярусном отвале потенциальная поверхность скольжения криволинейно-плоская, расчет устойчивости выполняют методом многоугольника сил. Устойчивость второго и последующих ярусов проверяют с учетом наличия слабых пород отвала.

Класс II.3. В одноярусном отвале и последующих ярусах потенциальная поверхность скольжения криволинейна. Расчет выполняют методом алгебраического сложения сил. В многоярусном отвале поверхность скольжения криволинейна в породах отвала и краевых частях слабого слоя, попадающего в зону сдвижения. В середине слоя поверхность плоская. Расчет выполняют методом многоугольника сил.

Класс II.4. Расчет проверяют возможность образования надподошвенного оползня ярусов и отвала, а также подподошвенного (глубинного) оползня отвала в целом, методом алгебраического сложения сил.