

МПС — СССР

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи

Инженер Т. А. ТИМОФЕЕВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОЧНОСТИ
ГЛИНИСТЫХ ПОРОД В ЗОНЕ ОПОЛЗНЕВОГО
СМЕЩЕНИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ОПОЛЗНЕВЫХ
СКЛОНОВ

(на примере оползней г. Одессы и Черноморского
побережья Кавказа)

(специальность № 481, основания, фундаменты и подземные
сооружения)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск
1968

Работа выполнена в Научно-исследовательской лаборатории механики грунтов Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта.

Научный руководитель — доктор технических наук, профессор
М. Н. Гольдштейн.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор **Г. И. Тер-Степанян,**
доктор геолого-минералогических наук **Е. П. Емельянова.**

Ведущее предприятие — Проблемная научно-исследовательская лаборатория инженерной геологии побережья моря при Одесском университете.

Автореферат разослан «**25**» **октября** 1968 г.

Защита диссертации состоится «**26**» **ноября** 1968 г.
на заседании Совета Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта.

г. Днепропетровск, 10, ул. Университетская, 2, ДИИТ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь Совета

(**Ю. А. Радзиховский**)

МПС — СССР
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи

Инженер Т. А. ТИМОФЕЕВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОЧНОСТИ
ГЛИНИСТЫХ ПОРОД В ЗОНЕ ОПОЛЗНЕВОГО
СМЕЩЕНИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ОПОЛЗНЕВЫХ
СКЛОНОВ

(на примере оползней г. Одессы и Черноморского
побережья Кавказа)

(специальность № 481, основания, фундаменты и подземные
сооружения)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск
1968

3563a

ВВЕДЕНИЕ

Целью данной работы явилось исследование изменения прочности глинистых пород в зоне оползневого смещения в процессе деформирования. Решение этого вопроса имеет важное практическое значение.

Фактической основой данных исследований послужили результаты работ, выполнявшихся в течение ряда лет Научно-исследовательской лабораторией механики грунтов ДИИТа под руководством профессора М. Н. Гольдштейна на ряде железных дорог Союза, а также на других строительных объектах. В частности, автор диссертации в течение 1961—1964 гг. принимал участие в проведении инженерно-геологических исследований на оползневых участках Северо-Кавказской и Одесско-Кишиневской железных дорог, в 1965—1966 гг. занимался изучением Одесских оползней.

Экспериментальная часть работы, включающая изучение прочности и микроструктуры оползневых грунтов, выполнялась при участии автора также в Научно-исследовательской лаборатории механики грунтов ДИИТа. Проведены испытания оползневых грунтов на приборе кольцевого сдвига, приборе одноосного сжатия с постоянной скоростью деформирования (ПСД), на одноплоскостных срезных приборах, стендовой срезной установке. Процесс снижения прочности грунта при оползании исследован также с помощью центробежного моделирования. В диссертации приведены также результаты полевых испытаний мезотических глин методом вращательного сдвига.

В процессе работы над диссертацией использованы фондовые материалы Кавгипротранса, Днепрогипротранса, Одесской оползневой станции, Одесского филиала «Укргипрокоммунстроя», Одесского противооползневого Управления.

Диссертация объемом в 254 страницы машинописи, иллюстрированная 58 рисунками и 24 таблицами, состоит из введения, четырех глав и заключения; в приложениях приведены результаты испытаний мзотических глин. Список использованной литературы включает 209 названий.

Г л а в а I

Особенности условий формирования оползневых склонов

В первом параграфе рассматривается вопрос о причинах и факторах оползневых процессов.

Диссертант придерживается взглядов Е. П. Емельяновой о том, что решающее значение в процессе возникновения оползней имеют факторы, вызывающие необратимые изменения запаса устойчивости склона, среди которых необходимо искать причины оползания.

Во втором параграфе рассматривается вопрос о влиянии свойств пород на характер проявления оползневого смещения.

Показано, что свойствами пород должен определяться также и подход к инженерно-геологическому изучению оползневых склонов.

В скальных и полускальных породах, в которых оползни могут развиваться только по ранее подготовленным (чаще всего тектоническими процессами) поверхностям ослабления, определение их высокой первичной прочности и изучение ее природы не является первостепенной задачей. Основное значение приобретает изучение состояния пород на склоне: их трещиноватости, положения зон тектонических нарушений, а также изучение геологической истории формирования склонов, связанной с тектоническими проявлениями.

В пластичных глинистых грунтах, обладающих сравнительно невысокой начальной прочностью (до нескольких кг/см²), оползни нередко происходят и без предварительной подготовки поверхностей ослабления. Следовательно, устойчивость таких пород на склоне определяется в первую очередь их прочностью и изменением ее под влиянием различных факторов.

В третьем параграфе рассмотрено снижение прочности глинистых пород при деформировании. Большой интерес в

этом направлении представляют работы М. Н. Гольдштейна, Г. И. Тер-Степаняна, А. Скемптона и др.

В Научно-исследовательской лаборатории механики грунтов ДИИТа под руководством профессора М. Н. Гольдштейна в течение ряда лет проводятся исследования изменения прочности и структуры глинистых грунтов в процессе деформирования.

Исследования, проведенные на приборе непрерывного кольцевого сдвига, показали, что прочность грунта в процессе деформирования падает от пикового (максимального) до установившегося (минимального) значения. Снижение прочности грунта в зоне сдвига сопровождается изменением его структуры.

Диссертантом показано, что прочность грунта в зоне оползневого смещения значительно отличается от прочности, определяемой в лаборатории по стандартным методикам. Этим объясняется несоответствие между расчетным значением коэффициентов устойчивости и действительным состоянием оползневых склонов.

Г л а в а II

Исследование изменения прочности глинистых пород в процессе оползневого смещения

Вторая глава подразделяется на три части.

В первой части вопрос об изменении прочности пород рассмотрен на примере глубоких оползней в мезотических глинах г. Одессы. Диссертант отмечает, что несмотря на наличие обширного материала по изучению Одесских оползней, накопленного в течение более 150 лет, до сих пор не достигнуто единство взглядов на их механизм.

В связи с проектированием второй очереди противооползневых сооружений г. Одессы, в Научно-исследовательской лаборатории механики грунтов ДИИТа было проведено исследование прочности мезотических глин и механизма глубоких Одесских оползней. Результаты этих исследований явились основанием для выбора расчетных характеристик прочности грунта и расчетной схемы для оценки устойчивости склонов. Получены также данные, позволившие сделать анализ изменения прочности грунта в зоне оползневого смещения в процессе деформирования.

Мэотические песчано-глинистые отложения описываемого района относятся к прибрежным фациям, следовательно, в период накопления осадок неоднократно подвергался перемыву и переотложению. Такие условия образования обусловили чрезвычайно неоднородное сложение толщи мэотиса, в пределах глубины разведки (60—65 м ниже уровня плато). Неоднородность толщи обусловлена не только наличием песчаных линз и прослоев, но и различным характером глинистой составляющей. Выделены глины с массивной текстурой, с раковистым или ровным изломом и глины с комковатой, переходящей в брекчиевидную текстурой.

Песчаные линзы и прослои в глинах первого типа встречаются редко, чем последние значительно отличаются от комковатых глин, содержащих многочисленные, очень невыдержанные по простиранию песчаные прослои. Иногда мощность этих прослоев настолько мала (доли миллиметра) и расстояние между ними столь невелико (несколько мм), что вместе с глинистой составляющей они образуют третий тип — глины с тонкими невыдержанными песчаными прослоями.

В распределении этих трех типов глин не наблюдается никакой закономерности, причем нет резкого перехода от одной разновидности к другой.

В толще глин очень часто встречаются фиксируемые макроскопически зеркально-блестящие поверхности со штрихами движения. В глинах с массивной текстурой они выражены лучше — монолит размером 20 x 20 x 20 см делится на две части по такой поверхности. В глинах с комковатой текстурой площадь блестящих поверхностей невелика — от нескольких квадратных миллиметров (контуры комков) до нескольких квадратных сантиметров, и в пределах одного монолита нередко наблюдается множество различно ориентированных поверхностей. В глинах с песчаными прослоями визуально такие поверхности фиксируются редко; керн обычно делится на две части по прослоям песка.

Наличие зеркал скольжения наблюдается не только на оползневом склоне, но и на плато. Нами на различных глубинах обнаружены хорошо выраженные зеркала на расстояниях до 150 м от бровки плато.

Мэотические глины изучены в шлифах под микроскопом и исследованы рентгеновским и электронномикроскопическим методом. Состав глинистых минералов в глинах с комковатой и массивной текстурой не одинаков. В глинах с массивной текстурой кроме гидрослюды и каолинита присутствует и

монтмориллонит. Преобладающим компонентом во всех изученных образцах является гидрослюда.

Микроструктура этих глин также оказалась различной, причем она очень неоднородна даже в пределах каждой разновидности.

Изучение глин в шлифах показало наличие в ряде образцов многочисленных микротрещин, вдоль которых глинистые чешуйки ориентированы, как бы оконтуривая трещину. Особенно четко такая микротрещиноватость проявляется в образцах, отобранных из зоны оползневого смещения. Таким образом, и микротекстура глин свидетельствует о наличии в них многочисленных поверхностей ослабления.

Из изложенного видно, что литологическая неоднородность толщи осложняется еще неоднородностью, обусловленной наличием поверхностей ослабления, вдоль которых прочность глинистой породы, особенно в условиях благоприятствующих подтягиванию влаги, может оказаться весьма низкой. Следовательно, прочность мезотических глин в массиве может значительно отличаться от призмной прочности отдельных образцов, лишенных трещин.

При выборе методики лабораторных испытаний руководствовались тем, что в зоне оползневого смещения прочность глинистого грунта значительно ниже его прочности в окружающем массиве, а в некоторых случаях достигает минимального установившегося значения.

Соответственно были приняты следующие методы испытаний: испытания на приборе одноосного сжатия с постоянной скоростью деформирования (ПСД); стандартные испытания на приборе одноосного сжатия; испытания на приборе кольцевого сдвига; полевые испытания методом вращательного сдвига.

Разброс значений пиковой прочности мезотических глин оказался весьма большим. В условиях одноосного сжатия она изменялась от 0,2 до 5,8 кг/см², что обусловлено наличием в образцах многочисленных поверхностей ослабления. В то же время диапазон изменения установившейся прочности оказался значительно уже и в условиях одноосного сжатия составлял 0,08—0,4 кг/см². Причем величина установившейся прочности (S_y) не зависит от пиковой прочности (S_n). Результаты испытаний, полученные на ПСД, вполне согласуются с результатами, полученными на приборе кольцевого сдвига.

На основании обработки опытных данных (более 150 опы-

тов) получен обобщенный график (коэффициент корреляции равен 0,8), выражающийся следующим уравнением:

$$S_y = 0,14 + 0,20\sigma \text{ кг/см}^2.$$

При предварительном увлажнении поверхности сдвига обобщенный график (коэффициент корреляции 0,97) имеет вид:

$$S_y = 0,05 + 0,16\sigma \text{ кг/см}^2.$$

Результаты испытаний мэотических глин в условиях естественного залегания методом вращательного сдвига хорошо согласуются с лабораторными данными.

Исследования изменения прочности мэотических глин в процессе оползневого смещения проводились с помощью центробежного моделирования (размер кассеты 60 x 60 x 25 см). Характер залегания в моделях лессов, красных глин, известняков и мэотических глин соответствовал геологическому строению естественных склонов.

Исследования показали, что глубокие оползни в мэотических глинах развиваются по криволинейной поверхности смещения и захватывают их более чем на 20 м. У подошвы оползня образуется гребнеобразный вал выпирания круто обрывающийся в сторону моря.

Развитие оползневого процесса происходит циклически и сопровождается снижением прочности грунта в зоне оползневого смещения до установившегося значения (табл. 1).

Таблица 1

Цикл оползания модели откоса	Среднее сопротивление сдвигу по поверхности смещения модели опол- зня S кг/см ²	Среднее бытовое дав- ление по поверхности оползневого смещения σ кг/см ²	Масштаб моделирования
Первый	1,65	2,8	78
Второй	1,06	3,3	100
Третий	0,83	3,3	100 (после подрезки в языке оползня)

Склон при этом достигает состояния предельного уполотнения.

Для модели, у которой первоначальная прочность мезитической глины была близка к установившейся, дальнейшее снижение прочности в зоне оползневого смещения не наблюдалось.

Выполненные исследования позволили сделать вывод о том, что подготовка оползневого смещения начинается задолго до того, как на склоне появляются заметные деформации, причем микроподвижки и ослабление глинистого грунта возникают и в части склона, еще не захваченной оползневой смещением.

Во второй части главы II на примере оползневого участка, расположенного на Черноморском побережье Кавказа вдоль ж. д. линии Туапсе-Сочи, рассмотрено изменение прочности глинистых пород флишевой толщи при деформировании.

Флишевая толща мелового и третичного возраста представлена ритмично переслаивающимися пачками известково-глинистых сланцев, песчаников и известняков.

Если при расчете устойчивости исходить из весьма значительной призмической прочности ненарушенных образцов этих пород (порядка десятков и даже сотен кг/см²), то должны сохранять устойчивость вертикальные склоны высотой до сотен метров.

В действительности большинство оползневых склонов вдоль ж. д. линии Туапсе-Сочи имеют высоту 20–40 м и лишь отдельные более 50 м. Крутизна оползневых склонов изменяется от 6° до 45°. На склонах крутизной свыше 45° наблюдаются лишь обвальные и осыпные процессы.

Следовательно, породы, сформировавшиеся на значительной глубине и обладавшие высокой первичной прочностью, при выходе на поверхность (в склонах) в новой фазе своего существования претерпели существенные изменения. Анализ этих изменений осуществлен на основе изучения геологической истории формирования склона.

На границе олигоцена-миоцена морские условия в районе сменились континентальными, начался интенсивный подъем суши, который сопровождался несколькими фазами оживления тектонической деятельности, не затухающей до настоящего времени.

Результатом проявления тектонических сил является развитие в описываемом районе сильно сжатых складок, опро-

кинутых и осложненных серией чешуйчатых надвигов с широким развитием кливажа. Встречаются сильно перемятые, раздробленные породы, открытые трещины.

В результате подъема суши, сопровождавшегося непрерывным подмывом формирующегося склона морем и врезанием эрозионной сети, породы были размыты на значительную глубину. В молодых крутых склонах возникли значительные сдвигающие усилия.

Породы, претерпевшие гравитационное и тектоническое уплотнение, разупрочнились, особенно в зонах разломов. Под влиянием постоянно действующих сдвигающих усилий происходило ослабление пород, приводящее к снижению прочности.

Исследования показали, что в описываемом районе оползни приурочены к участкам, где надвиговые зоны подходят к береговой линии. Снижение прочности пород в зоне надвига было нами установлено при вскрытии их строительными котлованами, в которых был обнаружен мощный (6 м) слой глины трения с четко выраженными поверхностями скольжения, с включением обломков коренных пород. Местами в глине сохранились целые блоки (1,5—2 м по высоте) коренных пород. Все породы сильно трещиноваты, со штрихами скольжения. В блоках вдоль трещин напластования наблюдаются пластичные глинисто-мергелистые прослои толщиной 1—2 см.

В лаборатории на стендовой срезной установке был испытан образец грунта, отобранный непосредственно из глины трения. Диаметр образца 500 мм, высота 300 мм. При смещении по естественному зеркалу скольжения величина сопротивления сдвигу составила $0,58 \text{ кг/см}^2$ (при $\sigma = 2 \text{ кг/см}^2$).

Параллельно, в малом срезном приборе ($d=60 \text{ мм}$, $h=20 \text{ мм}$) также были испытаны образцы глины трения при $\sigma = 2 \text{ кг/см}^2$.

Сопротивление сдвигу глины трения по подготовленной поверхности оказалось таким же, как по естественному зеркалу скольжения, а в условиях увлажнения оно даже достигло установившегося значения ($0,25 \text{ кг/см}^2$).

В малом одноплоскостном срезном приборе были испытаны образцы, отобранные из описанных выше размягченных глинисто-мергелистых прослоев в сохранившихся блоках коренных пород. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Полученные данные показывают, что прочность этих образцов по подготовленной поверхности приближается к прочности глины трения.

Таблица 2

№ п. п.	Глубина отбора в м	Естественная влажность ω %	Величина сопротивления сдвигу S кг/см ² при $\sigma =$ кг/см ²		
			в естественном сложении	по подготовленной по- верхности	по подготовленной увлажненной по- верхности
1	8,2	21,2	1,14	0,64	0,58
2	11,5	20,7	1,35	0,90	0,40
3	12,0	17,0	1,51	1,16	0,56

Таким образом, вдоль поверхностей тектонического смещения возникают ослабленные зоны, в которых при разгрузке протекают интенсивные процессы разупрочнения. Под влиянием действующих в склоне касательных усилий происходит дальнейшее снижение прочности пород, которому благоприятствует подтягивание из окружающей среды влаги в зону сдвига.

В третьей части главы II рассматривается вопрос о прочности глинистых пород в зоне оползневого смещения.

Отмечается, что определение установившейся прочности грунта лучше всего проводить на приборе кольцевого сдвига. Показано, что довольно близкую сходимость с результатами испытаний на кольцевом приборе дают испытания на обычном срезном приборе по подготовленной увлажненной поверхности.

Уравнение обобщенного графика сдвига (коэффициент корреляции 0,8), полученного по результатам испытаний в срезном приборе для сарматских и понтических глин Молдавии (91 испытание), имеет вид:

$$S_y = 0,12 + 0,12 \sigma \text{ кг/см}^2,$$

для делювиальных оползневых грунтов Черноморского побережья Кавказа (31 испытание) —

$$S_y = 0,080 + 0,078 \sigma \text{ кг/см}^2,$$

т. е. вполне согласуются с приведенными выше результатами определения установившейся прочности одесских мезотиче-

ских глин на кольцевом приборе по увлажненной поверхности.

Уравнение сводного графика, полученное при совместной обработке данных всех 205 лабораторных испытаний, имеет вид:

$$S_y = 0,12 + 0,12 \sigma \text{ кг/см}^2$$

при коэффициенте корреляции 0,8.

Результаты лабораторных испытаний сопоставлены с прочностью грунта в зоне оползневого смещения.

В качестве показателя прочности грунта по поверхности оползневого смещения нами приняты результаты условного (обратного) расчета, проведенного из предположения, что оползневой склон находится в состоянии предельного равновесия и коэффициент устойчивости его равен единице.

Такие расчеты выполнены для целого ряда оползневых склонов Черноморского побережья Кавказа, г. Одессы, Молдавии, а также для оползней, развивающихся в жестких глинах и полускальных породах в различных областях Советского Союза и за рубежом.

Обработка результатов обратных расчетов показала, что среднее сопротивление сдвигу по поверхности оползневого смещения для оползней в жестких глинах и полускальных породах оказалось такого же порядка, как и для оползней в пластичных глинах, обладающих более низкой первичной прочностью.

Уравнение графика сдвига для оползней в пластичных глинистых грунтах имеет вид:

$$S_e = 0,06 + 0,14 \sigma \text{ кг/см}^2;$$

для оползней в пластичных и жестких глинах:

$$S_e = 0,05 + 0,15 \sigma \text{ кг/см}^2;$$

для оползней в полускальных флишевых породах уравнение графика сдвига отличается от остальных —

$$S_e = 0,25 + 0,10 \sigma \text{ кг/см}^2.$$

Это свидетельствует о том, что снижение прочности грунта в зоне оползневого смещения происходит с различной скоростью. У пород, обладавших значительной первичной прочностью, снижение идет значительно медленнее и, соответственно, для меньшего числа склонов величина среднего сопротивления сдвигу по поверхности оползневого смещения достигла

установившегося значения. Оползневые склоны находятся на разных стадиях своего развития, ряд из них еще не достиг состояния предельного уположения и, следовательно, возможно дальнейшее развитие оползневых деформаций.

Г л а в а III

Оценка устойчивости оползневых склонов

В главе III рассматриваются методы оценки устойчивости оползневых склонов и приводится их краткий анализ. Отмечается, что все перечисленные методы могут быть разбиты на три группы:

1) геологические методы, базирующиеся на изучении истории формирования оползневого склона и на проведении аналогии между данным оползневым склоном и другими склонами, характеризующимися такими же геолого-геоморфологическими условиями;

2) расчетные методы, базирующиеся на законах механики сплошной и сыпучей среды;

3) методы моделирования.

Наибольшее развитие получили первые две группы методов. Однако для прогноза устойчивости склонов геологическими методами необходимо наличие достоверных материалов длительных наблюдений за оползнями, развивающимися в данном районе. Такие материалы не всегда имеются. Существующие расчетные методы не учитывают возможности снижения прочности грунта в зоне оползневого смещения в процессе дальнейшего развития оползневой деформации.

Для оценки возможности снижения прочности грунта в процессе оползания и прогноза характера дальнейшего развития оползневых деформаций предложен коэффициент длительной устойчивости оползневого склона.

$$k_{дл\ y} = \frac{S_y}{S_e},$$

где S_y — величина установившегося сопротивления сдвигу, соответствующая среднему нормальному давлению по поверхности оползневого смещения (берется по лабораторному графику сдвига);

S_e — среднее сопротивление грунта сдвигу по поверхности оползневого смещения, определяемое расчетом при $k_y = 1$.

Если расчетное значение S_e совпадает со значением S_y , то $k_{дл y} = 1$. Это означает, что склон достиг состояния предельного уположения. Чем меньше $k_{дл y}$, тем более катастрофический характер может иметь оползневой процесс, так как он будет сопровождаться резким снижением прочности грунта в зоне оползневого смещения, а, следовательно, и резким снижением коэффициента устойчивости. Эти выводы подтверждены результатами испытаний моделей на центрифуге.

Предложенная формула была использована для анализа длительной устойчивости оползневых склонов Одесского побережья Черного моря (амфитеатры VII-X).

Г л а в а IV

К вопросу об инженерно-геологическом изучении оползневых склонов и о выборе противооползневых мероприятий

Исследования, выполненные при участии автора в Научно-исследовательской лаборатории механики грунтов ДИИТа, а также обобщение накопленного опыта по обследованию оползней на железных дорогах Союза и других различных объектах, позволили сделать ряд выводов практического характера, относящихся к методике инженерно-геологического изучения оползневых склонов.

Главной задачей инженерно-геологического обследования оползней является получение данных, необходимых для оценки устойчивости склона и проектирования противооползневых мероприятий.

Оценка устойчивости склона может быть проведена лишь после разработки гипотезы о механизме оползневого процесса, оконтуривания зоны оползневого смещения и получения данных характеризующих прочность грунта в этой зоне. Следовательно, изучение механизма оползневого процесса приобретает первостепенное значение.

В качестве одного из важнейших признаков, определяющих характер оползня и подход к его изучению, рассматривается степень тектонической нарушенности пород, слагающих склон.

При оценке длительной устойчивости оползней расчетное значение прочности грунта рекомендуется принимать равным величине установившейся прочности. Этим исключается необ-

ходимость обязательного отбора образцов непосредственно из зоны смещения.

Для усиления роли инженерно-геологических исследований и повышения их целенаправленности предлагается завершать исследования расчетом устойчивости склона.

Учет влияния на устойчивость склона противооползневых мероприятий должен осуществляться путем выполнения поверочных расчетов

Отмечается, что противооползневые мероприятия, устраняющие причины оползания, препятствуют дальнейшему снижению устойчивости склона, но не вызывают повышения запаса устойчивости. Для увеличения запаса устойчивости необходимы мероприятия, направленные на уменьшение сдвигающих (увеличение удерживающих) сил.

Рассмотрено влияние срезки (пригрузки) в различных частях оползня. Отмечается, что при наличии нескольких поверхностей смещения, соответствующих как современным, так и древним оползневым процессам, влияние этих мероприятий необходимо проверить для всех поверхностей.

На конкретном примере показано, что устройство подпорных стен целесообразно лишь при небольшой мощности оползневых накоплений, в условиях когда склон близок к состоянию предельного уположения.

ВЫВОДЫ

1. Характер оползневого процесса зависит от свойств пород, в которых этот процесс развивается. Соответственно свойствами пород определяется также и подход к инженерно-геологическому изучению оползневых склонов.

При анализе устойчивости склонов, сложенных пластичными грунтами, особое значение приобретает определение их прочности и изучение ее природы.

При анализе устойчивости склонов, сложенных жесткими скальными и полускальными породами, определение их высокой первичной прочности и изучение ее природы не является первостепенной задачей. Основное значение приобретает изучение состояния пород на склоне: их трещиноватости, положения зон тектонических нарушений и древних оползневых смещений, а также изучение геологической истории формирования склона, обуславливающей изменение напряженного состояния пород.

2. В соответствии с изложенным в пункте 1, предлагается оползневые районы разделить на два типа:

А. Тектонически ненарушенные.

Б. Тектонически нарушенные.

В районах типа А сравнительно просто установить геологическое строение и историю формирования склона.

Изучение инженерно-геологических условий в районах типа Б значительно сложнее и требует большего объема разведочных и съемочных работ.

3. Главной задачей инженерно-геологического изучения оползней является получение данных, необходимых для оценки устойчивости склона и проектирования противооползневых мероприятий.

Оценка устойчивости склона может быть проведена лишь после разработки рабочей гипотезы о механизме оползневого процесса, оконтуривания зоны смещения и получения данных, характеризующих свойства грунта в этой зоне.

Вопрос о выборе расчетных характеристик прочности грунта должен решаться с учетом изменения прочности грунта в зоне смещения в процессе развития оползневых деформаций.

4. Изучение оползней, развивающихся в мезотических глинах г. Одессы показало, что формирование поверхностей ослабления в толще глин начинается раньше, чем проявляется оползневое смещение. Об этом свидетельствует наличие зеркал скольжения в мезотической глине на плато за пределами оползневого цирка.

Поверхности ослабления обуславливают более низкую (в 4—5 раз) прочность мезотических глин в массиве по сравнению с их призменной прочностью в образце, лишенном трещин. Влияние этих поверхностей столь велико, что в значительной степени подавляет влияние микроструктурных особенностей глин и их влажности. Сопротивление грунта сдвигу вдоль поверхностей ослабления в ряде случаев достигает даже установленного значения.

5. Величина установленного сопротивления сдвигу мезотических глин, полученная на приборе непрерывного кольцевого сдвига, вполне согласуется с результатами определения установившейся прочности в условиях одноосного сжатия на приборе с постоянной скоростью деформирования (ПСД), а также с результатами полевых определений установившейся прочности методом вращательного среза.

Во всех случаях величина установившейся прочности мезо-

тических глин оказалась не зависящей от величины пиковой прочности грунта.

6. Изучение механизма оползневого процесса методом центробежного моделирования показало, что основная поверхность смещения захватывает мезотические глины на глубину, превышающую 20 м.

В процессе циклического развития оползневого смещения сопротивление грунта сдвигу вдоль этой поверхности снижается до установившегося значения. Склон при этом достигает состояния предельного уположения.

Выше основной поверхности смещения на различных глубинах образуются многочисленные местные поверхности смещения, вдоль которых также происходит снижение прочности грунта.

7. Исследования, выполненные на Черноморском побережье Кавказа, позволили установить, что оползни в жестких флишевых породах, в ненарушенном состоянии обладающих высокой прочностью, приурочены к тем участкам, где зоны тектонических нарушений подходят к береговой линии. На таких участках развиты многочисленные поверхности ослабления, вдоль которых сопротивление пород сдвигу приближается к прочности пластичных глинистых грунтов.

8. Лабораторные исследования показали, что значения установившейся прочности различных оползневых грунтов (мезотические глины г. Одессы, сарматские и понтические глины Молдавии, делювиальные отложения флишевых пород Черноморского побережья Кавказа) близки между собой.

9. Значения среднего сопротивления сдвигу по поверхности оползневого смещения (S_c), полученные обратным расчетом при $k_y = 1$ для оползней в жестких полускальных породах и пластичных глинистых грунтах, залегающих в различных районах Советского Союза и за рубежом, оказались величинами одного порядка. В ряде случаев они совпадают со значениями установившейся прочности грунта, полученными при лабораторных испытаниях.

10. Для оценки длительной устойчивости оползневых склонов предложен коэффициент

$$k_{дл\ y} = \frac{S_y}{S_c}$$

Чем меньше величина $k_{дл\ y}$, тем более катастрофический характер может носить оползневой процесс.

Оползни, у которых сопротивление сдвигу в зоне оползне

вого смещения достигло установившегося значения $k_{д.у} = 1$), несмотря на столь низкую прочность грунтов, оказываются менее опасными, так как небольшое временное нарушение равновесия вызывает быстро затухающую деформацию, не сопровождающуюся прогрессирующим снижением прочности.

11. Вследствие снижения прочности грунта в зоне оползневого смещения в процессе деформирования рекомендуется в качестве расчетной принимать величину установившейся прочности грунта, определяемую на приборе кольцевого сдвига.

Учет снижения прочности грунта в зоне оползневого смещения особенно важен при проектировании подпорных сооружений, так как резкое снижение прочности грунта вызывает соответствующее увеличение оползневого давления. С этой точки зрения подпорные стены эффективны лишь в том случае, когда они устраиваются на оползневых склонах, близких к состоянию предельного уположения.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. К вопросу о циклическом развитии оползневого процесса. Сб. «Вопросы геотехники», № 9, изд. «Транспорт», Москва, 1965 (в соавторстве с А. Я. Туровской).

2. Условия развития оползней в полускальных и скальных породах и особенности их изучения. Сб. «Вопросы геотехники», № 9, изд. «Транспорт», Москва, 1965 (в соавторстве с А. Я. Туровской).

3. Стабилизация железнодорожной насыпи на оползневом косогоре. «Транспортное строительство», № 2, 1966 (в соавторстве с К. Ш. Шадунцем и Б. В. Веселовским).

4. Изменение механических свойств осадочных пород при их естественной разгрузке. Тезисы докладов к III региональному совещанию по инженерной геологии, Ленинград, 1966 (в соавторстве с А. Я. Туровской).

5. Инженерно-геологическое обследование оползневых склонов. Сб. «Вопросы геотехники», № 10, изд. «Транспорт», Москва, 1967 (в соавторстве с А. Я. Туровской).

6. К вопросу о выборе противооползневых мероприятий. Сб. «Вопросы геотехники», № 10, изд. «Транспорт», Москва, 1967 (в соавторстве с А. Я. Туровской).

7. К вопросу о механизме глубоких оползней в мезотических глинах г. Одессы. Тезисы докладов XVII научно-технической конференции ДИИТа. Днепропетровск, 1967.

8. Исследование устойчивости трещиноватых скальных склонов. Труды первого Международного конгресса по механике скальных пород. Лиссабон, 1966 (в соавторстве с М. Н. Гольдштейном, М. А. Берман, Б. В. Гусевым, А. Я. Туровской).

9. Исследование глубоких оползней г. Одессы. Сб. «Вопросы геотехники», № 12, изд. «Будівельник», Киев, 1968 (в соавторстве с М. Н. Гольдштейном, А. Я. Туровской, П. С. Кононенко, Н. А. Макаренко, Н. Б. Черненко, Н. В. Костылевой).

БТ 01804. Областная книжная типография
Днепропетровского областного управления по печати,
г. Днепропетровск, ул. Серова, 7.
Заказ № 2549-м. Тираж 200. Объем 1,25 п. л. Подп. к печ. 1. X 1968 г.

Сканировала Камянская Н.А.