

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА И ИСПЫТАНИЕ  
ПЕСЧАНЫХ И ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ  
ОПОЛЗНЕВЫХ УЧАСТКОВ**

**А.С. СУКМАНЮК, М.А. ПАСТУХОВ**

*Кубанский государственный технологический университет  
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2  
электронная почта: a.sukmanjuk@mail.ru*

Оползневые процессы широко развиты на территории нашей страны. Оползнями поражены значительные участки на Черноморском побережье Кавказа, долины многих рек Европейской части страны (Волги, Москвы, Дона и др.) районы распространения лессовых и глинистых пород. Изучению оползней посвящено много работ, которые показывают, что оползневой процесс весьма сложен, а причины, вызывающие его многообразны. В статье рассмотрена необходимость включения минералого-петрографического метода в комплекс методов исследования пород слагающих оползневые склоны. Изучение оползневых процессов с применением минералого-петрографического метода ведется в двух направлениях, Целью первого является оценка влияния минерального состава глинистой фракции пород, на их устойчивость. Другое направление исследований предусматривает изучение изменения структуры и текстуры глинистых пород оползневых склонов с целью диагностики смещения пород и анализа их деформирования. Располагая комплексом методов, позволяющих изучать текстуру и структуру глин качественно и получать количественные показатели, а также материалы, характеризующие изменения текстуры, вызванные различными видами деформации можно более точно определять опасные оползневые участки, время их возможного схода и предотвращать производимые ими разрушения.

**Ключевые слова:** оборудование лаборатории, образцы грунтов, испытания на сдвиг, монолиты, водонасыщение, компрессия, текстура.

Определение гранулометрического состава (гранулометрический анализ) состоит в разделении составляющих грунт минеральных обломков, частиц на фракции по крупности.

В полевых условиях применяют ситовой метод определения гранулометрического состава грунта, который дает возможность выделить такие фракции: а) при работе без промывки водой-от 10 до 0,5мм; б) при работе с промывкой от 10 до 0,1мм. Составляющие грунт частицы разделяют по фракциям грунта через набор сит.

Подготовка грунта к анализу заключается в следующем: отбирают пробу грунта весом примерно 100г, грунт помещают в алюминиевую чашку или на лист бумаги и высушивают до воздушно-сухого состояния.

При наличии крупных комков их осторожно растирают пестиком с резиновым наконечником, высушенную пробу взвешивают с точностью до 0,1г и помещают на верхнее, наиболее крупное сито из собранного заранее комплекта сит [1].

При сухом способе определения гранулометрического состава взвешенную пробу просеивают сразу через весь комплект сит. Рекомендуется производить раздельное досеивание по фракциям через каждое сито. Остатки на ситах и в поддоне взвешивают с точностью до 0,1г. Складывают веса отдельных остатков и сравнивают полученное значение с весом взятой на анализ пробы. Расхождение до 0,5% считают допустимым, при большем расхождении анализ повторяют.

Результаты анализа выражают в целых процентах по отношению к весу сухой пробы по фракциям: крупнее 2мм, от 2 до 0,5мм, от 0,5 до 0,25мм, мельче 0,25мм и представляют в виде таблицы.

При мокром способе определения гранулометрического состава грунта фракции крупнее 0,25мм отделяют так же, как и при сухом способе. Прошедшие через сито с отверстиями 0,25мм частицы взвешивают, переносят на сито с отверстиями 0,1мм и промывают до полного осветления воды. Оставшиеся в сите частицы собирают, высушивают до воздушно-сухого состояния и взвешивают. Вес частицы мельче 0,1мм определяют по разности между весом частиц мельче 0,25мм и весом остатка на сите 0,1мм. Результаты анализа выражаются в целых процентах.

Испытания свойств глинистых и песчаных грунтов.

Определение характеристик сжимаемости производят с помощью компрессионного прибора. В зависимости от вида подвергающихся компрессионным испытаниям образцов различают:

а) испытание образца грунта природного сложения и природной влажности;

б) испытание образцов грунта природного сложения с замачиванием после приложения определенной нагрузки;

в) испытание образцов грунта с предварительным увлажнением до полного насыщения.

Испытания проводят по общепринятой либо по ускоренной методике [2].

Образцы грунта, отобранные из шурфов непосредственно в компрессионные гильзы (в которых и проводят испытания), до помещения их в компрессионный прибор должны быть закрыты крышками, шов между гильзой и ее крышкой изолируют пластилином.

Компрессионный прибор устанавливают на любой имеющийся в полевых условиях горизонтальной неподвижной плоскости (стол, табуретка, доска и пр.) Прибор привинчивают к опорной плоскости с помощью зажимного устройства. Если испытание предполагают вести с предварительным замачиванием грунта, привинчивают штатив с воронкой и резиновой трубкой. Последнюю нижним концом присоединяют к ниппелю нижней выводной трубки.

Испытываемый образец вместе с компрессионной гильзой и бумажным фильтром по торцам устанавливают на нижний дренажный диск. Сверху на образец устанавливают поршень с верхним диском, после чего прибор завинчивают. Поршень ставят на образец грунта и закрепляют винтом, устанавливают рычажную систему, прикрепляя ее к верхней части зажимного устройства и опирая на призму штока поршня. Рычаг уравнивают в нейтральном положении грузами на подвеске противовеса, затем закрепляют в traversе прибора индикатор, упирая его ножку в поршень так, чтобы она поднялась в верх на 70-80% свободного хода (на 7-8мм), после чего устанавливают на нуль поворотную шкалу индикатора.

Закончив установку, отпускают зажимной винт поршня и приступают к испытанию.

Если образец грунта испытывают с предварительным замачиванием, то после его установки в приборе и закрепления поршня в напорную воронку заливают воду, которая через резиновую трубку попадает в нижнюю (дренажную) часть прибора и выталкивает собравшийся там воздух через вторую выводную трубку нижней части прибора. После того, как вода заполнит

нижнюю часть пробора и весь имевшийся там воздух будет удален, резиновую выводную трубку закрывают зажимом и вода через отверстие в дренажном диске проходит вверх, увлажняя образец. Когда образец полностью пропитается водой, о чем сигнализирует появление воды в верхней части прибора (над поршнем) отвинчивают зажимной винт поршня и приступают к нагружению прибора [3].

При проведении испытаний по общепринятой методике прибор нагружают долями нагрузки по  $0,5 \text{ кгс/см}^2$ . Каждую ступень (долю) нагрузки при общепринятой методике доводят до условий стабилизации деформации грунта.

За условную стабилизацию деформации принимают величину сжатия образцов, не превышающую  $0,01 \text{ мм}$ ;

Для песчаных грунтов-за 30 мин;

Для супесей - за 3 часа;

Для суглинков и глин-за 12 часов.

При проведении испытаний по ускоренной методике каждую следующую ступень нагрузки прикладывают через 1 час при ступенях нагрузки по  $0,5 \text{ кгс/см}^2$  и через 2 часа при ступенях нагрузки по  $1 \text{ кгс/см}^2$ .

До условной стабилизации выдерживают только последнюю ступень нагрузки, после чего вносят поправки в значения расчетных деформаций для промежуточных ступеней пропорционально величине нарушения каждой ступени, а также учитывают тарированные поправки.

Каждый компрессионный прибор необходимо предварительно протарировать, для чего его устанавливают в рабочем положении с размещением внутри компрессионной гильзы металлической тарировочной болванки (вместо образца грунта) с двумя бумажными фильтрами по ее торцам. Высота тарировочной болванки равна высоте компрессионной гильзы. Дренажный поршень опирают на тарировочную болванку, устанавливают и уравнивают рычаг, загружают прибор.

Нагрузку прикладывают ступенями по  $0,5 \text{ кгс/см}^2$  с интервалом времени 5 мин, доводя общую величину до  $6 \text{ кгс/см}^2$ .

Величина давления и соответствующие показания индикатора записывают в журнал.

Величина давления и соответствующие показания индикатора записывают в журнал. Тарировку производят три раза и по полученным средним арифметическим величинам определяют деформации прибора в зависимости от интенсивности нагрузки. Затем строят в прямоугольных координатах график зависимости деформаций прибора от нагрузки (тарировочный график), используемый в дальнейшем при расчетах действительной деформации испытываемых образцов грунта, которая выражается разностью между деформацией, регистрируемой индикатором при компрессионном испытании, и деформацией прибора, полученной при его тарировке. Тарировку прибора производят периодически не реже одного раза в шесть месяцев.

Для чего же проводят данные испытания грунтов. В частности для определения и изучения оползневых участков и процессов [4].

Оползневые процессы широко развиты как на территории нашей страны, так и у близких соседей. Оползнями поражены значительные территории на Украине, Черноморское побережье Кавказа, долины многих рек Европейской части страны (Волги, Москвы, Дона и др.), районы распространения лессовых и глинистых пород. Оползневые процессы захватывают значительные территории и наносят существенный ущерб хозяйству страны. Некоторые территории распространения оползней изучаются несколько десятилетий. Например, оползни Одесского побережья изучаются уже более 200 лет, Сочинского более 180 лет. Изучению оползневых процессов посвящено много работ, которые показывают, что оползневой процесс весьма сложен, а причины, вызывающие его, многообразны. В них детально рассматриваются инженерно-геологические характеристики пород, слагающих оползневые склоны, дается

классификация оползней, анализируются причины, вызвавшие оползневые смещения горных пород, и предлагаются меры борьбы с ними.

В ряде работ содержатся попытки проанализировать механизм типов оползней и опираясь на разработки механики грунтов, дать расчет устойчивости оползневых склонов. Кроме того, в некоторых работах приводится корректный количественный прогноз процесса. Отдельные работы посвящены моделированию оползневого процесса [5].

Вопросам изучения оползневых явлений и борьбы с ними посвящаются совещания и конференции, труды которых содержат интересные материалы изучения конкретных оползней, теоретические разработки и результаты экспериментального изучения механизма процесса оползания пород. Однако, до последнего времени, среди причин, вызывающих оползневой процесс, редко называется минеральный состав породы, а среди диагностических признаков процесса-необратимые изменения структурно-текстурных особенностей глинистых пород.[7].

Первые работы, отмечающие необходимость включения минералого-петрографического метода в комплексе методов исследования пород оползневых склонов, появились в шестидесятые годы прошлого века.

Изучение оползневых процессов с применением минералого-петрографического метода ведется в двух направлениях. Целью одного из них является оценка влияния минералогического состава глинистой фракции пород, слагающих оползневые склоны, на их устойчивость. В этом направлении ведут работы американские специалисты, которые установили, что устойчивость глинистых пород на склонах связана не только с минеральным составом глинистой фракции, но и с составом обменных катионов. Они считают, что глинистым породам, слагающим устойчивые склоны, свойственны катионы К и Na, а глины на неустойчивых склонах насыщены катионом Са.

Исследованиями П.В. Царева, Л.Г. Балаева и др., при изучении оползневых процессов в глинистых породах Предкавказья было показано, что надежными критериями оценки активности оползневых процессов и

исходными данными для их прогноза могут служить минеральный состав глинистой фракции и водно-физические свойства глинистых пород [8].

Л.А. Аносова, изучая минеральный состав глинистой фракции пород, слагающих оползневые склоны Волги, пришла к заключению, что при одном и том же минеральном составе глинистые фракции обладают различными показателями физико-механических свойств, которые изменяются в процессе смещения пород по склону. Изменение свойств пород автор объясняет рядом причин, важную роль он отдает распаду органического вещества на минеральные компоненты, изменению состава обменных катионов и содержания водорастворимых солей [9].

Другое направление исследований предусматривает изучение изменения структуры и текстуры глинистых пород оползневых склонов с целью диагностики смещения пород и анализа характера их деформирования [6].

А.У. Скемптон, изучая текстуру породы, отобранной в уплотненных глинах, показал, что перемещение породы приводит к образованию тонких плоскостей с упорядоченной, направленной вдоль зоны смещения пространственной ориентацией глинистых частиц и агрегатов [10]. М.Н. Гольдштейн, А.Я. Туровская и др. приводят результаты исследования зон смещения, полученные при моделировании оползней течения района Адлер-Туапсе и глубоких оползней Одессы. Они показали, что оползневому смещению глинистой породы сопутствуют необратимые изменения пространственной ориентации структурных элементов в зоне смещения [11].

И.С. Чаленко выполнил сопоставление текстуры породы, отобранной из зоны смещения оползня Чолтон-Руд (США), выделенной на основе данных визуального наблюдения, и текстуры глины из зоны сдвига, сформировавшейся при испытании консолидированной каолинитовой пасты в лабораторных условиях методом чистого сдвига. Он указывает на тесную связь типов текстур, образовавшихся в результате природного оползневого смещения и в зоне сдвига при лабораторных испытаниях паст.

Как видно из анализа, пока, к сожалению небольшого числа работ, посвященных применению минералого-петрографических методов к изучению оползней, развитие этих методов является весьма полезным и перспективным для вскрытия механизма оползневого смещения глинистых пород, прогнозирования их поведения на склонах и определения эффективных методов борьбы с оползнями.

Располагая комплексом методов, позволяющих изучать текстуру глин качественно и получать ее количественные показатели, а также материалами, характеризующими изменения текстуры, вызванные различными видами деформации, можно перейти к изучению природных (оползневых) деформаций по показателям необратимых текстурных изменений, сопровождающих эти деформации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Науки о земле. Осенняя Е.Д., Кононенко В.Н. Краснодар, КубГТУ, 2006г. 190с.
2. Васильев Ю.П., Денисенко В.В., Ляшенко П.А., Осенняя Е.Д. Инженерная геология, учебное пособие. Краснодар, КубГТУ, 2003г. 107с.
3. Полевая лаборатория ПЛЛ-9. Инструкция по исследованию строительных свойств грунтов. Харьков, Внешторгиздат 1971г. 36с.
4. Ананьев В.А., Потапов А.Д. Инженерная геология. М. Высшая школа 2007г. 465с.
5. Карл Цейс-путь к успеху. Сукманюк А.С. Краснодар. Научные труды КубГТУ №13 2015г.
6. Геологические и гидрологические характеристики долины реки Малая Лаба. Пастухов М.А., Сукманюк А.С. Краснодар. Научные труды КубГТУ №9 2016г.
7. Исследование строительных свойств грунтов полевой лабораторией системы И.М. Литвинова. Пастухов М.А., Сукманюк А.С. Краснодар, научные труды КубГТУ №12 2016г.



8. Методы изучения инженерно-геологических свойств глинистых пород Предкавказья в связи с оценкой оползневых и просадочных процессов. Царев П.В., Балаев Л.Г. М., «Наука», 1967г. 190с.

9. Изменение состава и деформационного поведения глин при оползневых процессах. Аносова Л.А. М., «Наука», 1966г. 80с.

10. Длительная устойчивость глинистых склонов (пер. с англ.) Скемптон А.У. «Проблемы механики», 1967г. №7 с.111-132.

11. Исследование оползневого течения» Гольдштейн М.Н., Туровская А.Я., Ляпидус Л.С. «Вопросы геотехники», Днепропетровск 1962г. №5 с.3-23.

#### REFERENCES

1. Nauki o zemle. Osennyaya E.D., Kononenko V.N. Krasnodar, KubGTU, 2006g. 190s.

2. Vasilev Yu.P., Denisenko V.V., Lyashenko P.A., Osennyaya E.D. Inzhenernaya geologiya, uchebnoe posobie. Krasnodar, KubGTU, 2003g. 107s.

3. Polevaya laboratoriya PLL-9. Instruktsiya po issledovaniyu stroitelnykh svoystv gruntov. Kharkov, Vneshtorgizdat 1971g. 36s.

4. Ananov V.A., Potapov A.D. Inzhenernaya geologiya. M. Vysshaya shkola 2007g. 465s.

5. Karl Tseys-put k uspekhu. Sukmanyuk A.S. Krasnodar. Nauchnye trudy KubGTU №13 2015g.

6. Geologicheskie i gidrologicheskie kharakteristiki doliny reki Malaya Laba. Pastukhov M.A., Sukmanyuk A S. Krasnodar. Nauchnye trudy KubGTU №9 2016g.

7. Issledovanie stroitelnykh svoystv gruntov polevoy laboratoriei sistemy I.M. Litvinova. Pastukhov M.A., Sukmanyuk A.S. Krasnodar, nauchnye trudy KubGTU №12 2016g.

8. Metody izucheniya inzhenerno-geologicheskikh svoystv glinistykh porod Predkavkazya v svyazi s otsenkoy opolznevykh i prosadochnykh protsessov. Tsarev P.V., Balaev L.G. M., «Nauka», 1967g. 190s.

9. Izmenenie sostava i deformatsionnogo povedeniya glin pri opolznevykh protsessakh. Anosova L.A. M., «Nauka», 1966g. 80s.

10. Dlitelnaya ustoychivost glinistyx sklonov (per. s angl.) Skempton A.U. «Problemy mekhaniki», 1967g. №7 s.111-132.

11. Issledovanie opolznevogo techeniya» Goldshteyn M.N., Turovskaya A.Ya., Lyapidus L.S. «Voprosy geotekhniki», Dnepropetrovsk 1962g. №5 s.3-23.

*DETERMINATION OF GRANULOMETRIC COMPOSITION AND TESTING OF SAND AND CLAY SOILS FOR THE STUDY OF LANDSLIDES*

**A.S. SUKMANYUK, M.A.PASTUKHOV**

*Kuban State Technological University,  
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072,  
e-mail: a.sukmanyuk@mail.ru*

Landslides are widespread on the territory of our country. Landslides affected large areas on the black sea coast of the Caucasus, and the valleys of many rivers of European Russia (Volga, Moscow, Don, etc.) areas of distribution of the loess and clay rocks. The study of landslides is dedicated to the many works that show that the landslide process is very complex, and the causes of it are diverse. The article describes the need for the inclusion of mineralogical and petrographic methods in the complex research methods of rocks composing the landslide slopes. The study of landslide processes with the application of mineralogical-petrographic method is carried out in two ways, the first is to evaluate the influence of the mineral composition of clay fractions of rocks on their stability. Another area of research involves the study of changes in the structure and texture of clay rocks of the landslide slopes, with the purpose of detecting the displacement of rocks and the analysis of their deformation. Positioning a set of methods allowing to study the texture and structure of clays to obtain qualitative and quantitative indicators, as well as materials describing the changes in texture caused by different types of deformation can be more precisely defined hazardous landslide areas, the time of their probable descent and to prevent the produced fracture.

**Key words:** laboratory equipment, samples of soils, shear testing, monoliths, water saturation, compression, texture.