

СЕРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК, ВЫП. I

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕНЕЗИСА ГРУНТОВ ПО ИХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ

B. B. Охотин и Ш. М. Шнайдер

Рыхлые горные породы коры выветривания—грунты образуются под влиянием разных факторов — физических, химических, биологических, и поэтому состав их неодинаков. Образовавшиеся грунты не остаются на месте, а переносятся атмосферными осадками, реками, морскими течениями, организмами, под влиянием силы тяжести и т. д. Грунты переносятся не все целиком, а только некоторая их часть, причем неодинаковая в зависимости от того, под воздействием каких факторов происходит перенос. Переносимые продукты затем осаждаются. В зависимости от обстановки, в которой происходит осаждение, осадки будут различны: осадки, образующиеся в реках, будут одни, в морях—другие, осадки, переносимые ледниками и осаждающиеся при их таянии, третьи и т. д. Отложенные осадки часто затем покрываются более поздними и испытывают от последних одностороннее давление, достигающее иногда больших величин, при этом они уплотняются тем больше, чем большее давление испытывают, и вследствие этого их физико-механические свойства изменяются. Морские осадки со временем, вследствие тех или других процессов, протекающих в земной коре, поднимаются над уровнем моря, начинают промываться пресными водами, вследствие чего в них протекают процессы выщелачивания и окисления, изменение состава обменных оснований, что опять-таки ведет к изменению их физико-механических свойств. Изучая гранулометрический состав грунтов и их физико-механические свойства, можно во многих случаях подойти к определению их генезиса, установить, под воздействием каких факторов они переносились, в какой обстановке отлагались и какие воздействия испытывали после отложения.

Для установления генезиса грунтов в настоящее время имеется ряд методов, из которых наиболее разработанными являются палеонтологический и петрографический.

Палеонтологический метод успешно решает вопрос генезиса пород в тех случаях, когда последние содержат достаточное количество и определенной сохранности окаменелости фауны и флоры, и, очевидно, совершенно непригоден для характе-

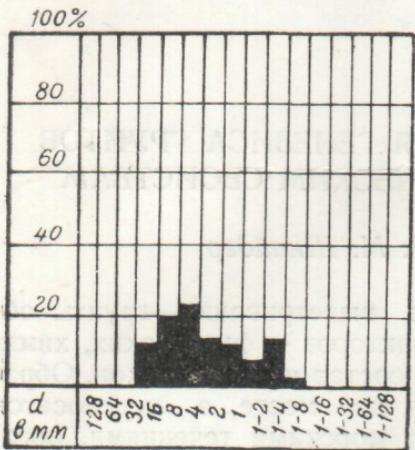


Рис. 1. Гранулометрический состав речного гравия.

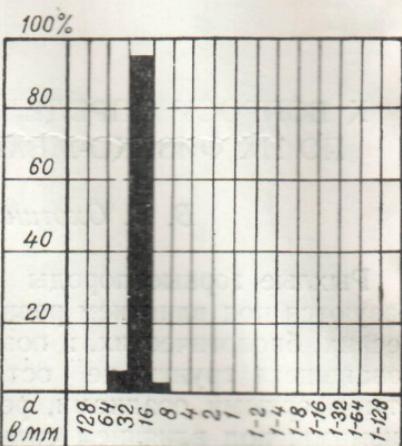


Рис. 1а. Гранулометрический состав гравия морского берега.

ристики немых горизонтов, а такие в природе встречаются довольно часто. Так, например, Н. С. Устинович [1] пишет: «Выделение маркирующих горизонтов в породах продуктивного комплекса затрудняется большим их однообразием, отсутствием фауны и фациальной изменчивостью, обусловленной континентальными условиями осадконакопления». Палеонтологический метод является надежным для расчленения крупных геологических систем и отделов, но часто недостаточен для выделения отдельных горизонтов и тем более небольших слоев и пачек.

Петрографический метод изучения рыхлых пород также не всегда может решить вопрос об их генезисе. Как показывают исследования, химический и минералогический состав бывает одинаковым в рыхлых породах разного генезиса. При изучении химического состава разных фракций, выделенных из пород, относящихся к четвертичным отложениям, С. С. Морозов [2] пришел к выводу «об удивительной близости химического состава фракций одной и той же крупности, выделенных из разных пород». Д. И. Сидерн [3], на основании изучения минералогического состава коллоидной глины четверти-

ных отложений Русской равнины, пишет: «является поразительным, что на огромном пространстве Русской равнины могли образоваться почти одинаковые продукты выветривания. Трудно допустить, чтобы в их образовании участвовали породы одинакового состава и чтобы на всем протяжении господствовали одинаковые условия выветривания... Повидимому, нельзя считать правильным, что петрографический

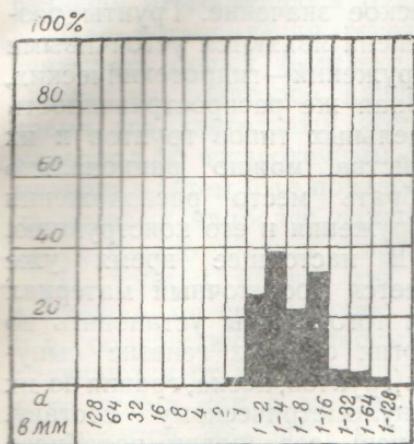
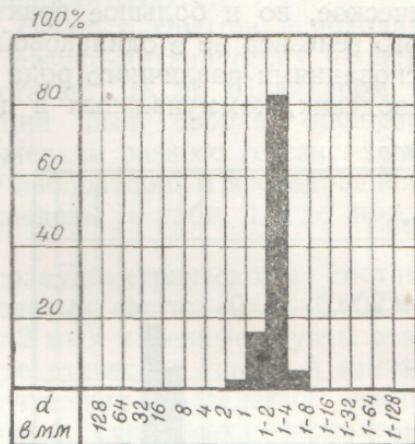


Рис. 2. Гранулометрический состав речного песка.



отложения могли быть связаны, они поставлены под знак вопроса».

Отсюда и из других литературных источников можно видеть, что покровные суглинки, моренные, озерно-ледниковые, озерно-аллювиальные и другие отложения часто смешиваются между собой. Определение же генезиса того или другого грунта и границ его распространения имеет не только теоретическое, но и большое практическое значение. Грунты различного генезиса не в одинаковой степени являются устойчивыми основаниями различного рода сооружений—гидротехнических, заводских, коммунальных и др. Зная же распространенность

отдельных типов грунтов и их свойства, можно рационально выбрать место расположения сооружения и его конструкцию.

В настоящее время уже имеется достаточный материал для того, чтобы установить во многих случаях генезис сыпучих грунтов, песка, гравия по их гранулометрическому составу. Степень сортировки подобного рода отложений речных, прибрежных дюнных, золовых совершенно различная, как это видно из приводимых диаграмм^[4] (рис. 1, 1а, 2, 2а и 3). В последнее время Л. Б. Рухин^[5], изучая гранулометрию современных песков разного генезиса, характеризует их коэффициентом сортировки и среднего размера и берет при расчете вместо весов количество зерен в отдельных фракциях; на основании полученных данных, он смог подойти к определению генезиса древних песчаных отложений. Несомненно ситовой анализ песков, в особенности для разделения фракций меньше 0,25 мм, является не точным; если же этот метод будет уточнен, то можно надеяться, что гранулометрия песков явится надежным признаком их генезиса.

При исследовании связанных грунтов (глины, суглинки) гранулометрия тоже имеет значение; однако здесь надо иметь в виду, что гранулометрический состав этих грунтов после их отложения может измениться, если изменится окружающая обстановка, и прежде всего может измениться их наиболее подвижная часть — состав обменных оснований, что поведет в одних случаях к диспергации грунтов, в других — к их коагуляции. Поэтому для выяснения генезисов связанных грунтов

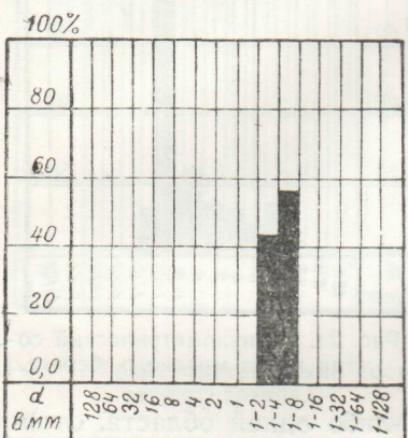


Рис. 3. Гранулометрический состав дюнного песка.

необходимо производить с одним и тем же образцом целую систему анализов, а именно, агрегатный, микроагрегатный и гранулометрический. К сожалению, в этом направлении материал совершенно отсутствует, и поэтому не представляется возможным судить о том, насколько гранулометрия сможет помочь выяснению генезиса связных грунтов. Однако с несомненностью можно утверждать, что одна гранулометрия для решения этого вопроса будет недостаточна.

Для установления генезиса связных грунтов необходимо учитывать целый комплекс из физико-механических свойств. Одним из соавторов данной статьи, Ш. М. Шнайдером, во время его длительных экспедиций был собран обширный материал по четвертичным отложениям разного генезиса. Этот материал затем был подвергнут лабораторным исследованиям, из которых наиболее важные сведены в табл. 1, где приводятся только средние цифры.

Из табл. 1 видно, что по гранулометрическому составу, а именно—по содержанию пылеватых частиц (0,05—0,002 мм) и по содержанию гравийных (>2 мм) моренные грунты резко отличаются от грунтов других генетических типов. А именно, в то время как в моренных суглинках пылеватых частиц содержится 36—38%, в покровных суглинках, озерноледниковых и юзерно-аллювиальных содержание их равно 61—73%. Крупнозема в моренных суглинках 6—8%, в грунтах же других генетических типов он совсем отсутствует. Различие в гранулометрии этих двух категорий грунтов наглядно видно на рис. 4.

Надо отметить, что и естественная влажность для различных типов грунтов неодинакова. Наименьшая влажность наблюдается в моренных суглинках (17—19%), значительно большая в покровных (22%) и наибольшая в озерно-аллювиальных и озерно-ледниковых (26—27%).

Объемный вес твердой фазы грунта и его пористость несомненно являются одними из важных показателей генезиса грунта. Грунты, залегающие на больших глубинах и подвергавшиеся долгое время большим давлениям от вышележащих слоев, будут обладать большим объемным весом и малой пористостью, если другие факторы, например, цементация, не мешают этому процессу, тогда как грунты молодые, поверхностные, еще не подвергавшиеся большим давлениям и не пришедшие в равновесие, будут обладать малым объемным весом и большой пористостью. Грунты нижней морены обладают наибольшим объемным весом твердой фазы — 1,81 и наименьшим коэффициентом пористости 0,48 (под коэффициентом пористости разумеется отношение объема пор в грунте к объему его твердой фазы). В грунтах верхней морены объем-

ный вес меньше — 1,71 и коэффициент пористости больше — 0,57, но все же, как эти грунты, так тем более грунты нижней морены являются грунтами малой пористости. Покровные грунты, по исследованиям Г. П. Мазурова, являются в северных районах продуктом выветривания грунтов, выходящих на поверх-

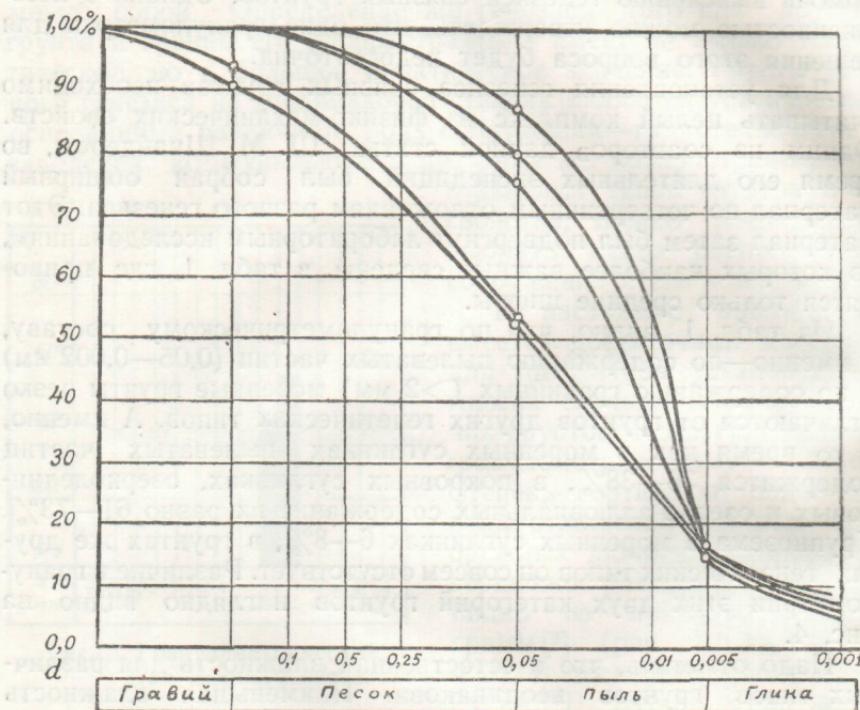


Рис. 4. Суммарные кривые гранулометрического состава.
Суглинки: 1—озерно-ледниковые; 2—покровные; 3—озерно-аллювиальные; 4—верхнеморенные; 5—нижнеморенные.
(нумерация кривых снизу)

ность, и часто образуются из моренных грунтов и, вследствие протекающих в поверхностных слоях процессов, являются значительно разрыхлившимися, обладают меньшим объемным весом твердой фазы — 1,61 и большим коэффициентом пористости — 0,64; такие грунты являются грунтами средней плотности. Наконец, грунты озерно-аллювиальные и озерно-ледниковые являются грунтами слабой плотности или рыхлыми, так как обладают малым объемным весом твердой фазы (1,53 и 1,49) и большим коэффициентом пористости (0,76 и 0,81). Указанные соотношения наглядно видны на рис. 5 и 6.

Не менее важной характеристикой грунтов является и их способность к уплотнению или так называемые компрессион-

ные кривые. На рис. 7 приведены компрессионные кривые суглинистых грунтов нижней и верхней морены, покровных, а также озерно-аллювиальных и озерно-ледниковых суглинков;



Рис. 5. Диаграмма объемного веса твердой фазы грунта.



Рис. 6. Диаграмма коэффициента пористости.

кривые даны как средние для ряда отдельных образцов, которых для каждого типа было исследовано более 10. Из рисунка видно, что как по характеру, так и положению каждая кривая является обособленной. Зависимость между давлением P и коэффициента пористости ε для грунтов нижней морены представляет собой почти прямую линию; можно полагать, что в интервале осуществленных нагрузок в этих грунтах главное значение имеют упругие деформации; грунты эти в природе были уже уплотнены значительно большими нагрузками, и поэтому в них остаточных деформаций не имеется. При этом, как и следовало ожидать, на основании более глубокого залегания этих грунтов по сравнению с другими, их компрессионная кривая занимает самое низкое положение. Компрессионная кривая грунтов верхней морены подобна

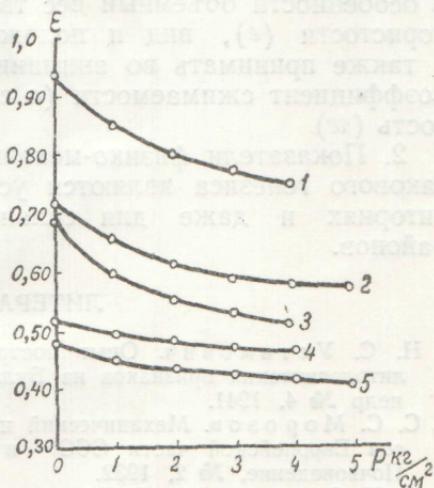


Рис. 7. Кривые зависимости относительной пористости от давления.
Суглинки: 1—озерно-ледниковые; 2—озерно-аллювиальные; 3—покровные; 4—верхнеморенные; 5—нижнеморенные.

компрессионной кривой грунтов нижней морены, но лежит несколько выше. Что касается грунтов покровных, озерно-аллювиальных и озерно-ледниковых, то их компрессионные кривые представляют собой кривые логарифмического вида. В данном случае при уплотнении грунтов главное значение имеют остаточные деформации. Эти грунты, как залегающие близко к поверхности и не подвергавшиеся в природе значительным давлениям, уплотняются главным образом необратимо. При этом, чем рыхлее отдельные типы этих грунтов, тем выше располагается их компрессионная кривая.

Если, на основании компрессионных кривых, вычислить для отдельных типов коэффициент сжимаемости (a см²/кг), то для грунтов нижней морены он будет равен 0,012, для грунтов верхней морены 0,015, для покровных суглинков, в пределах нагрузок 1—3 кг/см²—0,027, для озерно-аллювиальных, в тех же пределах—0,034 и для озерно-ледниковых — 0,040.

ВЫВОДЫ

1. Для выяснения генезиса связных грунтов необходимо учитывать весь комплекс их физико-механических свойств, в особенности объемный вес твердой фазы (δ), коэффициент пористости (ε), вид и положение компрессионной кривой, а также принимать во внимание гранулометрический состав, коэффициент сжимаемости (a см²/кг) и, естественную, влажность (w).

2. Показатели физико-механических свойств грунтов юдинакового генезиса являются устойчивыми на больших территориях и даже для сильно удаленных друг от друга районов.

ЛИТЕРАТУРА

- Н. С. Устимович. Опыт построения стратиграфии по комплексу литологических признаков на Буланашском месторождении. Разведка недр № 4, 1941.
- С. С. Морозов. Механический и химический состав некоторых лесов Европейской части СССР и генетически им близких пород. Почвоведение, № 2, 1932.
- Д. И. Сидерий и А. Н. Лямин. Минералогический состав коллоидной глины четвертичных отложений Русской равнины. Изв. Акад. Наук СССР, серия геол., № 3, 1941.
- У. Х. Твенхофель. Учение об образовании осадков, 1936.
- Л. Б. Рухин. Гранулометрический метод изучения песков. 1947.
- В. А. Приклонский. Некоторые данные по физико-механическим свойствам покровных суглинков окрестностей гор. Москвы.