

ГОССТРОЙ РСФСР
ВЕРХНЕ-ВОЛЖСКИЙ ТРЕСТ
ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗЫСКАНИЙ

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ■ ИЗУЧЕНИЕ МОРЕН

СБОРНИК СТАТЕЙ

ЯРОСЛАВЛЬ 1974

395

ГОССТРОЙ РСФСР
ВЕРХНЕ-ВОЛЖСКИЙ ТРЕСТ
ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗЫСКАНИЙ

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ МОРЕН

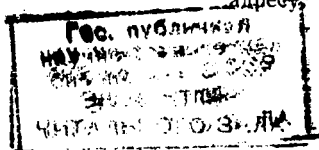
СБОРНИК СТАТЕЙ

Ярославль 1974

В сборнике описываются результаты инженерно-геологических исследований моренных отложений ряда областей Центра и Севера Европейской части СССР. Большая часть статей посвящена исследованиям территории ярославского Поволжья. Приводятся физико-механические свойства морен различных эпох оледенений, сопоставляются их основные характеристики.

Значительная часть сборника посвящена вопросам стратиграфии и литологии морен как основе их инженерно-геологических исследований.

Замечания и предложения просим присылать по адресу: г. Ярославль, 24, ул. Кудрявцева, д. 10.



Под общей редакцией А. М. Шисселя

74-32881

В4
37315

Инженерно-геологическое изучение морен

Ответственная за выпуск М. М. Щербакова

Редактор О. Гончарова

Художественный редактор Д. Поздняков

Технический редактор Э. Патрикеева

Корректор А. Горшкова

Сдано в набор 14 марта 1974 г. Подписано в печать 16 июля 1974 г. АК04096 Формат 60×84¹/₁₆ Усл. п. л. 7,44 Уч.-изд. л. 7,44 Бумага тип. № 1 Заказ 1144. Тираж 1000. Цена 57 коп.

Верхне-Волжское книжное издательство Государственного Комитета Совета Министров РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Ярославль, Трефолева, 12.

Типография № 2 Росглавополиграфпрома, г. Рыбинск, ул. Чкалова, д. 8.

ГЕОЛОГИЯ МОРЕН

Н. Г. СУДАКОВА

ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ ЛЕДНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Широкое площадное распространение и большое участие морен в строении четвертичной толщи предопределяют необходимость всестороннего их исследования. Проблемы изучения ледниковых отложений не случайно продолжают приковывать внимание специалистов различного профиля, так как связаны с решением важных стратиграфических, палеогеографических, а также инженерно-геологических задач. Однако, несмотря на длительную историю изучения, по многим вопросам ледового литогенеза еще не достигнуто единого мнения: до сих пор нет общепринятой классификации морфолитогенетических разновидностей морен, не ясна возможность их стратиграфического расчленения, не всегда находит подтверждение гипотеза зональности вещественного состава; дискуссионна природа большой плотности морен, а также оценка мощности ледникового покрова (Кригер, 1971, 1972). Не решены окончательно узловые вопросы палеогеографии ледниковых районов: происхождение переуглубленных долин в связи с ледниковым выпахиванием (Горецкий, 1972; Кудабя, 1972 и др.); происхождение крупных отторженцев (Кригер, Лаврушин, 1973 и др.). Только в последнее время выясняется роль физико-химических процессов в ходе подледного диагенеза (Лаврушин, 1973).

При решении этих и других проблем ледового литогенеза возникают определенные трудности, связанные:

а) с неразработанностью комплексной методики изучения ледниковых отложений;

б) с недостаточной их изученностью (в том числе аналитической)*;

* Обстоятельная сводка изученности состава морен дана в работе Е. В. Рухиной (1973).

в) с отсутствием должной координации между усилиями гляциологов и геологов, а также между исследователями современного и древнего оледенения;

г) с неприемлемостью в полной мере принципа актуализма в отношении плейстоценовых оледенений.

Отмеченные обстоятельства затрудняют создание общей модели ледового литогенеза.

Между тем комплекс ледниковых отложений как объект палеогеографических и инженерно-геологических изысканий включает совокупность свойств и признаков, определяемых сложным взаимодействием фактов и условий. Поэтому первоочередная задача настоящей статьи — показать причинную связь вещественного состава морен, формирующегося в определенных динамических условиях, и факторов, их обуславливающих. Вторая задача состоит в попытке на этой основе определить ведущие направления в изучении свойств морен (провинциально-геологическое, фашиально-генетическое, стратиграфическое).

Ледниковая проблема, по образному выражению академика К. К. Маркова, уже давно переросла в общую палеогеографическую. Это означает, что плейстоценовые оледенения изменили облик географической среды ледовой и перигляциальной зон, а также повлияли на развитие природного комплекса тех территорий, которые не подвергались покровному оледенению.

К сожалению, при рассмотрении отдельных сторон ледниковой проблемы еще недостаточно обращается внимание на ледовый литогенез как на единую систему взаимосвязанных факторов и признаков, в то время как знание причинности явлений помогает полнее раскрыть особенности свойств и состав морен.

С позиций системного анализа, который в последнее время стал утверждаться в практике географических исследований, процесс формирования признаков вещественного состава морен можно представить в виде понятийной динамической модели: фактор — процесс — признак (на рис. 1 они изображены тремя последовательно соединенными блоками I—II—III).

Наибольший интерес представляет блок II («процесс»), воссоздающий генезис отложений и связи взаимодействующих компонентов среды, или физических процессов, лежащих в основе динамики ледника. Динамика ледника и тенденция оледенения определяются не только его режимом, или внутренним фактором среды (приходно-расходный баланс массы, скорость, температура, мощность и пр.), но в сильной степени зависит от характера взаимодействия ледника и ложа, а также количеством и качеством включенного твердого стока, находящегося в тесной связи с геолого-геоморфологическими условиями.

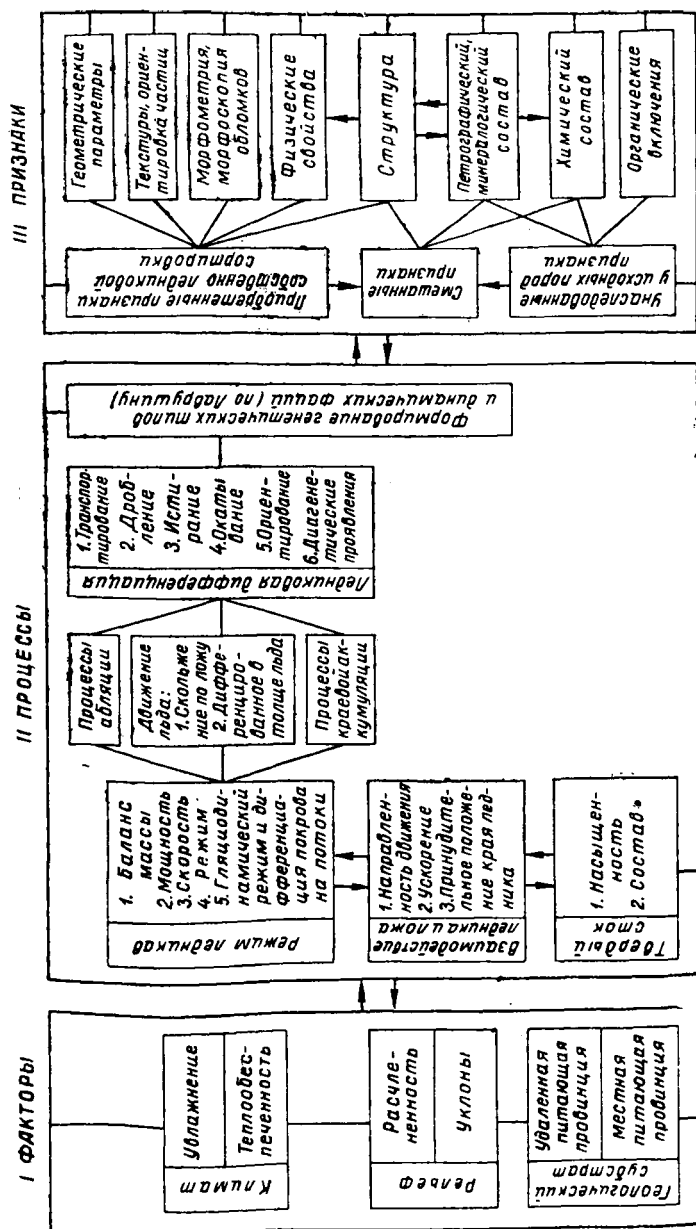


Рис. 1. Модель ледового литогенеза

Различный механизм ледникового переноса и накопления материала, рассмотренный в специальных работах (Лаврушин, 1969, 1973; Патерсон, 1972 и др.), способствует протеканию специфических процессов сортировки включенного в лед материала. Динамическая неоднородность ледника в пределах различных гляциодинамических зон и разнообразие геологического строения и рельефа подстилающей поверхности приводят к своеобразной ледниковой дифференциации материала.

Собственно ледниковая дифференциация заключается в дроблении материала, его истирании и образовании характерных текстур, свойственных определенным генетическим типам и «динамическим фациям» (по Лаврушину) отложений, а также в смешении приобретенных и унаследованных признаков. Однако в отличие от водной среды, где происходит интенсивное разделение частиц по размеру, удельному весу, химической и физической стойкости пород, — в леднике отчетливо выражены лишь тенденции измельчения, окатывания и ориентирования частиц, в связи с особенностями конкретных условий и свойствами исходного материала. В последнее время обращается внимание на возможные диагенетические преобразования состава в ходе ледового литогенеза (Лаврушин, 1973). В соответствии с механизмом образования той или иной фации, типа — у отложений вырабатываются определенные количественные показатели признаков. Так, фация монолитной основной морены отличается хорошей ориентированностью обломков, уплотнена, обнаруживает более тесную связь с подстилающими породами, в то время как абляция морена имеет более грубый состав, частично отсортирована.

Транспортирование ледником унаследованного у местных и удаленных питающих провинций материала и слабое его химическое преобразование определяют важные закономерности состава ледниковых образований — провинциальность и зональность.

Сами признаки вещественного состава морен (см. на рис. 1 блок III) подразделяются на три категории в соответствии с особенностями ледниковой дифференциации и геолого-геоморфологическими условиями: а) унаследованные от исходных пород (местных питающих провинций и удаленных), б) вновь приобретенные в процессе ледниковой сортировки и в) смешанные. Все они определяются взаимодействием внутренних и внешних факторов через динамику ледника. Следует обратить внимание на то, что не все показатели состава в одинаковой степени отражают унаследованные и приобретенные признаки. Например, текстуры, физические свойства и некоторые другие являются преимущественно приобретенными, тогда как органические включения и отчасти петрографический состав наследуются у исходных пород.

Большая изменчивость показателей вещественного состава и свойств морен определяется, как известно, пестротой геологического строения территории и неоднородностью динамического режима ледника по простиранию и в разрезе. Вместе с тем видимое непостоянство различных признаков вещественного состава обусловлено закономерными причинами и подлежит учету.

Итак, из анализа модели ледового литогенеза с очевидностью следует:

1) вещественный состав и свойства морены имеют свои закономерные особенности, обусловленные спецификой ледниковой сортировки материала;

2) состав и свойства ледниковых отложений необходимо изучать в тесной связи с палеогеографической обстановкой (климатом, режимом ледника, подстилающим рельефом, геологическим строением питающих провинций) с помощью комплекса методов.

В соответствии с отмеченными особенностями ледникового осадкообразования аспектами изучения состава морен являются: а) провинциально-геологический (обнаруживаются унаследованные признаки) и б) фациально-генетический (выявляются вновь приобретенные свойства). Возможность использования различных показателей состава (минералогического, гранулометрического и др.) в стратиграфических целях существенным образом зависит от правильной постановки и решения первых двух сторон исследования.

Необходимость провинциально-геологического подхода при оценке свойств ледниковых и других производных от них отложений диктуется большой пространственной изменчивостью их состава, что вызвано одновременным наложением унаследованных у местных питающих провинций признаков и заимствованных за счет дальнеприносного материала из центров ледникового питания. Учитывая возможность правильного учета питающих провинций, автором была создана карто-схема питающих ледниковых провинций для территории Северо-Запада и Центра Русской равнины (рис. 2).

Выделенным провинциям первой категории в структурном отношении отвечают Балтийский кристаллический щит и отчасти склон Балтийского щита. Дальнейшее подразделение питающих провинций произведено на основе учета морфоструктурного плана (по Спиридонову, 1971) и особенностей литолого-петрографического состава подстилающих пород. Выделенные кембрийская низина, ордовикское плато и девонская низина — узкими полосами субширотного простирания пересекали пути движения древних ледниковых потоков.

Ключевую позицию на пути продвижения Онежской леднико-

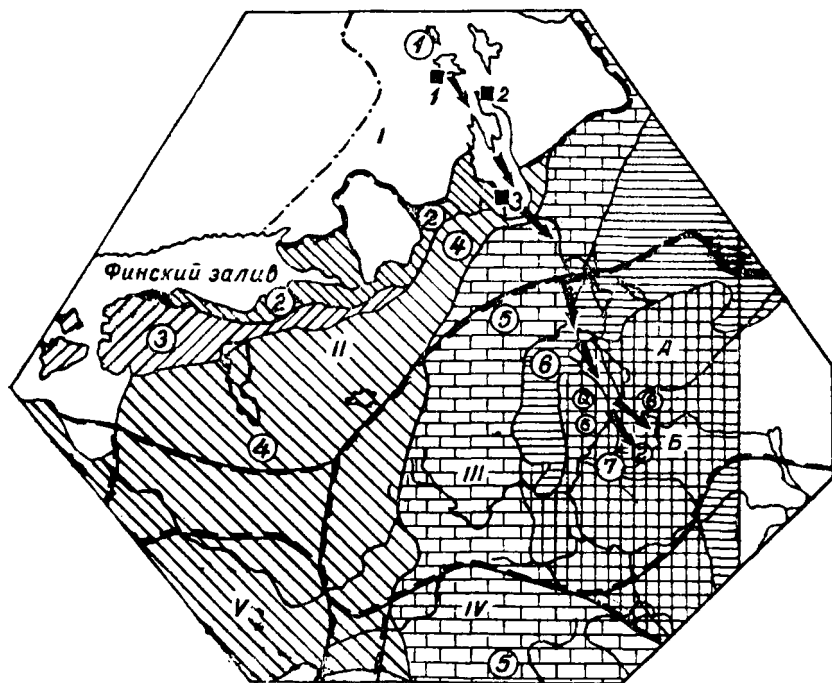
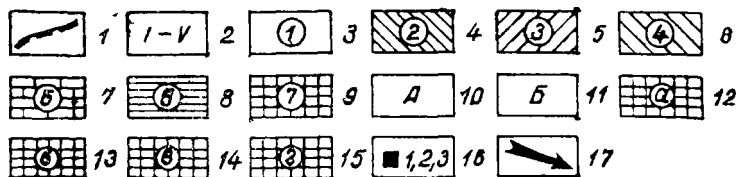


Рис. 2. Ледниковые питающие провинции

Условные обозначения:

1 — границы структур первого порядка; 2 — структуры: I — Балтийский щит; II — склон Балтийского щита; III — Московская синеклиза; IV — Воронежская антеклиза; V — Белорусско-Литовская антеклиза. 3—15 — питающие провинции: 3 — Кристаллический щит; 4 — кембрийская низина; 5 — ордовикское плато; 6 — девонская низина; 7 — карбоновое плато; 8 — склон плато (пермский); 9 — мезозойская равнина; 10 — Рыбинско-Вологодская (Т); 11 — Верхне-Волжская (I+Cr); 12 — Шестихинская (Cr); 13 — Кашинско-Угличская (I+Cr); 14 — Тутаевская (Т+I+Cr); 15 — Ростовская (Р+Т+I+Cr); 16 — Установленные выходы пород руководящих валунов из морен ярославского Поволжья; 17 — направление движения Онежской ледниковой лопасти и пути разноса обломочного материала.

вой лопасти на территорию Поволжья занимала пятая питающая провинция, определенная как титано-ильментовая. Она приурочена к денудационной возвышенности, располагающейся на северо-западном и западном крыльях Московской синеклизы (так назы-

ваемое карбоновое плато). Плато бронировано устойчивыми к выветриванию известняками и доломитами, которые падают по направлению к центру Московской синеклизы. Терригенно-минералогический комплекс данной провинции на 30—70% от тяжелой фракции состоит из рудных компонентов с незначительной примесью эпидота и граната. Среди акцессорных минералов большой популярностью пользуются титанистые минералы (лейкоксен, рутил, сфен, анатаз — до 30%).

Шестая питающая провинция расположена на полого падающем в дистальном направлении склоне возвышенности, который сложен пермскими, легко поддающимися разрушению осадками. В минералогическом составе тяжелой фракции по данным фондовых материалов ведущее место занимают рудные минералы (больше 50%), при подчиненном положении граната и эпидота. Однако, по свидетельству Е. А. Фетищевой, последний в некоторых разностях пород возрастает до 90%. Среди акцессорных минералов превалируют циркон и рутил; роговая обманка выделяется очень редко в виде единичных зерен. Глинистые минералы представлены преимущественно гидрослюдами с примесью палыгорскита. Согласно приведенной характеристике этот терригенно-минералогический комплекс назван циркон-рутил-ильменитовым.

Седьмая питающая провинция — мезозойская пластово-денудационная равнина — занимает центральную часть Московской синеклизы. В соответствии с литолого-петрографическими особенностями слагающих пород в ней обособляются две подпровинции. Рыбинско-Вологодская сложена пестроцветами триаса. Она представлена эпидотовым терригенно-минералогическим комплексом и гидрослюдисто-монтмориллонитовой ассоциацией глинистых минералов. Верхне-Волжская пирит-дистен-гранатовая подпровинция построена породами юрской и меловой систем. Она объединяет территории, отличающиеся специфическими чертами:

а) Шестихинский участок (преобладающие породы нижне-меловой системы); характерные акцессорные минералы — ставролит, глаукоцит;

б) Кашинско-Угличский район (юрские породы — минерал-индикатор-турмалин);

в) Тутаевский район (смешанное питание продуктами разрушения юрских и триасовых пород; руководящий акцессорий — турмалин);

г) Ростовский узел (смешанное питание за счет юрских, меловых, триасовых пород; показателен дистен).

Таким образом, удаленные и местные питающие провинции четко различаются по характерному набору обломков пород, а также пороодообразующих и акцессорных минералов. Специа-

ными исследованиями установлено (Карпухин, Судакова, 1972), что руководящими породами Балтийской питающей провинции для морен Верхней Волги служат: шокшинский песчаник, туф суйсарского эффузивного комплекса, ладожский рапакиви, шунгитовый сланец, а среди минералов типичным представителем Балтийской питающей провинции прежде всего является роговая обманка. Местные питающие провинции представлены терригенно-осадочными породами и ведущими породообразующими минералами: ильменитом, эпидотом.

Рассмотренные особенности петрографо-минералогического состава местных и удаленных питающих провинций определили две важнейшие черты вещественного состава плейстоценовых отложений, а именно — зональность экзотических компонентов и провинциальность состава, унаследованного от подстилающих пород. Подтвержденная многочисленными исследованиями закономерность «зонального» уменьшения роговой обманки в морене по мере удаления от центра оледенения впервые отмечена Е. В. Рухиной (1961) на примере северо-западных областей. Провинциальность состава, зависящая от специфики местных питающих провинций, как показали наши исследования, хорошо проявляется в составе морен ярославского Поволжья. Например, отложения Тутаевского узла отличается повышенное содержание граната и пирита (в ущерб другим минералам) в связи с их унаследованностью от состава локализующихся здесь юрских пород, в то время как отложения в разрезах у г. Рыбинска с близкими выходами триасовых пород выделяются повышенной опесчаненностью и относительно обогащены эпидотом, а также низким содержанием в иле SiO_2 .

С другой стороны, широтная провинциальность (зональность) состава, связанная главным образом с влиянием Балтийской питающей провинции, ярче всего проявляется в тенденции закономерного уменьшения типичного ее представителя — роговой обманки — с северо-запада на юго-восток. Так, если в моренах Рыбинска ее содержится 24%, то у Тутаева она снижается до 18%. В том же направлении снижается содержание граната и степень опесчаненности основных морен. Соответственно изменяется содержание роговой обманки (от 30 до 20%) в покровных лессовидных суглинках. Следовательно, Балтийская питающая провинция наряду с местными источниками питания прямо или косвенно сохраняла свое влияние на протяжении всех этапов плейстоценового осадконакопления. Проведенный анализ показывает, что терригенно-минералогические провинции уже в послемиланкское время испытали на данной территории существенные перестройки.

Стратиграфическим построениям также предшествует фаци-

ально-генетический анализ ледникового комплекса. За последнее время в фациально-генетическом изучении ледниковых образований достигнуты значительные успехи (Лаврушин, 1969, 1973; Dreimanis, 1969; Крыговский, 1966; Рухина, 1973 и др.). Однако разработка диагностических критериев ледниковых образований по литологическим признакам намного отстаёт от геоморфологической изученности. В этом отношении показательна дискуссия по поводу распознавания псевдоморены (Судакова и др., 1972) или ледниково-морских отложений. Все ещё остается неясным, в какой степени могут быть использованы для расшифровки морфогенеза показатели гранулометрического анализа, физико-механических свойств породы, а также количественных показателей формы, окатанности, степени выветрелости обломков в морене.

В результате комплексных исследований морен разнообразной морфогенетической принадлежности на территории страторазрезов Верхней Волги и Верхней Оки выяснилось, что наиболее существенные различия показателей связаны как раз с морфогенетическими и фациально-генетическими особенностями ледниковых образований; при этом информативными в генетическом отношении показателями оказались: физические свойства (главным образом плотностные характеристики), средневзвешенный диаметр и коэффициент сортировки, содержание фракций больше 2 мм, выход тяжелой фракции, коэффициент гравитации (КГ) тяжелой фракции минералов (Судакова и др., 1972). Так, среди всевозможных грубообломочных отложений района морена неизменно выделяется большой плотностью (больше $1,8 \text{ г/см}^3$) высокой карбонатностью, преобладанием MgO над CaO, в отличие, например, от водных осадков, при которых плотность не превышает, как правило, $1,7 \text{ г/см}^3$ при иных показателях пластичности, карбонатности и пр. А например, напорная морена, отличается максимальной средней размерностью породы, большим выходом тяжелой фракции. Для основной морены характерна слабая сортировка материала, хорошая ориентированность обломков, в отличие от абляционной и перемытой морены. Весьма показательны то, что проблематичные мореноподобные отложения при всем своем многообразии отличаются более низкой плотностью, закономерным изменением в разрезе гранулометрического состава и преимущественно крутыми углами падения обломков.

Стратиграфические исследования в ледниковых районах имеют свои особенности, поскольку для этого привлекаются не столько биостратиграфические, сколько литостратиграфические методы: анализ обломков (Гайгалас, Гуделис, Спрингис и др., 1967; Крыговский, 1966; Коншин, 1964 и др.), петрографический и минералогический состав (Климашкаускас, 1965; Раукас, 1965;

Матвеев, 1971; Лукашов, Астапова, 1971 и др.), данные гранулометрического состава (Новский, 1969; Матвеев, 1971), палеомагнитные исследования морен (Трухин, 1967; Десятова и др., 1973), а в последнее время геохронологические методы (см. статью Ильичева и Судаковой в этом сборнике). Особое значение приобретает комплексный анализ вещественного состава разновозрастных морен, дающий объективные критерии их общности и различия (Агаджанян и др., 1972; Десятова и др., 1973). Возрастные сопоставления морен с помощью литологических показателей требуют учета особенностей состава, связанных с отмеченной выше провинциальной его изменчивостью и фациально-генетической неоднородностью.

Литература

Агаджанян А. К., Глушенкова Н. И., Карпухин С. С. и др. Сопряженный палеогеографический анализ плейстоценовых отложений Ярославской области. В сб.: «Новейшая тектоника, новейшие отложения и человек». Вып. 3. М., 1972.

Гайгалас А., Гуделис В., Спрингис К. и др. Ориентировка длинных осей галек в моренах последнего оледенения Прибалтики. В кн.: «Балтика». Т. 3. Вильнюс, 1967.

Горецкий Г. И. Ложбины ледникового выпахивания и размыва в их связи с краевыми ледниковыми образованиями. В сб.: «Ледниковый морфогенез». Рига, 1972.

Десятова Т. Ф., Карпухин С. С., Судакова Н. Г., Трухин В. И. Возрастные критерии морен Ярославского Поволжья. Т. 213, № 3. ДАН СССР, 1973.

Карпухин С. С., Судакова Н. Г. Опыт комплексного исследования обломков в морене. В сб.: «Новейшая тектоника, новейшие отложения и человек». Вып. 3. М., 1972.

Коншин Г. И. Петрографический состав гравийно-галечного материала морен Курзема. В сб.: «Вопросы четвертичной геологии». Рига, 1964.

Климашкаускас А. Гранулометрические свойства и закономерности минералогического состава моренных отложений ЮВ Литвы. В кн.: «Стратиграфия четвертичных отложений и палеогеография антропогена юго-восточной Литвы». Вып. 2. Вильнюс, 1965.

Кригер Н. И. О причине высокой плотности моренных отложений. — «Литология и полезные ископаемые». № 4, 1971.

Кригер Н. И. О мощности плейстоценовых ледниковых покровов. В сб.: «Ледниковый морфогенез». Рига, 1972.

Крыговский Б. Некоторые седиментационные параметры и свойства моренных суглинков Западной Польши. В кн.: «Современный и четвертичный континентальный литогенез». М., Изд-во АН СССР, 1966.

Кудоба Ч. П. О генезисе гляциогенных рывтин. В сб.: «Региональные исследования ледниковых образований». Рига, 1972.

Лаврушин Ю. А. Четвертичные отложения Шпицбергена. М., «Наука», 1969.

Лаврушин Ю. А. Строение и формирование основных морен материковых оледенений. Автореферат докт. дисс. М., 1973.

Лукашов К. И., Астапова С. Д. Геохимические особенности моренного литогенеза. Минск, 1971.

Матвеев А. В. Ледниковые отложения Белоруссии. Минск, 1971.

Новский В. А. К изучению гравийной фракции плейстоценовых морен на примере Ярославского Поволжья. Тезисы докладов межведомственного совещания по метод. изуч. терригенных отложений четвертичного возраста. Таллин, 1969.

Патерсон У. Физика ледников. М., «Мир», 1972.

Раукас А. В. Опыт применения минералогического анализа при исследовании четвертичных отложений Эстонии. Уч. зап. Тартуского государственного университета. Вып. 3. Тарту, 1965.

Рухина Е. В. Моренные отложения и принципы их классификации. В кн.: «Материалы по генезису и литологии четвертичных отложений». Минск, 1961.

Рухина Е. В. Литология ледниковых отложений. Л., «Недра», 1973.

Спиридонов А. И. Основные черты морфоструктуры и ледниковой морфоскульптуры Центра и Северо-Запада Русской равнины. В сб.: «Геоморфология центральной части Русской равнины». М., 1971.

Судакова Н. Г., Введенская А. И., Карпухин С. С. и др. Особенности вещественного состава морфогенетических разновидностей морен. Рига, 1972.

Трухин В. П. Некоторые свойства вязкой намагниченности осадочных горных пород. Автореферат канд. дисс., М., 1967.

Dreimanis A. Selection of genetically significant parameters for investigations of till. Lesz. nauk. univ. A. Mickiewicza, Geogr., Posnan, 1969.

Н. Г. СУДАКОВА, В. А. ИЛЬИЧЕВ

ВОЗРАСТ МОРЕН ЯРОСЛАВСКОГО ПОВОЛЖЬЯ

На территории Верхней Волги и в ростовской низине по скважинам и многочисленным обнажениям вскрываются четко различающиеся между собой по ряду признаков моренные горизонты (Москвитин, 1967; Новский, 1968 и др.). Нижняя, коричневая до темно-серого цвета морена, как правило, более монолитна, имеет увеличенные по сравнению с верхней моренной мощности (до 40 м) и глинистость, отличается северо-восточной ориентировкой обломков (Судакова, 1971; Карпухин, Судакова, 1972), тогда как красная покровная морена характеризуется более пестрым гранулометрическим составом, меньшей карбонатностью, неравномерной, преимущественно небольшой мощностью, не превышающей нескольких метров, содержит больше эрратического дальнепринесенного материала, со свойственной ему северо-западной ориентировкой.

Наряду с характерными литологическими особенностями каждая морена выделяется своими палеомагнитными свойствами: в коричневой морене на территории Верхней Волги, в отличие от красной, обнаружена обратная намагниченность (Десятова и др., 1973).

Совокупность отмеченных признаков позволяет считать обе толщи морен разновозрастными образованиями, накопление которых проходило в неодинаковых условиях.

Хотя по сумме литологических и палеомагнитных характеристик оба горизонта теперь коррелируются достаточно уверенно, до сих пор не сложилось единого представления о возрасте этих морен. С. А. Яковлев (1956), А. И. Москвитин (1967), В. А. Новский (1968) рассматривают нижнюю толщу коричневых валунных суглинков в качестве днепровской морены, а верхнюю — считают калининской. С. М. Шик (1966) и геологи ГУЦР склонны относить оба горизонта коричневой и красной морены к стадиям московского оледенения.

В наших работах обосновывается днепровский возраст нижней коричневой морены, красная покровная морена ростовской низины и тутаевского Поволжья предположительно сопоставлена

с московским оледенением. Следует упомянуть, что палинологическое изучение межморенных слоев с целью стратиграфического расчленения морен также не приносит желаемой ясности из-за сложных условий залегания межледниковых толщ в известных опорных разрезах (Черемошник, Долгополка, Рыкуша), а также ввиду возникающих трудностей возрастной расшифровки самих спорово-пыльцевых спектров.

В этой связи геохронологическая привязка слоев с помощью термолюминесцентного метода имеет важное значение. При проведении комплексного исследования морен ярославского Поволжья датирование образцов эталонных разрезов проводилось под контролем литостратиграфических и биостратиграфических методов.

При расшифровке данных термолюминесцентного анализа морен необходимо иметь в виду следующее. Термолюминесцентный метод абсолютного датирования сравнительно нов в практике геологов-четвертичников и поэтому мало известен в отечественной и зарубежной литературе. Первые сведения об использовании этого метода для целей относительной корреляции и определения возраста некоторых геологических формаций были даны в обобщающей работе американских исследователей (Ф. Даниэльса и др.) только в 1953 году. Начиная с 1965 года, этой области геологических исследований посвящается целая серия статей В. Н. Шелкопляса и Г. В. Морозова (1965, 1966, 1971 и др.). В них рассматривается возможность использования термолюминесцентного метода для стратиграфического расчленения антропогена Украины. Как известно, большую часть плейстоценовой колонки здесь занимают субаэральные образования — лессы и погребенные почвы, применительно к которым и разрабатывалась, главным образом, методика.

Кратко рассмотрим вопрос о правомочности использования термолюминесцентного метода при датировании моренного материала. При обосновании термолюминесцентного датирования авторы этого метода Г. В. Морозов и В. Н. Шелкопляс исходили из того, что минеральный материал, формирующий в частности лесовые толщи Украины, к моменту захоронения полностью теряет свою первоначальную светосумму (предысторию), и формирование возрастной термолюминесценции начинается с «ноля». Истирание этой первоначальной светосуммы происходит в минералах за счет суммарного воздействия экзогенных процессов, а именно, механического измельчения, ультрафиолетового излучения солнца, тепла, влаги и многих других. Указанные процессы, безусловно, влияют на истирание светосуммы минерального вещества, являющегося заполнителем и моренных толщ. Но здесь нельзя не

учитывать существенного влияния дополнительных фактов, например, давления, создаваемого внутри ледниковых покровов, что может играть решающую роль при «истирании» предыдущей термолюминесценции. Кроме того, ледник в процессе движения собирал с подстилающей поверхности материал с заведомо «нолевой» предысторией, поскольку в поверхностном пласте находящиеся в пределах деятельного слоя Земли плейстоценовые образования испытывают интенсивное воздействие экзогенных процессов. Мощность деятельного слоя, или зоны «нолевой» термолюминесценции колеблется, но в среднем она составляет около 1,5—2 метров, что вполне достаточно, чтобы исключить вероятность сильного засорения материалом с уже накопленной светосуммой.

Следует также отметить, что при исследовании термолюминесцентных свойств моренных отложений Русской равнины наблюдается высокая интенсивность ТЛ-свечения, хорошая воспроизводимость ее кривых и достаточно стабильная скорость счета естественной α -активности. Все это ставит морены в ряд пород благоприятных для термолюминесцентного датирования.

Анализу подвергнута морена из главнейших разрезов плейстоценовых отложений ярославского Поволжья (см. рис. 1).

Сопоставление впервые полученных для этой территории датировок представляет прежде всего методический интерес, учитывая первые шаги термолюминесцентного метода применительно к ледниковым отложениям. Вместе с тем метод дает важный материал для стратиграфических сопоставлений. Главные итоги геохронологических определений в нашем районе состоят в следующем.

1. Датировки днепровской морены, выделяемой в разрезах Рыбинск — Долгополка — Черемошник — Шурскол — Левина Гора, по сумме геологических данных ложатся в жестком интервале 310—250 тысяч лет назад и в целом вполне сопоставимы с имеющимися представлениями о древности и продолжительности днепровского оледенения, а также с полученными датами по Чекалинскому (Лихвинскому) опорному разрезу. Непосредственно отрицательно намагниченные слои имеют датировку 281000 ± 31400 (разрез Долгополка). В хронологическом отношении это событие, названное случаем Одинцово — Галич (Десятова и др., 1973), хорошо согласуется с известной инверсией магнитного поля Земли, которая, как известно, произошла около 300 тысяч лет назад. Таким образом, подтверждается правомерность выделения в ярославском Поволжье днепровской морены,

* См. статьи Н. Г. Судаковой и С. С. Карпухина в этом сборнике

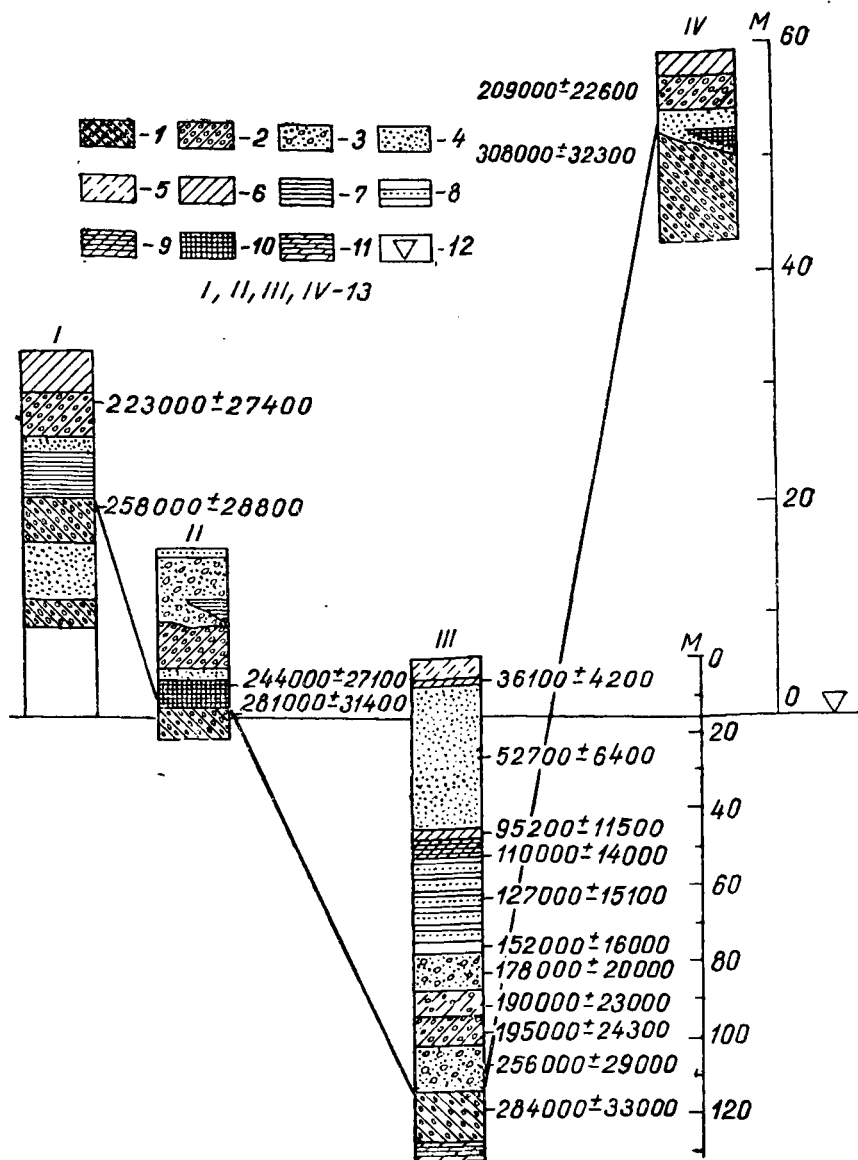


Рис. 1. Сопоставление опорных разрезов ярославского Поволжья.
 1 — валунный суглинок коричневый (днепровский); 2 — валунный суглинок красный (мо-
 сковский); 3 — песок с галькой; 4 — песок; 5 — супесь; 6 — суглинок; 7 — глина; 8 — ленточные глины; 9 — мергель; 10 — торф, гиттия; 11 — породы триаса; 12 — песок Волги у г. Рыбинска; 13 — опорные разрезы: I — д. Черменино — г. Рыбинск, II — Долгополка, III — скв. 2 в котловине озера Неро у г. Ростова, IV — овраг Нерошник.

в том числе в таких дискуссионных разрезах, как Долгополка и Черемошник.

2. Датировки верхней красной морены в разрезах Рыбинск — скв. 2 (котловина озера Неро) — Черемошник укладываются в диапазоне 223 — 190 тысяч лет, что прежде всего свидетельствует о принадлежности этой морены к самостоятельному оледенению. Причем, красную (верхнюю) морену с датировкой свыше 190 тысяч лет трудно синхронизировать с валдайским оледенением, даже с учетом максимальной, систематической и случайной ошибок метода. Намеченный абсолютный возраст не противоречит отнесению данного горизонта к московскому оледенению.

В этой связи любопытна, например, датировка покровной проблематичной морены в разрезе Черемошник — 209000±22600 лет назад; в озерной депрессии она несколько меньше — 190 — 195 тысяч лет. Показательно также, что как раз во время калининского оледенения (судя по ТЛ-датировкам около 50 тысяч лет назад) в замкнутой котловине озера Неро накапливалась мощная, монотонная толща песка. Следовательно, ни в колонке отложений депрессии, ни в отложениях ее бортов валдайская морена места не находит.

Изложенные представления о возрасте морен ярославского Поволжья основаны на данных сопряженного палеогеографического анализа и подкреплены определениями абсолютного возраста. Вероятно, сами датировки впоследствии будут уточнены по мере усовершенствования еще очень молодой методики исследования. Однако, уже сейчас геохронологические показатели позволяют увереннее ориентироваться в продолжительности определенных этапов осадконакопления и более строго оценивать корреляционное значение отдельных стратиграфических горизонтов.

Литература

Десятова Т. Ф., Карпухин С. С., Судакова Н. Г., Трухин В. И. Возрастные критерии морен Ярославского Поволжья. Т. 213, № 3. ДАН СССР. 1973.

Карпухин С. С., Судакова Н. Г. Опыт комплексного исследования обломков в морене. В кн.: «Новейшая тектоника, новейшие отложения и чело- век». Вып. 3. М., 1972.

Москвитин А. И. Стратиграфия плейстоцена Европейской части СССР. В сб.: «Тр. ГИНа». Вып. 158. М., 1967.

Новский В. А. О генетических типах плейстоценовых морен на Русской равнине. В кн.: «Очерки по истории геол.-геогр. знаний». Ярославль, 1968.

Судакова Н. Г. Особенности строения разрезов плейстоценовых отложений Ярославской области. «Вестник МГУ», 1971, № 5. (Сер. «География»).

Шелкопляс В. Н., Морозов Г. В. Определение относительного возраста четвертичных отложений Среднего Приднепровья термолюминесцентным методом. В кн.: «Основные проблемы изучения четвертичн. периода». М., «Наука», 1965.

Шик С. М. Геологическое строение и стратиграфия. В кн.: «Гидрогеология СССР». Т. 1. М., 1966.

Яковлев С. А. Основы геологии четвертичных отложений Русской равнины. «Тр. ВСЕГЕИ (нов. серия)». Т. 17. Л., 1956.

С. С. КАРПУХИН

КОМПЛЕКСНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КРУПНООБЛОМОЧНОГО СПЕКТРА ЛЕДНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЯРОСЛАВСКОГО ПОВОЛЖЬЯ

Отложения, содержащие крупнообломочный материал — морены, флювиогляциальные накопления, аллювий, делювий и т. д., — распространены на Русской равнине очень широко. В связи с этим всестороннее изучение свойств крупных обломков (т. е. обломочных частиц пород размером более 10 мм в поперечнике), заключенных в моренах и мореноподобных отложениях ярославского Поволжья, — задача чрезвычайно важная и актуальная.

Комплексный анализ обломков в морене, включающий количественное изучение валунов (Яковлева, 1956; Гайгалас, 1965; Карпухин, Судакова, 1972 и др.), предполагает достижение следующих целей: 1) выявление питающих провинций и восстановление областей зарождения ледников; 2) реконструкцию путей перемещения и характера распространения ледниковых потоков; 3) оценку динамики движения льда и степени влияния подстилающего рельефа; 4) стратиграфическое расчленение разновозрастных моренных горизонтов; 5) выяснение генетической принадлежности отложений и т. д.

О комплексном анализе обломков можно говорить как о весьма самостоятельном направлении в исследовании осадочных пород, характеризующимся наличием единого объекта, системы специфических методик и необходимости сопряженной интерпретации всего многообразия количественных показателей.

Литологическая информация о свойствах крупных обломков — петрографическом составе, выветрелости, морфологии, а также об их ориентировке во вмещающей породе — образует весьма надежную систему фактических данных. Высокая надежность результатов достигается путем осуществления целого ряда трудоемких методик, требующих своего одновременного выполнения и параллельной интерпретации. В дополнение к предложенным ранее С. С. Карпухиным и Н. Г. Судаковой (1972) новым количественным и графическим показателям, например, коэффициенту выветрелости обломочного спектра, степени одно-

направленности обломков, циклограмме ориентировки галек и т. д., предлагается усовершенствованный показатель степени однонаправленности

$$C_0 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (-P_i \log_2 P_i)}{\log_2 n},$$

где P_i — отношение числа ориентированных по данному направлению i обломков ко всему числу измеренных галек.

Показатель однонаправленности является одной из характеристик сортировки, который фиксирует степень упорядоченности крупных частиц в пространстве и, следовательно, отражает степень динамичности среды осадкообразования.

Впервые количественное изучение валунов в моренах ярославского Поволжья было осуществлено С. В. Яковлевой (1956). В результате изучения петрографического состава руководящих валунов выяснилось, что ледники, достигшие в своем распространении Верхне-Волжского бассейна, двигались из «...западной части Кольского полуострова, через Восточную Карелию, по впадине Онежского озера и его восточному берегу в направлении с северо-северо-запада на юго-юго-восток» (Яковлева, 1956).

Изучение петрографического состава обломков разновозрастных морен в разрезах Шестихина, Рыбинска, Песочного, Сонохты, Тутаева, Рыкуши, Черемошника, Шурскола, Левиной Горы и других пунктов, предпринятое нами в 1968—1973 гг., позволило выявить не только черты подобия московской и днепровской морен, за которые мы соответственно принимаем верхний горизонт морены преимущественно красно-бурой окраски и темно-коричневый валунный суглинок, залегающий стратиграфически ниже (Десятова, Карпухин, Судакова, Трухин, 1973), выразившееся в сходстве руководящих валунов, но и значительные различия — в соотношении петрографических разностей. Так, в днепровской морене преобладают карбонатные и песчано-глинистые породы палеозойского и мезозойского возраста Русской равнины и ее северо-западного обрамления (более 75%), содержание валунов архея и протерозоя Скандинавского полуострова колеблется около 25% (табл. 1, 2).

В морене московского возраста содержание осадочных пород в среднем равняется 69,5%. Выявлены наиболее характерные породы валунов: гранит рапакиви типа ладожского, соломенская брекчия, шокшинский кварцито-песчаник, эффузивы суисарского комплекса и др. Таким образом, полученные нами факты полностью подтверждают вывод С. В. Яковлевой (1956) о центрах за-

Характеристика крупнообломочного спектра ледниковых и мореноподобных отложений Верхней Волги

Показатели крупных обломков		Разновидность отложений		
		Перигляци- альный аллювий II террасы	Московская морена	Днепровская морена
Изверженные породы	Породы основного и среднего составов	11,4	9,7	7,4
	Граниты, кварц, туфы	21,3	18,6	12,7
	Метаморфизованные изверженные	3,8	2,2	5,4
Осадочные породы	Песчано-глинистые	20,6	16,2	19,9
	Карбонатные	16,5	37,9	36,2
	Кремнистые	11,6	7,5	7,7
	Метаморфизованные осадочные	14,8	7,9	11,7
Изверженные		36,5	30,5	24,5
Осадочные		63,5	69,5	75,5
Степень однонаправленности обломков		0,093	0,158	0,132
Генеральное направление прости- рания обломков		—	СЗ—ЮВ ССЗ—ЮЮВ	ССВ—ЮЮЗ СВ—ЮЗ

рождения и путях распространения плейстоценовых ледников, сформировавших разновозрастные генерации ярославской морены.

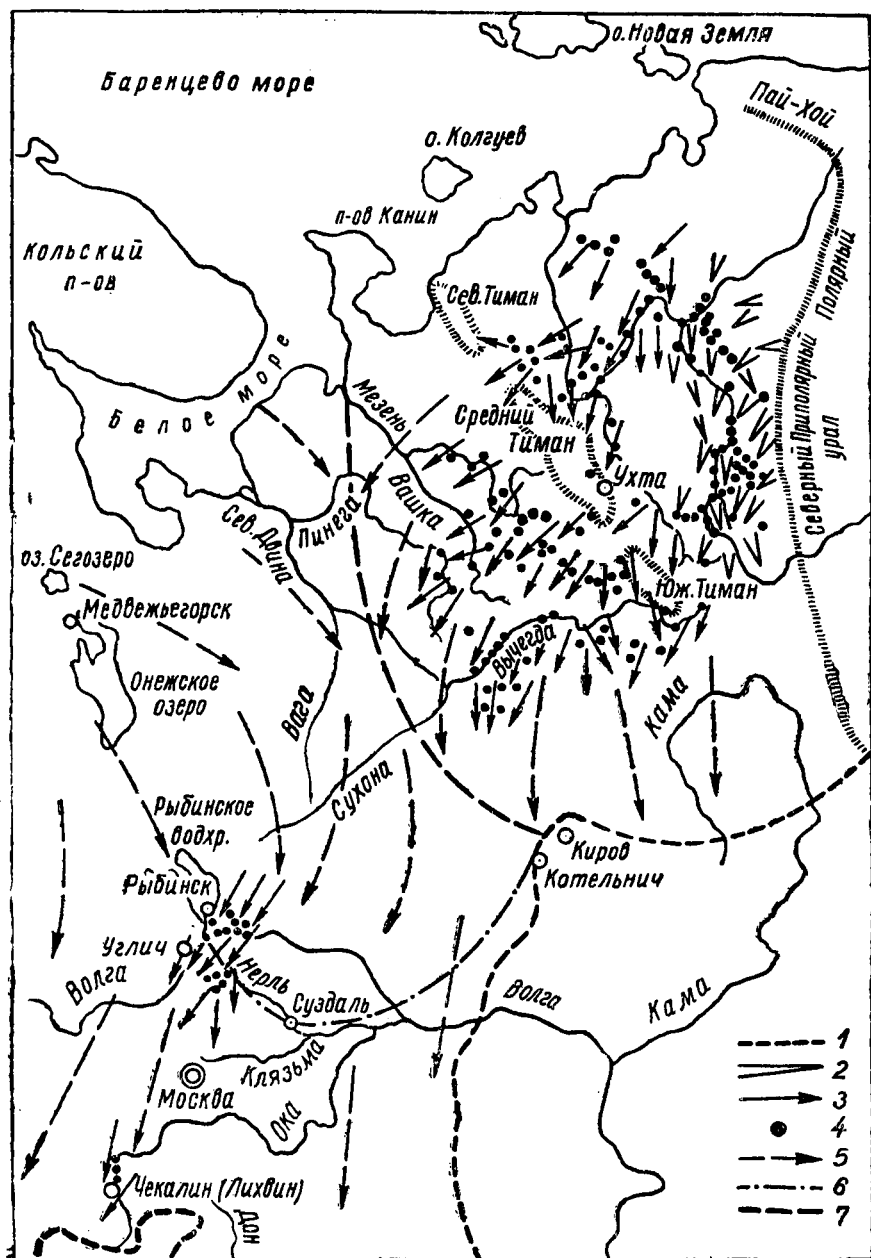
Ориентировка валунов в днепровской морене района Верхней Волги фиксирует тенденцию движения ледника с северо-востока. На первый взгляд, объяснение северо-восточной ориентировки можно получить, лишь привлекая гипотезу новоземельского происхождения морены (Яковлева, 1956). Однако этому противоре-

Таблица 2

Характеристика крупнообломочного спектра ледниковых и мореноподобных отложений Верхней Волги

Показатели крупных обломков		Разновидности отложений			
		Бассейновые отложения	Солифлюкционные отложения	Московская морена	Днепровская морена
Изверженные	Породы основного и среднего составов	6,1	12,4	11,3	5,8
	Граниты, кварц, туфы	24,1	18,8	15,4	13,8
	Метаморфизованные изверженные	4,3	5,6	3,8	4,4
Осадочные	Песчано-глинистые	22,0	30,0	17,9	16,3
	Карбонатные	10,2	9,6	25,6	37,8
	Кремнистые	14,5	7,6	7,0	8,1
	Метаморфизованные осадочные	18,8	16,0	19,0	13,8
Изверженные		34,5	36,8	30,5	24,0
Осадочные		65,5	63,2	69,5	76,0
Степень однонаправленности обломков		0,058	0,146 (Max. 0,277)	0,183 0,485	0,150 0,420
Генеральное направление простираения обломков		—	—	СЗ—ЮВ ЗСЗ—ВЮВ	С—Ю ССЗ—ЮЮВ

чит петрографический состав валунов, указывающий на то, что ледник, оставивший морену, пришел из Фенноскандии. Кажущуюся неувязку между северо-восточной ориентировкой и скандинавским петрографическим составом крупных обломков можно устранить, если предположить, что контакт уральского и скандинавского ледников располагается по линии г. Киров — нижнее течение р. Сухоны — правобережье р. Северной Двины — среднее течение р. Пинеги (Карпунин, Лавров, 1974). В этом случае



наблюдаемая северо-восточная ориентировка валунов в морене ярославского Поволжья могла возникнуть вследствие того, что радиально растекавшийся скандинавский ледник изменил первоначальное юго-восточное направление движения на юго-западное, т. к. путь ему преградили льды уральского ледникового покрова (рис. 4).

В окрестностях г. Ростова морена днепровского возраста в неизменном состоянии представлена сланцеватым темно-коричневым валунным суглинком. Обломки ориентированы по трем основным азимутам: ССЗ — ЮЮВ, ССВ — ЮЮЗ, СВ — ЮЗ. Следовательно, в днепровской морене Ростовского района средний азимут падения валунов несколько смещен к северо-западу. Можно предположить, что меридианальная ориентировка связана здесь с движением ледника по дочетвертичной переуглубленной ложбине стока, простирающейся с севера на юг.

Типичная днепровская морена вскрывается в разрезах по р. Мазихе (расчистка 289) и на Левиной Горе (расч. 350), где обломки наилучшим образом однонаправлены (C_0 равняется соответственно: 0,254 и 0,420). В обнажении оврага Черемошник (расч. 205,504) изучена вторично измененная озерно-болотными образованиями морена. Вторичная переработка морены выражена не только в сизой окраске, но и в потере однонаправленности обломков (0,077) и более крутых углах их падения (до 50°). Вероятно длительное обводнение при формировании толщи вышележащих озерно-болотных осадков способствовало вторичной гравитационной переориентировке валунов без потери преимущественного азимута простирания.

Выветрелость и морфология крупных обломков в морене изучались на валунах карбонатных пород размером 30 — 60 мм в перечнике (табл. 3).

По результатам анализов выявляется закономерность: выветрелость карбонатных обломков в московской морене в 2,5 раза больше, чем в днепровской. Окатанность валунов в московской морене закономерно возрастает от 42 — 46% (район Рыбинска — Тутаева) до 52% в обнажениях г. Ростова (табл. 3). Подобное

Рис. 1. Реконструкция движения уральского и скандинавского ледников в днепровское время (по С. С. Карпухину и А. С. Лаврову).

1 — граница максимального (днепровского) оледенения по Яковлеву; 2 — ориентировка валунов по Л. А. Кузнецовой; 3 — ориентировка валунов по материалам авторов; 4 — основные пункты отбора проб и замеров ориентировки валунов; 5 — тенденция движения ледниковых потоков; 6 — зона стыка скандинавского и новоземельского ледников по С. Я. Яковлеву. 7 — Граница распространения уральского ледника в днепровское время.

Таблица 3

Морфоскопия и выветрелость обломков в моренах ярославского Поволжья

Показатель	Рыбинский район		Тутаевский район		Ростовский район	
	возраст морены					
	москов-ский	днеп-ровский	москов-ский	днепров-ский	москов-ский	днепров-ский
Содержание сплюс- ненных обломков	36,0	46,0	44,0	42,0	38,0	44,0
Содержание изомет- ричных обломков	40,0	18,0	20,0	14,0	22,0	16,0
Содержание пластин- чатых обломков	12,0	16,0	14,0	26,0	14,0	12,0
Содержание стержне- видных обломков	12,0	20,0	22,0	18,0	26,0	28,0
Коэффициент окатан- ности	42,0	54,0	46,6	51,0	52,0	52,5
Коэффициент вывет- релости	18,0	6,0	39,0	18,0	19,0	8,0

изменение окатанности, по всей вероятности, можно связать с увеличением расстояния, пройденного ледником от бассейна Верхней Волги до ростовской низины. В днепровской морене окатанность в целом выше, чем в московской морене (51 — 54%). В содержании обломков различной формы (табл. 3) подметить явную закономерность не удастся.

Совокупность рассмотренных показателей крупнообломочного спектра днепровской и московской морен свидетельствуют как о сходстве, так и о своеобразии ледникового литогенеза во времени. По результатам исследований ледниковых отложений ярославского Поволжья удалось выявить важные критерии стратиграфического расчленения днепровской и московской морен: ориентировку длинных осей валунов, соотношение осадочных и изверженных пород, степень окатанности и выветрелости обломков карбонатных пород. Помимо стратиграфических признаков, свойства крупных обломков несут генетическую информацию (например, значения коэффициента однонаправленности и величины углов падения валунов), свидетельствующую об идентичности процессов формирования основной фации разновозрастных морен.

Мореноподобные осадки (псевдоморена) на территории яро-

славского Поволжья развиты повсеместно. Бассейновая генерация (Судакова, 1971) изучена в разрезах у Левиной Горы и в карьере у с. Деболовского. Солифлюкционные образования развиты в верхней части разреза оврага Черемошник. Перигляциально — аллювиальные осадки мореноподобного облика пользуются широким распространением в обнажениях по Верхней Волге (Черменино, Яковка, Сонохта, Долгополка и др.).

Петрографический состав обломков в отмеченных разновидностях псевдоморены, как правило, унаследован от морены московского возраста и характеризуется сходным с мореной содержанием осадочных и магматических пород (табл. 1, 2) при пониженном содержании осадочных. Кроме того, для мореноподобных осадков характерно сходство их структуры с гранулометрическим составом основной фации морены. Однако структурное подобие морены и псевдоморены оказывается не самым сильным аргументом в пользу ледникового происхождения последней, если учесть, что материнской породой для псевдоморенных образований служили собственно ледниковые накопления.

Среди текстурных особенностей бассейновых отложений наиболее характерным является отсутствие генерального направления в расположении максимальных осей и плоскостей крупных обломков — их ориентировка хаотична по отношению к странам света.

Солифлюкционные образования, встреченные в овраге Черемошник, являются результатом перемещения по склону валунистых суглинков московского возраста. Отличаются от морены отсутствием характерного азимута падения обломков (по простиранию) при достаточно высокой степени однонаправленности (0,146). Обломки пород, заключенные в несортированные осадки, венчающие II надпойменную террасу р. Волги, характеризуются низкой степенью однонаправленности галек, и часто в одном маломощном слое на различных глубинах ориентированы по-разному.

Выветренность обломков в псевдоморене московского возраста, как правило, значительно ниже, чем в морене того же возраста. Это объясняется незначительным содержанием карбонатных пород (около 10%) — петрографический спектр обеднен неустойчивыми компонентами. Степень окатанности карбонатных обломков чрезвычайно высока (например, для бассейновых отложений она равняется 70%), что свидетельствует об интенсивной вторичной сортировке обломочного материала.

Таким образом, результаты изучения ледниковых отложений и псевдоморен ярославского Поволжья приводят нас к следующим основным выводам.

1. Областью зарождения ледников, достигших в среднем плейстоцене Верхней Волги, явилась северо-восточная Скандинавия и западная окраина Кольского полуострова.

2. Радиальное распространение днепровского ледника из Скандинавии в юго-восточном направлении было заторможено двигавшимся с северо-востока уральским ледниковым покровом. В результате скандинавский ледник поменял юго-восточное направление движения на юго-западное.

Московский ледник беспрепятственно распространился на Русскую равнину, что отражено в северо-западных азимутах падения длинных осей валунов.

3. Морфология, выветрелость валунов в совокупности с данными петрографического состава и ориентировки позволяют утверждать, что верхнюю красную и нижнюю коричневую морены ярославского Поволжья более обоснованно относить к двум самостоятельным оледенениям: московскому и днепровскому.

4. Мореноподобные осадки имеют как черты сходства с морской (структуру, петрографический состав), так и черты различия: плохо выраженную ориентированность обломков, повышенную окатанность, незначительную выветрелость и т. д. Все это позволяет предположить, что рассмотренные мореноподобные образования ярославского Поволжья не являются мореной.

5. Показанная перспективность изучения крупнообломочного спектра четвертичных отложений стимулирует его широкое внедрение в практику инженерно-геологических работ: крупные обломки во многом определяют физико-механические свойства грунтов. Комплексный анализ крупных обломков — одно из надежнейших средств при выяснении генетической принадлежности отложений.

Литература

Гайгалас А. И. Особенности крупнообломочного материала разновозрастных морен плейстоцена юго-восточной Литвы и возможности их использования для стратиграфии. В сб.: «Стратиграфия четвертичных отложений и палеогеография антропогена юго-восточной Литвы». Вильнюс, 1965.

Десятова Т. Ф., Карпухин С. С., Судакова Н. Г., Трухин В. И. Возрастные критерии морен Ярославского Поволжья. Т. 213, № 3. ДАН СССР, 1973.

Карпухин С. С., Лавров А. С. Направление движения и положение зоны контакта днепровских ледниковых покровов на Русской равнине. ДАН СССР, 1974.

Карпухин С. С., Судакова Н. Г. Опыт комплексного исследования обломков в морене. В кн.: «Новейшая тектоника, новейшие отложения и человек». Вып. 3. М., 1972.

- Кузнецова Л. А. Плейстоцен печорского Приуралья. Казань, 1971.
- Судакова Н. Г. Особенности строения разрезов плейстоценовых отложений Ярославской области. «Вестник МГУ». 1971, № 5. (Сер. «География».)
- Яковлев С. А. Основы геологии четвертичных отложений Русской равнины. «Тр. ВСЕГЕИ (нов. сер.)», т. 17, 1956.
- Яковлева С. В. К изучению ледниковых валунов на Русской равнине. В сб.: «Материалы по геоморфологии и четвертичн. отл. СССР. Тр. ВСЕГЕИ (нов. сер.)». Вып. 1. М., Госгеотехиздат, 1956.

С. П. ЕВДОКИМОВ, С. С. КАРПУХИН

ОРИЕНТИРОВКА ВАЛУНОВ В РАЗНОВОЗРАСТНЫХ МОРЕНАХ ЯРОСЛАВСКОГО ПОВОЛЖЬЯ

Представления о направлении движения плейстоценовых ледников на территории ярославского Поволжья к концу прошлого столетия были сформулированы лишь на базе описания валунов кристаллических пород, доставленных из юго-восточной Карелии, побережий Ладожского и Онежского озер (Шуровский, 1866; Никитин, 1871, 1884 и др.). Пользуясь методикой количественного учета валунов и выяснения источника их сноса, С. В. Яковлевой (1956) был сделан вывод, что скандинавский ледник, отложивший морены близ гг. Углича и Ярославля, двигался «в направлении с северо—северо-запада на юго—юго-восток». Первые данные по ориентировке обломков в разновозрастных моренах Ростовского района (Карпухин и Судакова, 1972) частично подтвердили вывод о преимущественном северо—северо-западном падении валунов. Однако дальнейшие исследования ориентировки обломков в моренах на обширной территории ярославского Поволжья показали, что реконструируемая картина продвижения московского и днепровского ледниковых покровов значительно сложнее.

Материал по ориентировке длинных осей обломков собран авторами по методике, предложенной в работе Карпухина и Судаковой (1972). Изучались основные морены днепровского и московского возраста на территории ярославского Поволжья. Четвертичные отложения лежат здесь на неровной поверхности коренных пород, сложенных главным образом юрскими и меловыми отложениями, представленными различными песками и песчаниками, иногда алевроитовыми глинами. Днепровская морена в большинстве случаев лежит непосредственно на коренных породах и представлена коричневыми плотными валунными суглинками мощностью от 2—3 до 40—50 метров в древних долинах, где вскрывается буровыми скважинами. Московская морена в большинстве разрезов представлена красно-бурыми валунными суглинками и отделяется от днепровской межморенной толщей. В случае отсутствия межморенных отложений расчленить

морены из-за большого литологического сходства бывает довольно трудно, а в ряде случаев невозможно. Наиболее отчетливо выраженные различия проявляются в гранулометрическом спектре у глинистой и пылевой фракций, у эпидота при сравнении разновозрастных горизонтов морен в одном разрезе (Судакова и др., 1972). Подчеркивается ограниченность возрастных сопоставлений вещественного состава. В связи с этим, исходя из принципов сопряженного анализа плейстоценовых отложений, встает задача поиска новых критериев стратиграфического расчленения морен. Ориентировка удлиненных осей валунов является одним из таких критериев.

Изучение ориентировки удлиненных осей крупнообломочного материала днепровской и московской морен производилось в разрезах Черменино, Шестихино, Талица, Песочное, Сонохта, Эдома, Сельцо, Долгополка и Щурск. Днепро́вская морена, кроме того, изучалась в разрезах Рыкуша и Левина Гора, а московская морена в разрезах Кирьяново, карьера 26 километра шоссе Рыбинск — Ярославль, котлована Тутаевского завода дизельных агрегатов, карьера 171 километра шоссе Москва — Ярославль, Петровских карьеров, Макарово, карьера 163 километра шоссе Москва — Ярославль. Расположение этих разрезов и количество проб, выполненных для каждого из них, показаны на рис. 1.

В разрезах плейстоценовых отложений ярославского Поволжья в днепровской морене наблюдается хорошо выраженная ориентировка удлиненных осей крупных обломков на север и северо-восток. Выделяются два основных направления падения осей валунов, два ледниковых потока: Рыбинский и Тутаевско-Нерльский. В Рыбинском потоке (разрезы Черменино, Сонохта, Шестихино) выявляется хорошо выраженная северо-восточная ориентировка валунов. В Черменино и Шестихино ориентировка выражена наиболее отчетливо, азимуты падения располагаются в пределах $15-20^\circ$, наклон осей составляет $10-15^\circ$. В разрезе на р. Сонохте ориентировка валунов выражена гораздо хуже, наклон осей более крутой ($30-35^\circ$). Вероятнее всего, это свидетельствует о вторичной переориентировке крупнообломочного материала солифлюкционно-делювиальными и мерзлотными процессами. Тутаевско-Нерльский поток характеризуется более сложной ориентировкой валунов. В северной части (разрезы в районе г. Тутаева) ориентировка северо—северо-восточная и северо-восточная, наклон осей $15-20^\circ$. В разрезах, прилегающих к ростовской низине, ориентировка становится близкой к меридианальной ($350-355^\circ$) при наклоне осей $10-15^\circ$. Здесь ледник изменил направление движения под влиянием по-

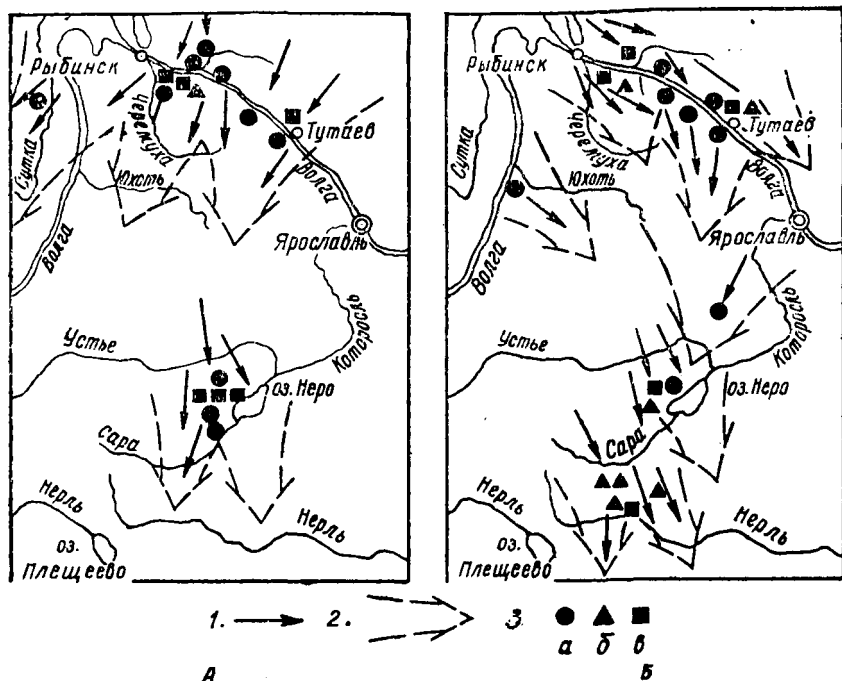


Рис. 1. Реконструкция движения ледниковых покровов на территории ярославского Поволжья по замерам ориентировки валунов. А — в днепровское время; Б — в московское время.

Условные обозначения

1 — азимуты ориентировки валунов; 2 — основные направления движения ледниковых потоков; 3 — основные пункты опробования и количество проб: а — одна, б — три, в — четыре.

нижения подстилающей поверхности, с чем и связано изменение направления падения осей валунов.

В московской морене удлиненные оси обломков ориентированы преимущественно на северо-запад по азимутам 310—350°. Также выделяются два основных направления падения осей, два ледниковых потока: Приволжский и Угличско-Борисоглебский. Приволжский поток (группа разрезов между гг. Рыбинском и Тутаевом) характеризуется четко выраженной северо-западной ориентировкой валунов. В карьере на 26 км шоссе Рыбинск — Ярославль кроме того хорошо выражена ориентировка перпендикулярная северо-западному направлению. Угличско-Борисоглебский поток (разрез Кирьяново) также характеризуется северо-западной ориентировкой валунов. Южнее, в районе Ростов-

ской низины оба потока объединяются в один, ориентировка становится близкой к меридианальной. Наклон осей в московской морене более крутой, чем в днепровской, и составляет 20—30°. Казалось бы, нет веских оснований для выделения двух ледниковых потоков, т. к. ориентировка валунов в московской морене во всех разрезах Верхней Волги почти одинакова. К решению выделить два ледниковых потока мы пришли, рассматривая рельеф поверхности коренных пород и сопоставляя с ним ориентировку валунов.

В целом для ярославского Поволжья ориентировка и наклон удлиненных осей крупнообломочного материала в московской морене представляются более однообразными (азимуты падения и углы наклона в различных точках наблюдения близки друг к другу), чем в днепровской морене. Для обоих моренных горизонтов меньшая степень ориентировки и более крутое падение осей характерны для верхней части разрезов. Азимуты преобладающего направления падения осей валунов в московской морене варьируют в несколько больших пределах, чем в днепровской, а наклон осей круче в среднем на 10—15°. Это, вероятно, свидетельствует о большей активности днепровского ледника, а более выраженный разброс азимутов падения валунов — о большей зависимости последнего от характера доледникового ложа.

Исследования многих ученых показали, что ориентировка осей валунов в морене является вполне закономерной и отражает характер и направление движения ледниковых потоков. Несмотря на некоторую унаследованность распространения ледниковых потоков, существуют местные различия их движения и благодаря этому ориентировка валунов в разновозрастных моренах различна. Таким образом, ориентировка валунов в комплексе с другими методами может служить для стратиграфического расчленения морен. Проведенные исследования убедили нас в справедливости этих положений и в необходимости постановки дальнейших работ по изучению ориентировки валунов на более широких площадях. Необходимо также сопоставлять полученные результаты с исследованиями в соседних районах.

Литература:

Карпухин С. С., Судакова Н. Г. Опыт комплексного исследования обломков в морене. В кн.: «Новейшая тектоника, новейшие отложения и чехловек». Вып. 3. М., 1972.

Никитин С. Н. О булыжном камне и его месторождениях в Московской губернии. Протокол заседания общества любителей естествозн., антропологии и этнографии при Московском университете (год 7). 1871.

Никитин С. Н. Общая геологическая карта Европейской России. Лист 56. «Труды геол. комитета», 1, № 2, С.-Пб., 1884

Судакова Н. Г., Введенская А. И., Карпухин С. С., Кобзарь Е. А., Парамонова Н. Н. Особенности вещественного состава морфогенетических разновидностей морен. В кн.: «Региональные исследования ледниковых образований. Материалы IV Всесоюзного межведомственного совещания по изучению краевых образований материкового оледенения». Рига, 1972.

Шуровский Г. Е. Геологические экскурсии по губерниям Московской и Ярославской. Протокол заседания совета общества любителей естествознания, антропологии и энтографии. 13/VII—10/VIII, 1886.

Яковлева С. В. К изучению ледниковых валунов на Русской равнине. «Материалы ВСЕГЕИ (нов. серия)». Вып. 17. М., 1956.

Яковлева С. В. Ориентировка валунов в основных моренах и ее значение для определения направления движения ледников. «Труды комитета по изучению четвертичного периода. Материалы к Всесоюзному совещанию по изучению четвертичного периода». Т. 13. М., Изд-во АН СССР, 1957.

Н. Г. СУДАКОВА

ОПОРНЫЙ РАЗРЕЗ ОВРАГА ЧЕРЕМОШНИК

Знаменитый овраг Черемошник пользуется заслуженной славой, благодаря интереснейшим разрезам четвертичных отложений, вобравших в себя историю плейстоценовых ледников и межледниковий. Обнажения верховьев оврага и правого второго отвершка изучаются многочисленными исследователями и целыми коллективами уже более 30 лет *. В этом смысле местонахождениям оврага Черемошник необычайно повезло. Но вместе с тем разрезы стали предметом острых споров, которые разгораются не только на страницах печати, но и непосредственно у разрезов. Удивительно то, как такой маленький овраг порождает необыкновенное обилие разноречивых мнений, концепций и толкований.

Однако повышенный интерес к оврагу Черемошник имеет серьезные основания, если учесть ключевые позиции опорного разреза по отношению к многократно надвигавшимся на территорию плейстоценовым оледенениям, а отсюда — возможность выяснения числа наступлений самостоятельных оледенений и их стадий, а также определения максимальной границы продвижения наиболее проблематичного калининского покрова (Москвитин, 1950, 1967; Чеботарева, 1949, 1959; Марков, Серебряный, 1961 и др.).

Показательно становление некоторых взглядов на вопросы возраста межледниковых отложений, имеющих реперное значение, условий залегания этих толщ и строение разреза в целом, которые являются предметом постоянных разногласий.

Открытые в 1938 г. Н. В. Чижиковым межледниковые торфа и гиттии стали привлекать к себе внимание прежде всего палинологов (Тюремнов, Виноградова, 1952; Сукачев, 1954; Горлова, 1968; Гричук и др., 1971), а также геологов и геоморфологов (Чеботарева, 1949; Москвитин, 1950; Новский, 1961; Цукурова, 1969 и др.). Торфяники были детально изучены в палеоботаническом отношении сотрудниками БИНа во главе с В. Н. Сукачевым.

* Подробная история их изучения приводится в статье В. А. Новского (1968).

вым. Ими убедительно доказана принадлежность осадков к микулинскому межледниковью. Этот вывод был принят на вооружение последующими исследователями вплоть до 1971 г., когда В. П. Гричук с сотрудниками провели дополнительные видовые определения пыльцы растений, послужившие им основанием для пересмотра старых воззрений. Торфяники второго правого отвершка в отличие от залежи верховьев оврага отнесены были теперь к одинцовскому межледниковью. Таким образом, неоднозначная трактовка палеоботанических материалов привела к затянувшейся дискуссии еще одну проблему.

На особенности геоморфологической позиции разрезов указывается в работе С. Н. Тюремнова и Е. А. Виноградовой (1952), по мнению которых линзы торфа залегают в небольших замкнутых котловинах расчлененного рисского рельефа. Н. С. Чеботарева (1969) связывает аккумуляцию межледниковых слоев ростовской низины с различными геоморфологическими условиями, в данном случае с заложением овражно-балочной сети, дренирующей древние озерные западины. В. А. Новский, проводивший многолетние исследования ростовских разрезов, пришел к прямо противоположному выводу, что межледниковые сапропелево-торфянистые отложения не имеют никакого отношения к аллювию, заполняющему овражно-балочную сеть (1968, 1971).

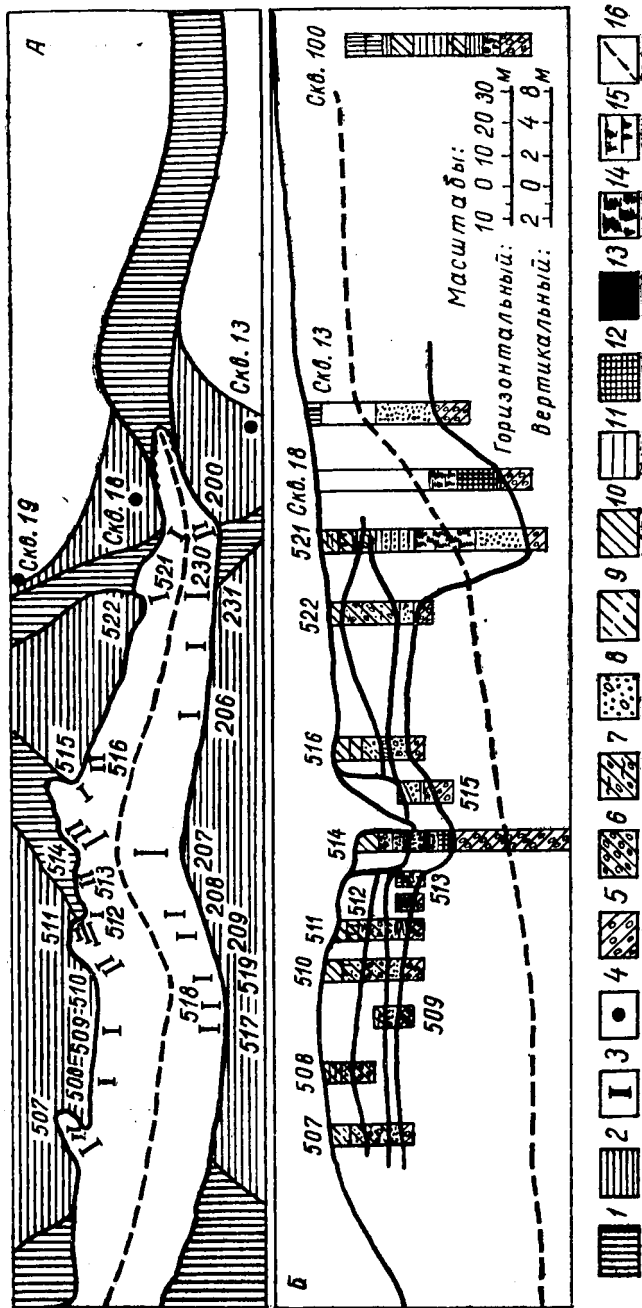
Наиболее трудным оказался вопрос об условиях залегания осадков, вмещающих межледниковую флору. Первое предположение о микулинском торфянике как об отторженце в теле калининской морены высказал В. Н. Сукачев (1954), ссылаясь на совместное нахождение листочков карликовой березки и семян бразении — растений, одновременное произрастание которых невозможно. Мнение о вторичном залегании торфянистых залежей в овраге Черемошник, у д. Левина Гора — разделяют также А. И. Москвитин (1967), В. А. Новский (1968, 1971). Условия залегания торфяников оврага Черемошник прослежены В. А. Новским тщательнейшим образом в серии уникальных расчисток (1971). Нарушенность ледником торфяных линз ростовских разрезов признается С. Л. Бреславом (1971).

Что касается перекрывающих межледниковые слои осадков, то они в полном смысле слова стали «камнем преткновения». Одна группа исследователей отождествляет эти валунные суглинки с мореной калининского оледенения (Москвитин, 1967; Новский, 1971; Бреслав, 1971 и др.); другие относят их к делювиально-солифлюкционным и овражно-аллювиальным образованиям (Чеботарева, 1949, 1959; Марков, Серебряный, 1961 и др.). Огромная важность палеогеографического истолкования той или другой точки зрения — очевидна.

Благодаря неослабевающему интересу к ростовским разрезам, а следовательно, и интенсивному их изучению с подключением все более совершенных методов исследования, — очередные дискуссии вспыхивали в 1969 (См. путеводитель экскурсий Москва — Верхняя Волга, 1969) и после проведения III Международной палинологической конференции.

В процессе подготовки разрезов для демонстрации участникам международного симпозиума «Палеогеография и перигляциальные явления плейстоцена» были исследованы полные разрезы плейстоценовых отложений, включая подстилающие и перекрывающие торфяники осадки, с помощью ряда параллельных методов (Путеводитель экскурсий..., 1969; Агаджанян и др., 1972; Карпухин, Судакова, 1972). В результате удалось уточнить стратиграфическое положение разрезов и воссоздать палеогеографическую обстановку микулинского и послемикунинского этапа. Особенно придиричиво были обследованы мореноподобные валунные суглинки, в том числе находящиеся в кровле межледниковой линзы второго отвершка оврага Черемошник (Судакова, 1971; Чеботарева, Судакова, 1971). Опираясь на предложенные критерии распознавания псевдоморен, авторы доказывали, что на демонстрируемом симпозиуму разрезе (расчистка 230, см. рис. 1) межледниковый торф перекрыт солифлюкционными переработанными отложениями, в которых фиксировалась ритмичная слоистость, разуплотненность, относительно высокая пористость, упорядоченность ориентировки обломков вдоль по склону, определенная тенденция направленности изменения гранулометрического состава по разрезу. В других разрезах, например у д. Левина Гора, встречаются мореноподобные отложения бассейнового типа с иными характерными показателями.

При обсуждении экскурсии участники симпозиума затронули вопрос о генезисе увиденной в разрезе 230 псевдоморены. А. Кайё (Канада) при этом, главным образом, обратил внимание на особенности рельефа, способствовавшего развитию склоновых процессов. Дылик, Ян (Польша) и др. ссылались на характер самих отложений, их текстурные и структурные свойства. По мнению этих исследователей, отложения проблематичного генезиса в овраге Черемошник представлены ярко выраженными солифлюкционными отложениями — неправильно слоистыми, плохо сортированными — типичными для всей перигляциальной зоны. Бюдель (ФРГ) подметил также, что они очень похожи на перигляциальные осадки Европы. Рихтер считает валунные суглинки, перекрывающие торф, материалом склоново-солифлюкционных, флювиальных и эоловых процессов.



Дальнейшие исследования левого и правого борта отвершка показали более сложную картину условий залегания межледниковой толщи (рис. 1, 2).

Положение усугубилось новой трактовкой возраста межледниковой линзы (Былинский и др., 1971). После завершения дополнительного исследования в представленных на заседании четвертичной комиссии докладах весной 1973 г. группа В. П. Гричука подтвердила одинцовский возраст залежи.

Резюмируя изложенные разногласия в отношении разреза Черемошник, можно кратко свести их к следующему:

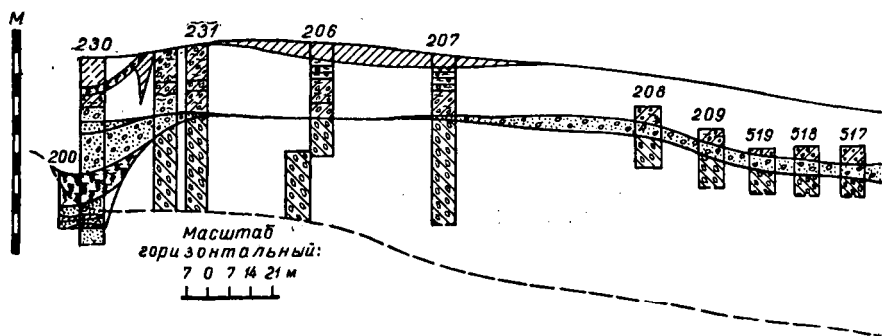


Рис. 2. Разрез левого борта второго отвершка ручья Пушбольский у д. Черемошник.

Условные обозначения те же, что на рис. 1.

1) По палеоботаническим данным неоднозначно интерпретируется возраст межледниковых отложений в разрезе второго правого отвершка оврага Черемошник.

2) Отнесение одного разреза (р. 230, 514) к одинцовскому, а другого (в верховьях оврага, р. 202) — к микулинскому межледниковью противоречит сходству условий их залегания и единству геоморфологического положения.

3) Перекрывающие торфяники валунные суглинки рассматриваются и как калининская морена, и как делювиально-солифлюкционные образования валдайского возраста.

К сказанному следует добавить, что никто из исследователей не предлагал для подстилающей морены иной возраст, нежели московский, а для перекрывающих пород, возраст, отличный от валдайского. С другой стороны — для доказательства генезиса и возраста валунных суглинков слабо еще используют

ся их собственные свойства. К сожалению, пока не делается различий и между генетическими разновидностями валунных суглинков, слабо еще используются их собственные свойства. Между тем все эти обстоятельства чрезвычайно важны при стратиграфических построениях.

С момента последней дискуссии, посвященной разрезам оврага Черемошник, накопились материалы (приводимые ниже), которые, на наш взгляд, вносят существенные поправки к имеющимся представлениям.

Детальное микростратиграфическое обследование отвершка представлено на рис. 1 и 2. Изучение условий залегания, строения моренной, межморенной и надморенной толщ и особенностей состава отложений, проводившееся за период 1968—1972 гг., позволяет уточнить стратиграфическое положение линзы межледниковых отложений.

Она поκειται на днепровской морене, слагающей разрез от уреза тальвега до относительных отметок 8 м. Основанием для отнесения коричневой морены к днепровскому оледенению являются ее устойчивая литологическая характеристика (цвет, более глинистый гранулометрический состав, северо-восточная ориентировка обломков и др.), сходное строение разрезов с соседними (Шурскол, Рыкуша и др.); обнаруженная В. А. Большаковым обратная намагниченность монолита, взятого несколько выше датированного слоя в 308 тысяч лет назад, что хорошо согласуется с палеомагнитной характеристикой днепровской морены всего ярославского Поволжья (Десятова и др., 1973). Судя по полученным в последнее время данным, днепровская морена в ярославском Поволжье, в том числе в ростовской низине, распространена гораздо шире, чем представлялось до сих пор.

На днепровской морене с размывом залегает сложно построенная толща озерных отложений. В углублениях постели (р. 230, 521, 514) она представлена чередующимися слоями песка, гиттий, торфа. Детально прослежены фациальные переходы органогенной толщи по правому и левому бортам отвершка, подтверждающие точку зрения В. А. Новского (1971) о широком площадном распространении данной межледниковой пачки и перекрытии ее мореной (р. 507, 511 и др.). Действительно эта толща ничего общего с современной балочной сетью не имеет. При этом не остается сомнения в том, что, как в верхнем (по течению) крыле залежи (р. 230, 521), так и в нижнем (р. 514), мы имеем дело с одним и тем же геологическим телом. Сравнение межморенных образований в р. 230—521 и 514 показывает в них сходную последовательность напластований;

однако верхняя (по течению) залежь представлена более полно благодаря большей мощности каждого слоя. Кроме того, в нижней (по течению) залежи верхние слои размыты и погрееены под овражно-балочным аллювием.

Вряд ли в данном случае можно говорить и об отторжении межледникового тела, входящего в состав более молодой морены, поскольку: 1) стратификация слоев межледниковой линзы выдержана по крайней мере на расстоянии 80 м; в ней наблюдаются естественные фациальные взаимопереходы осадков; 2) органогенная толща перекрыта не мореной непосредственно, а рыхлыми песками в ненарушенном залегании.

Межледниковые слои по левому и правому бортам отвершка всюду перекрыты 1,5—2-метровым слоем морены (р. 507) и мореноподобных слоистых отложений абляционно-солифлюкционного типа (р. 510, 511, 521, 230 и др.). Возрастная и генетическая трактовка их и вызывает основную дискуссию. Поскольку в одном разрезе прослежен непосредственный фациальный переход типичной монолитной морены в своеобразную ритмично-слоистую породу, можно предположить одновременное их накопление в отличие от признания за солифлюкционными отложениями более молодого возраста, чем у морены.

Специально проведенное исследование валунных суглинков в р. 507 свидетельствует о том, что на межледниковых слоях здесь лежит маломощная (1,5—1 м)* красно-бурая морена, с характерной для московской морены северо-западной ориентировкой обломков и присущей ей высокой плотностью (2,1 г/см³).

Полученная термолюминесцентная датировка этих слоев 209000 ± 22600 лет назад (см. статью В. А. Ильичева и Н. Г. Судаковой в этом сборнике) не противоречит их отнесению к ледниковым отложениям московского возраста. Правда, последнее не является строгим доказательством времени отложения морены, даже если корректность самих датировок не вызывает сомнений, так как в условиях ледникового литогенеза вполне возможны внедрения и перемещения более древних пород (что могло повлиять на датировку). Таким образом, остаются сомнения в отношении возраста покровной морены.

Данный комплекс отложений с поверхности выстлан слоистыми и неяснослоистыми коричневыми глинами и суглинками до 2—2,5 м мощности со следами по крайней мере одного почвообразования. Характерные текстуры и условия залегания в днище и на склоне древней озерной котловины позволяют предполагать их озерный генезис.

* В ростовской низине и в рыбинско-тутаевском Поволжье московская морена всюду имеет небольшие мощности (2—4 м.).

Склоны оврага осложнены овражно-балочными образованиями более поздней генерации, которые только отчасти наследуют более древние понижения.

В связи с изложенным, решение вопроса о возможности продвижения в ростовскую низину валдайского оледенения упирается, главным образом, в палеоботаническую расшифровку линзы межледниковых отложений в самом отвершке (р.р. 200, 201, 514; 230) и увязку с разрезами р. 202 и скв. 100, которые находятся в сходных условиях залегания, но толкуется как микулинские («Путеводитель экскурсий Москва — Верхняя Волга», 1969). Благодаря имеющимся противоречиям в трактовке геологического и палеоботанического материала в настоящее время, видимо, еще нельзя полностью исключить вероятность различного решения. В случае подтверждения принадлежности толщи органогенных осадков к одинцовскому межледниковью, а следовательно, вышележащей в р. 507 морены к московскому оледенению снимается так долго существовавшая дискуссионность взглядов по поводу стратиграфии разреза Черемошник, так как и геологические и палеоботанические данные будут хорошо согласоваться между собой. С другой стороны, подтверждение микулинского возраста гиттий и торфа заставит признать валдайское оледенение на территории ростовской низины. Однако в настоящее время последнему противоречат ряд факторов, требующих специального анализа: отсутствие ледниковых аккумуляций выше микулинских слоев в р. 202 (верховья оврага Черемошник), по ручью Мазихе (у д. Шурскон), в котловине озера Неро; развитие трех уровней послемиккулинских террас и многоярусное строение покровных лессовидных суглинков, отражающих двукратную в позднем плейстоцене смену палеографических обстановок (от межледниковых до перигляциальных).

На основании проведенного нами исследования можно утверждать, что межледниковые отложения в овраге Черемошник залегают на днепровской морене, перекрыты более молодой мореной предположительно московского возраста с отличными литологическими показателями. Последняя фациально переходит в разновозрастные с ней солифлюкционные мореноподобные образования.

Литература

Агаджанян А. К., Глушенкова Н. Н., Карпухин С. С. и др. Сопряженный палеогеографический анализ плейстоценовых отложений Ярославской области. В кн.: «Новейшая тектоника, новейшие отложения и человек». Вып. 3. М., 1972.

Бреслав С. Л. О границах максимального верхнечетвертичного (калининского) оледенения в бассейне Верхней Волги. В сб.: «Геоморфология Центральной части Русской равнины». М., 1971.

Былинский Е. Н., Гричук В. П., Губонина З. П. и др. Плейстоцен Центральной части Русской равнины. М., 1971.

Горлова Р. Н. Смена растительного покрова в микулинское межледниковье по исследованиям торфяников Ярославской области. В сб.: «История растительного покрова Центральные области Европейской части СССР в антропогене». М., «Наука», 1968.

Карпунин С. С., Судакова Н. Г. Опыт комплексного исследования обломков в морене. В кн.: «Новейшая тектоника, новейшие отложения и человек». Вып. 3. М., 1972.

Марков К. К., Серебряный Л. Р. История изучения области древнего оледенения в северо-западной части Русской равнины. В кн.: «Рельеф и стратиграфия четвертичных отложений Северо-Запада Русской равнины». М., Изд-во АН СССР, 1961.

Москвитин А. И. Вюрмская эпоха (неоплейстоцен в Европейской части СССР). М., Изд-во АН СССР, 1950.

Москвитин А. И. Плейстоцен Европейской части СССР. М., «Наука», 1965.

Москвитин А. И. Стратиграфия плейстоцена Европейской части СССР. «Тр. ГИНА». Вып. 158. М., 1967.

Новский В. А. К истории изучения межледниковых отложений в Ярославском Поволжье. Очерки по истории геолого-географических знаний. Ярославль, 1968.

Новский В. А. Новые данные о микулинских торфяниках близ Ростова-Ярославского. Тез. докл. всесоюзного совещания изучению краевых образований материковых оледенений. Смоленск, 1968.

Новский В. А. Верхний плейстоцен Ярославского Поволжья. «Уч. зап. ЯГПИ им. Ушинского». Вып. 87. Ярославль, 1971. «Путеводитель экскурсий Москва — Верхняя Волга». М., 1969.

Судакова Н. Г. Особенности строения разрезов плейстоценовых отложений Ярославской области. «Вестн. МГУ», 1971, № 5 (Сер. «География»).

Сукачев В. Н. О совместной находке остатков карликовой березки и бразения в межледниковых отложениях. Т. 94, № 3. М., ДАН СССР, 1954.

Тюремнов С. Н., Виноградова Е. А. Межледниковые отложения близ г. Ростова-Ярославского. «Уч. зап. ЯГПИ им. Ушинского». Вып. 14. Ярославль, 1952.

Чеботарева Н. С. Граница распространения льдов в течение московской стадии днепровского оледенения. «Вопросы географии», сб. 12, 1949.

Чеботарева Н. С. Стратиграфия четвертичных отложений центра Русской равнины. В сб.: «Ледниковый период в Европейской и Азиатской части СССР». М., 1959.

Чеботарева Н. С., Судакова Н. Г. Межледниковые отложения окрестностей Ростова-Ярославского. «Изв. АН СССР», 1971, № 7 (Сер. «Геология»).

К ВОПРОСУ О СТРОЕНИИ И УСЛОВИЯХ ЗАЛЕГАНИЯ ПСЕВДОМОРЕНЫ В РАЗРЕЗЕ У Д. ЛЕВИНА ГОРА

Диагностика мореноподобных отложений приобретает большое значение в связи со стратиграфическим расчленением плейстоценовых отложений ярославского Поволжья. Некоторыми исследователями мереноподобные отложения принимаются за морену, и это влечет за собой крупные ошибки при стратиграфических построениях. Правильная диагностика верхнеплейстоценовых отложений в разрезе у д. Левина Гора имеет принципиальное значение. От установления генетической принадлежности линзы валунных супесей, вскрывающихся в цоколе III террасы, в большой степени зависят стратиграфические построения и палеогеографические реконструкции верхнего плейстоцена в данном районе.

С целью выяснения условий залегания мореноподобных отложений, вскрывающихся в разрезе у д. Левина Гора, нами в 1972 году было произведено детальное ручное бурение с отбором образцов через каждые 5—10 см. Пять скважин было пройдено по склону коренного берега, который имеет здесь уклон 9—10° до расчистки 217. По данным бурения был построен поперечный разрез коренного берега и III террасы (рис. 1). В верхней части разреза всеми скважинами и расчистками в обнажении вскрыты лессовидные суглинки светло-коричневого цвета мощностью 3,5—5,2 м с включениями редко рассеянного обломочного материала и мелких пятен органики в основании. На верхнем участке склона коренного берега (скв. 108) они подстилаются мореной московского оледенения без четко выраженного перерыва в осадконакоплении. Ниже по склону (скв. 113, 109, 114, 115) несколько меняются условия залегания и свойства лессовидного суглинка. В основании его появляются пятна ожелезнения и оглеения. Характерны включения округлых карбонатных конкреций, армирование пор карбонатами. Между горизонтом лессовидных отложений и мореной московского оледенения появляется слой песка тонкозернистого однородного с прослоями красновато-бурой разуплотненной мореной

супеси с включениями крупнообломочного материала (слой 5). В скважине 115, расположенной в 25 метрах выше по склону от тылового шва III террасы, линзы моренного материала в слое песка еще сохраняются, а в обнажении (расч. 217а), подмываемом р. Сарой, они исчезают, встречаются отдельные включения хорошо окатанного мелкого гравия, представленного главным образом песчаниками, кварцем и известняком. Мощность слоя 0,5—0,65 м. В средней части склона (скв. 109, 114, 115) и в цоколе III террасы (расч. 217а, 214а, 214) эти пески перекрываются

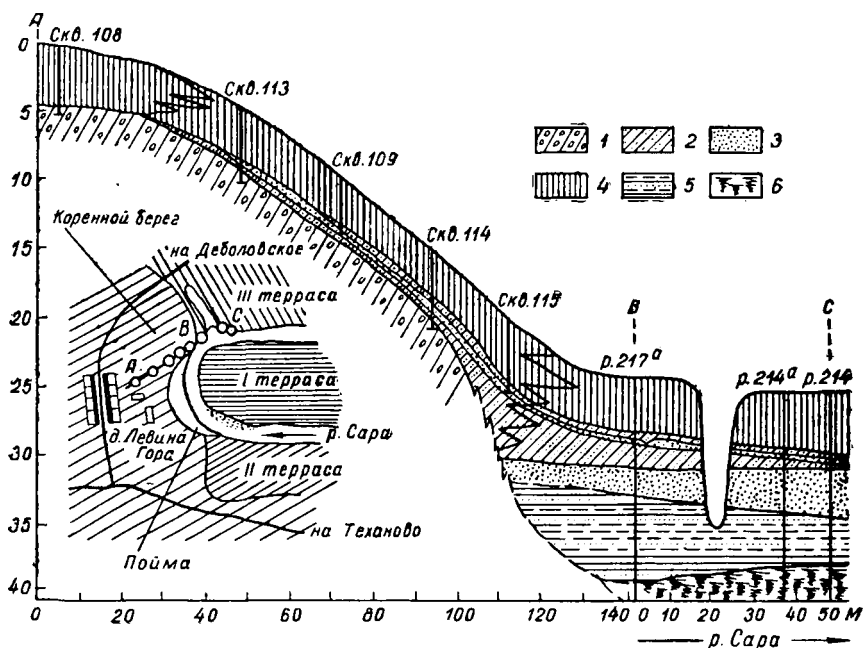


Рис. 1. Схема строения верхнеплейстоценовых отложений у д. Левина Гора.

Условные обозначения

1 — валунный суглинок (морена) московского оледенения; 2 — псевдоморена; 3 — песок разнозернистый, разноокрашенный; 4 — суглинок неслоистый лессовидный; 5 — горизонтальнослоистые пески, супеси, суглинки глины; 6 — микулинские гумусированные глины, торф.

ся маломощной толщей (0,3—0,5 м) мореноподобных отложений (слой 6), которые на склоне коренного берега представлены красновато-бурой моренной супесью с включениями гравия и гальки кристаллических и местных пород. В расч. 217а псевдоморена сложена суглинками серого цвета с обильными пятнами

ожелезнения по всему слою и особенно на контактах. Нередки криотурбации и клиновидные включения в нижележащую толщу песков. Включения крупнообломочного материала чрезвычайно редки. Ниже по течению р. Сары в расч. 214^а и 214 (подробное описание и зарисовку см.: Судакова, 1971; Чеботарева и Судакова, 1971) количество крупнообломочного материала в слое резко возрастает. По нашим данным и данным С. С. Карпухина (Агаджанян и др., 1972; Судакова и др., 1972), в псевдоморене преобладают наиболее устойчивые к выветриванию породы: кремнистые (32%), плагио- и микроклиновые граниты (22%) и песчаники (28%). Характерны высокая степень окатанности (40—58%), крутой наклон длинных осей валунов и хаотическое расположение их в пространстве. Подстилаются пески слоя 5 суглинками серого цвета мощностью до полутора метров, сильно ожелезненными с линзами и прослоями крупно- и среднезернистого песка, по контактам обильное ожелезнение. Встречаются отдельные включения крупнообломочного материала. Ниже по разрезу на микулинских торфяниках (слой 1) залегает сложнопостроенная толща озерных отложений мощностью до 8 метров (слои 2 и 3).

В разрезе у д. Левина Гора имеются мореноподобные отложения обоих типов. Это солифлюкционные отложения (частично преобразованные бассейновыми процессами) на склоне коренного берега (слои 4,5, 6) и преобразованные отложения бассейновой седиментации (эти же слои) вскрывающиеся в цоколе III террасы.

Литература

Агаджанян А. К., Глушенкова Н. И., Карпухин С. С., Парамонова Н. И., Соколова Н. С., Судакова Н. Г. Сопряженный палеогеографический анализ плейстоценовых отложений Ярославской области. В кн.: «Новейшая тектоника, новейшие отложения и человек». Вып. 3. М., 1972.

Судакова Н. Г. Особенности строения разрезов плейстоценовых отложений Ярославской области. «Вестник МГУ». 1971, № 5 (Сер. «География»).

Судакова Н. Г., Введенская А. И., Карпухин С. С., Кобзарь Е. А., Парамонова Н. Н. Особенности вещественного состава морфогенетических разновидностей морен. В сб.: «Региональные исследования ледниковых образований. Материалы IV Всесоюзного межведомственного совещания по изучению краевых образований материкового оледенения». Рига, 1972.

Чеботарева Н. С., Агаджанян А. К., Горлова Р. Н., Парамонова Н. Н., Соколова Н. С., Судакова Н. Г., Цукурова А. М. Окрестности Ростова-Ярославского. В сб.: «Путеводитель экскурсий Москва — Верхняя Волга». М., 1969.

Чеботарева Н. С., Судакова Н. Г. Межледниковые отложения окрестностей Ростова-Ярославского. «Изв. АН СССР», 1971, № 7 (Сер. «Геология»).

ДОСТОВЕРНОСТЬ РАЗЛИЧИЙ В ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ СУГЛИНКОВ ЯРОСЛАВСКОГО ПОВОЛЖЬЯ

Породы, которые благодаря своей структуре именуются валунными суглинками, с точки зрения их генезиса весьма неоднородны. Наибольшим распространением в ярославском Поволжье пользуются валунные суглинки ледникового происхождения — основные морены днепровского и московского возраста. Однако в строении речных и озерных террас принимают участие прослои и линзообразные тела валунных суглинков проблематичного перигляциально-аллювиального и озерного генезиса (Судакова, 1971).

Анализ неоднородности физико-механических свойств валунных суглинков по простиранию и мощности пласта является одной из основных задач инженерно-геологического изыскания. Нередко в одном разрезе можно встретить сочетание валунных суглинков различных генераций, и здесь возникает проблема учета их различий и разграничения. Анализ различий в литологических свойствах отложений важен не только в инженерно-геологических исследованиях, но также при стратиграфическом расчленении толщ и палеогеографических построениях. Задачу учета различий и разграничения объектов, успешно решаемую методами математической статистики, в литературе часто именуют по-разному: распознавание образов, статистическая классификация, идентификация, корреляция и т. д. — в зависимости от содержания (цели) разграничения. Так, для инженерно-геологических изысканий целью служит разграничение осадков по их физико-механическим свойствам, для стратиграфии важны разграничение разновозрастных толщ и корреляция (идентификация) одновозрастных горизонтов, для палеогеографии — классификация отложений по разным генетическим категориям.

В геологии и географии распространены различные варианты одномерной и многомерной статистической классификации, основанные как на свойствах зависимости, так и на предположении независимости признаков (Гольдин, 1971; Лурье, 1967; Родионов, 1968; Сонечкин, 1968; Шурыгин, 1972 и др.). Какими бы

способами не было осуществлено разграничение объектов, важно знать достоверность полученного вывода о сходстве или различии сравниваемых объектов. Оценка достоверности распознавания реально достижима в процедурах, использующих независимые показатели. В связи с этим при решении задачи оценки достоверности различий по комплексу свойств валунных суглинков ярославского Поволжья мы остановились на методе, предложенном А. Г. Лурье (1967), базирующемся на предположении независимости характеристик.

Разграничение отложений по отдельным показателям состава при наличии полной априорной информации сводится к следующему. Предположим, что N типов отложений охарактеризованы распределениями некоторой случайной величины ϵ с соответствующими параметрами (Θ_1 — математическое ожидание и Θ_j — стандартное отклонение). Одновременно сопоставляя распределения получим, что при абсолютном сходстве отложений распределения совпадут — равенство средних значений и отклонений, а в случае малейшего несходства — либо пересекутся в $\leq N-1$ точках (при равенстве отклонений), либо не пересекутся вовсе. Оценку достоверности разграничения по отдельным показателям (частную оценку достоверности) можно получить, если функцию достоверности определить как событие,

состоящее в том, что лежит в пределах X_1 и X_2 (где X_1 и X_2 — пороги распознавания).

$$R = P(X_1 \leq \epsilon \leq X_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{X_1}^{X_2} \Theta^{-1} \text{EXP} \left[-\frac{(X - \Theta)^2}{2\Theta^2} \right] dx \quad (1).$$

При практической реализации алгоритма вычислительных процедур необходимо предварительно произвести нормировку выборочных значений случайной величины ϵ . В целях расчета выборочных частных оценок достоверности разграничения (табл. 1) была использована ЭВМ.

Сущность используемой процедуры классификации по комплексу признаков заключается в том, что отнесение объекта к какому-либо классу производится при условии выполнения определенного количества признаков (не менее 3) из совокупности независимых показателей (не более шести). Указанные ограничения в количестве признаков введены из соображений: 1) получение набора свыше 6 независимых показателей литологического состава отложений — под силу лишь большой специализированной лаборатории; 2) событие, состоящее в выполнении менее трех признаков одновременно при разграничении отложений (т. е. какого-либо одного, или двух, или трех вместе) мало убедитель-

Оценки надежности (достоверности)
ярославского Поволжья по различиям

Литологи- ческие пока- затели отло- жений	Сопостав- ляемые типы отложений										
	10 мм—5 мм (%)	5—2 мм (%)	2—1,00 (%)	1,0—0,5 мм (%)	0,5—0,25 мм (%)	0,25—0,10 мм (%)	0,10—0,05 мм (%)	0,05—0,01 мм (%)	0,01—0,005 мм (%)	0,005—0,001 мм (%)	0,001 мм (%)
Морено- подобные отложения и москов- ская морена	0,576	0,753	0,813	0,577	0,440	0,320	0,339	0,404	0,283	0,274	0,304
Московская морена и днепров- ская морена	0,283	0,237	0,145	0,192	0,419	0,143	0,325	0,297	0,097	0,083	0,544

разграничения валуных суглинков
в их литологических свойствах

Коэффициент сортировки	Роговая обманка (%)	Эпидот (%)	Гранат (%)	Коэффициент гравитации	Коэффициент устойчивости	Плотность (г/см ³)	Угол падения обломков (0)	Ориентировка валунов (0)	Надежность однозначного разграничения отложений по комплексу генетических признаков	Надежность разграничения отложений по комплексу характеристических признаков
0,000	0,408	0,296	0,396	0,369	0,320	0,582	0,389	0,313	0,330	—
0,344	0,130	0,030	0,311	0,001	0,001	0,356	0,246	0,813	0,005	0,866

Таблица 1

но. По А. Г. Лурье (1967), достоверность однозначной классификации в случае двух типов отложений при равновероятных независимых показателях запишется в виде:

$$R = P(m \geq 3) [1 - P(m' \geq 3)] = \sum_{m=3}^n C_n^m R^m (1 - R)^{n-m} \times \\ \times \left[1 - \sum_{m'=3}^n C_n^{m'} R'^{m'} (1 - R')^{n-m'} \right], \quad (2)$$

где C_n^m — число сочетаний из n элементов по m .

На практике при расчете величины $P(m \geq 3)$ и $P(m' \geq 3)$ удобнее воспользоваться производящей функцией (Феллер, 1964)

$$\varphi_n(Z) = \prod_{i=1}^n [(1 - R_i) + R_i Z],$$

где Z — произвольный параметр.

Результаты расчета частных и структурных (по комплексу признаков) оценок достоверности однозначного разграничения морены московского возраста и мореноподобных озерно-речных осадков свидетельствуют о том, что, несмотря на имеющиеся различия, вывод об отнесении мореноподобных отложений к псевдоморене не является достоверным. С другой стороны, оценка достоверности литологического сходства не дает оснований утверждать о генетическом родстве морены и мореноподобных осадков.

Разграничение московской и днепровской морен по комплексу генетических признаков, к которым относятся и физико-механические свойства (табл. 1), осуществить невозможно, что свидетельствует о большом генетическом родстве основной фации морены, образовавшейся в различные ледниковые эпохи.

Говоря об оценках достоверности выводов, полученных на основе выборочных данных, следует отдавать себе отчет в том, что со временем запас количественной информации об объектах пополнится и величины оценок могут значительно измениться. Таким образом, достоверность выводов есть функция времени. В этом случае возникает полная аналогия между оценками (функциями) достоверности и оценками (функциями) надежности, анализом которых занимается специальная дисциплина теория надежности (Гнеденко и др., 1965, Горский, 1970, Шор, 1962 и др.).

Использование приведенных в табл. 1 и ряда других оценок надежности в модели палеогеографических реконструкций на сводном разрезе ярославского Поволжья (см. формулу 4) позволило заключить, что полученные в ходе научных исследований

1968 — 1973 гг. лабораторией новейших отложений МГУ палеогеографические и стратиграфические выводы можно принять в качестве научно обоснованных рекомендаций для дальнейшего использования в сфере практической деятельности.

$$R = \bigcap_{s=1}^t \left[\left(\bigcup_{E=1}^k \bigcap_{f=1}^l \bigcap_{j=1}^m \bigcup_{l=1}^n R_{l_p} \right) \cap \left(\bigcup_{l=1}^n R_{l_{st}} \right) \right], \quad (4)$$

где R_i — оценка надежности i -той реконструкции, i_p — палеогеографической, i_{st} — стратиграфической;
 i, j, f, l, s — индексы оценок реконструкций соответственно: по комплексу параллельных методов, по различным компонентам среды осадкообразования, по стадиям литогенеза, по стратиграфическому горизонту, по сводному разрезу в целом.

Итак, анализ надежности (достоверности) различий в литологических свойствах валунных суглинков ярославского Поволжья является важным звеном инженерно-геологических, стратиграфических и палеогеографических исследований. Методы и результаты изучения надежности реконструкций чрезвычайно перспективны и требуют своего дальнейшего развития.

Литература

Гнеденко Б. В., Беляев Ю. К., Соловьев А. Д. Математические методы в теории надежности. М., «Наука», 1965.

Гольдин С. В. Статистические методы идентификации отраженных волн при наличии полной априорной информации. В кн.: «Дискретная корреляция сейсмических волн». М., «Наука», 1971.

Горский Л. К. Статистические алгоритмы исследования надежности. М., «Наука», 1970.

Карпухин С. С. Оценка результатов комплексного палеогеографического исследования новейших отложений (на примере опорных разрезов ярославского Поволжья). Автореферат канд. дисс. М., 1973.

Лурье А. Г. Количественная оценка достоверности дискретной корреляции. «Геология и геофизика», 1967, № 5.

Родионов Д. А. Статистические методы разграничения геологических объектов по комплексу признаков. М., «Недра», 1968.

Сонечкин Д. М. Об объективной классификации метеорологических явлений и ситуаций с помощью ЭВМ. «Гидрология и метеорология», 1968, № 2.

Судакова Н. Г. Особенности строения разрезов плейстоценовых отложений Ярославской области. «Вестник МГУ», 1971, № 5 (Сер. «География»).

Шор Я. Б. Статистические методы анализа и контроля качества и надежности. М., «Советское радио», 1962.

Шурыгин А. М. Задачи статистической классификации в геологии. «Советская геология», 1972, № 4.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОРЕН

А. М. ШИССЕЛЬ, М. М. ЩЕРБАКОВА

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СУГЛИНКОВ МОСКОВСКОЙ МОРЕНЫ ЯРОСЛАВСКОГО ПОВОЛЖЬЯ

Практическое значение верхней (московской) морены, обусловлено едва ли не повсеместным развитием ее на территории региона.

Можно считать, что подземная часть большинства сооружений, возводимых и существующих в пределах ярославского Поволжья, покоится в отложениях именно этого моренного горизонта.

По этой причине и степень изученности московской морены намного выше степени изученности днепровского горизонта.

Некоторым препятствием к чистоте систематизации результатов изучения московского горизонта служит его местное литологическое сходство с мореной днепровского возраста. Это сходство в известной мере может повлиять на результаты исследований и, в частности, на результаты статистических обработок выборок. Обе морены надежно стратифицированы лишь в немногих пунктах, на остальной же территории их расчленение представляет собой известные трудности. Гарантией от существенных ошибок служит лишь уверенность в значительной (как правило, превышающей глубину отбора проб) мощности верхней морены и достаточной изученности участков, где эта мощность невелика.

Инженерно-геологические свойства морен на территории ярославского Поволжья изучались многими исследователями и организациями. К сожалению, существенные различия и недостатки в методике исследований, равно как и отсутствие информации об этой методике, лишают нас возможности использования большого количества результатов.

Из опубликованных материалов наиболее интересными нам представляются работы В. А. Новского (1939, 1959, 1961, 1964 и др.); А. А. Семенова и др. (1966); Е. А. Фетищевой и др. (1967); А. И. Введенской (1971); С. В. Холопова (1967, 1969); М. М. Максимова (1966); Г. К. Бондарика (1964); Н. Г. Судаковой (1972); С. С. Карпухина (1972) и др. Имеются также работы и авторов (1972).

Из неопубликованных работ интересны материалы бывшего проектно-технологического института Ярославского Совнархоза и Верхне-Волжского треста инженерно-строительных изысканий.

Последние служили основным источником информации, поскольку эксперименты выполнялись при участии авторов настоящей работы.

1. ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ

По гранулометрическому составу морены среднего плейстоцена ярославского Поволжья относятся в основном к суглинкам.

Изучение морен свидетельствует об относительном однообразии механического состава как днепровского, так и московского горизонтов. Это однообразие нарушается местными отклонениями, которые объясняются рядом факторов, в том числе геологическим строением территории, по которой двигался ледник, характером пород, подстилающих морену, рельефом и т. д.

Е. В. Рухина и В. Б. Соколова (1969), исследуя морены центральной части Вологодской области, отмечают: «Для морен характерна плохая сортировка, но гранулометрический состав их весьма постоянен как по простиранию, так и в разрезе... Большие отклонения наблюдаются в содержании тонкопесчаного материала и глинистых частиц; последние обычно не превышают 18%. В моренах, контактирующих с коренными породами, намечается зависимость механического состава от подстилающих пород».

Именно эти отклонения, вызванные влиянием подстилающих пород, дали основание Е. В. Рухиной и В. Б. Соколовой утверждать, что «...гранулометрический состав морен не может являться надежным стратиграфическим признаком» (таблица 1).

Иными словами, при относительном постоянстве гранулометрического состава возможны определенные провинциальные особенности, влияющие прежде всего на состав алевроитовой и глинистой фракций. Такая особенность, заключающаяся в повышенной глинистости днепровской и повышенном содержании гравийного материала московской морен свойственна и региону ярославского Поволжья (таблица 2), что отмечалось В. А. Нов-

Таблица 1

**Гранулометрический состав морен центральной части Вологодской области
(по Е. В. Рухиной и В. Б. Соколовой)**

Наименование горизонтов морен	% содержания фракций размером в мм										Число испытаний	
	> 5	5-3	3-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,01	0,01-0,001	0,01-0,005	0,005-0,001		< 0,001
Дунайский	0,5	0,3	1,4	1,8	6,15	12,75	37,3	10,3	—	19,75	20,75	4
Окский	3,9	1,1	3,1	2,5	6,5	12,4	31,8	—	10,7	9,2	18,3	18
Днепров- ский	0,7	0,4	1,4	1,2	5,1	12,8	31,5	—	13,1	13,9	21,3	53
Московский	3,1	1,2	2,9	1,6	5,0	11,9	36,3	—	14,1	10,2	18,9	92

ским (1945), Н. Н. Парамоновой (1972). С. С. Карпунин (1973) показал, что различия механического состава морен недостаточно существенны по абсолютной величине. Это дает нам основание предполагать, что особенности состава не оказывают значительного влияния на инженерно-геологические свойства морен и, следовательно, результаты изучения московского горизонта достаточно полно иллюстрируют инженерно-геологические особенности моренного комплекса в целом.

Изучение гранулометрического состава морен московского горизонта проводилось многими исследователями. Некоторые результаты этих исследований сведены в таблицу 3.

Из таблицы можно сделать вывод об удовлетворительной сходимости результатов, полученных разными исследователями.

При этом не может не обратить на себя внимание значительная изменчивость содержания глинистой и пылеватой фракций, что в общем соответствует приведенным выше положениям.

Наиболее надежными нам представляются результаты, полученные при участии авторов, по данным исследования представительной выработки образцов, взятых из отложений основной морены в районе г. Тутаева (таблица 4).

Интересно отметить, что и в данном исследовании наибольшая изменчивость свойственна глинистым, пылеватым, а также гравийной фракциям.

Анализируя приведенные результаты, можно отметить, что содержание глинистой фракции, определяющей характер механических свойств морен, практически достигает 17—20%. Содер-

Показатели гранулометрического состава для разновозрастных морен
разрезов Верхней Волги* (по Н. Н. Парамоновой)

Возраст морены	Средневе- щенный диаметр, мм	Содержание фракции 10-1 мм %	Содержание фракции 1-0,05 мм %	Содержание фракции 0,05-0,01 мм %	Содержание фракции <0,005 мм %
МОСКОВСКАЯ (разрезы по руч. Долгополка, по р. Рыкуша, у г. Рыбинска)	0,414	$\frac{10,43}{6-12 (64\%)}$	$\frac{36,67}{35-45 (38\%)}$	$\frac{19,01}{6-12 (по 25\%)}$ 12-18 24-30	$\frac{14,5}{6-12 (36\%)}$
ДНЕПРОВСКАЯ (разрезы по руч. Долгополка, по р. Сонохта, у г. Рыбинска)	0,499	$\frac{10,72}{6-12 (50\%)}$	$\frac{37,29}{35-45 (55\%)}$	$\frac{18,21}{12-18 (50\%)}$	$\frac{28,43}{24-30 (40\%)}$

* В числителе даны среднеарифметические значения по горизонту. В знаменателе даны модальные значения, в скобках — частота встречаемости.

Таблица 3

Гранулометрический состав московской морены

Источник информации	% содержания фракций размером в мм									
	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005
А. А. Семенов, А. М. Цукурова и др. 1966. Район г. Ростова	0,4	4,2	3,7	2,4	6,6	13,5	25,8	15,4	4,0	—
В. А. Новский, 1945 Район г. Рыбинска				52,0				41,0		7,0
В. А. Новский, 1971 Район г. Ярославля	—	—	—		39,26			42,30		19,44
По данным авторов 1970—1972 гг. г. Ярославль	4,3		6,5	9,0	15,4	18,6	21,3	7,1		17,8
С. С. Поляков, 1956 Московская обл.			54,90—63,62					25,25—35,45		8—11

Таблица 4

Гранулометрический состав суглинков московской морены в районе г. Тутаева

Статистические характеристики	Содержание фракций размером в мм							
	10-2	2-0,5	0,5-0,25	0,25-0,10	0,10-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005
Количество определений	85	80	82	81	81	80	80	87
Среднее арифметическое	4,605	5,694	6,892	18,977	17,647	22,259	9,345	13,503
Среднее квадратическое отклонение	1,545	0,676	1,139	3,188	4,620	4,328	2,869	4,040
Коэффициент вариации, в %	33	12	17	17	26	20	30	30

жание гравийной фракции редко превышает 10—11% и, следовательно, не оказывает существенного влияния на свойства суглинков.

2. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

По данным многолетних исследований, проведенных на территории региона Верхне-Волжским трестом инженерно-строительных изысканий, физические свойства моренных отложений характеризуются следующими показателями:

а) **удельный вес** моренных суглинков на всей территории региона изменяется в широких пределах от 2,58 до 2,78 г/см³, при этом какой-либо закономерности в распределении этих значений не наблюдается. Наиболее низкие значения, как и наиболее высокие, наблюдались в районе г. Ярославля. Средние значения, по нашим данным, изменяются в пределах от 2,69 до 2,74 г/см³. Наиболее частое среднее значение — 2,71 г/см³.

По данным Е. А. Фетищевой (1967), среднее значение удельного веса в районе г. Ярославля составляет 2,68 г/см³. По данным А. И. Введенской (1972), 2,68 — 2,70 г/см³.

б) **Объемный вес грунта и объемный вес скелета** при естественной влажности по своим средним значениям на отдельных участках варьируют незначительно (как правило, не более, чем на $\pm 0,1$ г/см³), что соответствует данным, приведенным А. А. Каганом и М. А. Солодухиным (1971) для региона Архангельской и Вологодской областей.

Максимальное среднее значение объемного веса, равное 2,23 г/см³, определено на участке г. Пошехонье-Володарска, минимальное — на участке г. Углича — 2,11 г/см³ (таблица 5). Размах единичных определений составлен значениями от 1,91 до 2,30 г/см³.

Средние значения объемного веса скелета изменяются в пределах от 1,81 г/см³ на участке г. Данилова до 1,96 г/см³ на участке г. Пошехонье-Володарска. Единичные значения имеются в широких пределах от 1,57 до 2,08 г/см³, причем те и другие значения наблюдались на участке г. Переславля-Залесского, т. е. в зоне развития краевых образований.

Как известно, морена представляет собой смесь мелкозема и крупных включений, присутствие которых создает определенные трудности в достоверном определении объемного веса.

Исследуя влияние включений на величину объемного веса, А. А. Каган и М. А. Солодухин (1971) пришли к выводу о допустимости применения обычных методов изучения песчано-глинистых

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОРЕННЫХ

№	Район исследований	Число определ.	Естествен. влажность W_e %	Влажность на гр. тек. W_T %	Влажность на гр. раск. W_P %
1	2	3	4	5	6
1	Пошехонье—Володарск	9	11,4—16,5 13,9	19,2—24,7 22,3	13,8—15,1 14,1
2	г. Любим	30	11,8—17,1 14,5	24—28,3 25,6	13—16 14,1
3	г. Данилов	77	12,5—18,7 15,5	21—30 25,40	12—16 14,1
4	г. Рыбинск—Веретье	25	11,6—15,8 13,8	19—30 21,2	12—15,2 13,4
5	г. Тутаев	111	11,9—22,2 14,8	20—30 23,5	11—18 14
6	г. Ярославль (северная часть)	103	11,4—18,2 14,7	19—29 23,3	11—15 13,0
7	г. Ярославль (южная часть)	61	11,8—24,1 15,0	20—35 24,4	11—19 13,7
8	г. Гаврилов-Ям	61	11,5—20,1 14,5	16—32 22,4	10—16 12,5
9	г. Углич	128	13,5—22,5 17,5	21—36 27,6	12—19 16,2
10	п. Петровск Ростовского района	41	10,5—21,9 14,6	18—30 21,2	12—19 13,6
11	Переславль-Залесский	60	9,8—25,1 13,2	14—49 21,8	8—20 12,5
12	г. Кострома	17	13,3—18,8 15,7	21—28 25,2	13—15 13,7
13	с. Красное на Волге Костромской обл.	5	12,9—14,5 13,8	21—24 22,4	11—14 12,6

Примечание: В числителе — размах значений, в знаменателе —

ОТЛОЖЕНИЙ ЯРОСЛАВСКОГО ПОВОЛЖЬЯ

Число пласт. W_P	Консистенция B	Удельный вес $\gamma_{уд}$ г/см ³	Объемный вес γ г/см ³	Объемный вес скелета $\gamma_{ск}$ г/см ³	Коэффициент пористости ε
7	8	9	10	11	12
6—10	(−0,20)−(+0,27)	2,70—2,71	2,18—2,28	1,87—2,03	0,32—0,45
8	−0,05	2,71	2,23	1,96	0,38
8—14	(−0,25)−(+0,24)	2,71—2,79	2,12—2,25	1,83—2,01	0,35—0,48
11,5	0,03	2,72	2,19	1,91	0,41
9—15	(−0,24)−(+0,41)	2,67—2,76	2,08—2,26	1,77—1,98	0,38—0,54
11,3	0,12	2,72	2,17	1,89	0,44
5—15	(−0,16)−(+0,36)	2,64—2,71	2,0—2,28	1,75—2,09	0,30—0,55
8,1	0,05	2,69	2,19	1,96	0,38
7—14	(−0,26)−(0,48)	2,65—2,75	2,02—2,28	1,67—2,02	0,36—0,62
9,8	0,10	2,71	2,20	1,93	0,42
7—17	(−0,11)−(+0,43)	2,65—2,76	2,05—2,26	1,79—2,01	0,35—0,51
10,3	0,16	2,72	2,18	1,91	0,42
7—17	(−0,21)−(+0,43)	2,58—2,78	2,01—2,26	1,66—2,01	0,35—0,62
10,7	0,12	2,72	2,18	1,89	0,44
4—18	(−0,12)−(+0,47)	2,69—2,74	2,15—2,25	1,75—2,03	0,33—0,57
9,8	0,19	2,71	2,21	1,93	0,38
4—19	(−0,26)−(+0,42)	2,70—2,76	1,91—2,23	1,61—1,99	0,36—0,64
11,4	0,10	2,74	2,14	1,82	0,49
5—15	(−0,24)−(+0,47)	2,70—2,72	2,04—2,30	1,71—2,07	0,33—0,56
9,3	0,08	2,71	2,18	1,86	0,43
3—29	(−0,24)−(+0,73)	2,70—2,74	1,97—2,29	1,57—2,08	0,30—0,74
8,9	0,08	2,71	2,12	1,90	0,41
9—14	(−0,07)−(+0,36)	2,68—2,74	2,04—2,20	1,74—1,94	0,40—0,51
11,6	0,17	2,71	2,15	1,86	0,46
8—12	(−0,04)−(+0,30)	2,70—2,72	2,17—2,23	1,90—1,97	0,37—0,43
9,8	0,11	2,71	2,21	1,94	0,40

среднее значение.

пород к исследованию морены в случае, если содержание включений не превышает 10%.

Приведенные выше результаты гранулометрического анализа морен свидетельствуют о том, что содержание фракции более 1 мм, по данным различных исследований, изменяется в широких пределах, не превышая в среднем 10 — 11%, что дало нам возможность не вводить какие-либо коррективы в данные определения объемных весов.

Средние значения показателей пористости изменяются в узких пределах. Так, средние значения пористости на отдельных участках колеблются от 28 до 33%, а средние значения коэффициентов пористости не выходят, как правило, за пределы одного классификационного интервала по «Строительным нормам и правилам» (СНиП II-Б. 1-62), т. е. изменяются в пределах 0,40 — 0,50. При этом размах единичных определений достигает значительной величины.

Например, в зоне развития краевых образований (г. Переславль-Залесский) значения коэффициентов пористости колеблются в пределах 0,30—0,74.

Высокая степень водонасыщения морены (91 — 93% образцов моренных грунтов оказались водонасыщенными, имеющими $G > 0,9$) позволяет установить весьма тесную связь между влажностью и коэффициентом пористости.

Естественная влажность моренных суглинков изменяется в широких пределах, что определяется степенью дисперсности, условиями залегания морен, гидрогеологическими условиями.

Достаточно большое количество водовмещающих песчаных линз и прослоев, содержащихся в толщах морены, создает благоприятные условия для практически полного водонасыщения морены водой. Как уже указывалось, около 93% всех образцов показали степень влажности выше 0,9. Лишь в непосредственной близости от бровки высокой террасы р. Волги, степень влажности суглинков снижается до 0,8, при этом песчаные прослои здесь практически не обводнены.

Значение естественной влажности изменяется от 9,8 до 25,1%, при этом наибольший размах наблюдается в районе г. Переславля-Залесского. Здесь же определено наиболее низкое среднее значение влажности — 13,2%, в то время как средние значения на участках (таблица 5) в большинстве случаев колеблются в пределах 14 — 15%, достигая в районе г. Углича величины 17,5%.

Консистенция суглинков изменяется от твердой до текучепластичной, но преобладает полутвердая, причем средний показатель консистенции варьирует от — 0,05 до + 0,19.

Многочисленные полевые наблюдения показывают, что кон-

систенция морен, определяемая в поле как тугопластичная или текучепластичная, довольно часто по лабораторным определениям соответствует твердой или полутвердой, т. е. поведение грунта в массиве не соответствует показателям консистенции, определенным по влажности и пределам пластичности. При этом показатели консистенции чаще всего не отражают действительного состояния массива морены. Этот факт подтверждается и сравнительно низким сопротивлением статической пенетрации (Холопов, Шисель, 1969).

Очевидно, что, благодаря несовершенству формулы определения B , при существующей точности определения пределов пластичности (2%), влажности (0,1%) и характерных для морен низких значениях этих показателей, неизбежны резкие колебания B даже при погрешностях, не превышающих допустимые пределы.

Кроме того, очевидно, что природа этого явления связана с разновидностью вещественного состава морены.

Нет никакого сомнения в том, что при средней влажности 10—15% частицы различных фракций ведут себя неодинаково. Это тем более очевидно, что в морене наряду с частицами, превышающими по размерам 1—2 мм присутствуют и компоненты глинистой фракции. Для определения поведения каждой фракции при свободном увлажнении было выполнено следующее экспериментальное исследование.

Образец морены был расчленен на фракции от фр. < 0,005 мм до фр. (2—0,5) мм. Грубые частицы более 2,0 мм были удалены.

Из каждой фракции готовились искусственные образцы (пасты) и подвергались замачиванию без нагрузки и под нагрузкой в 2 кг/см^2 , что соответствует среднему природному давлению изучаемой зоны морен.

Результаты опыта приведены в таблице 6.

Из таблицы видно, что большая часть всей влаги адсорбируется глинистой фракцией, и ее влажность может в несколько раз превышать влажность по морене в целом. Следовательно, и характеристики глинистой фракции существенно отличны от характеристик морены в среднем. Так, в нашем примере для глинистой фракции определены

$$W_T = 61; \quad W_p = 26; \quad W_n = 35.$$

При средней влажности около 90%, показатель консистенции $B = 1,8$.

Учитывая, как нам кажется, обоснованные выводы Э. Р. Черняка (1970) о том, что в морене твердые частицы взаимодействуют через глинистые пленки, нетрудно объяснить природу под-

Результаты замачивания образцов (паст), приготовленных из различных фракций моренных отложений

Размер зерен фракций в мм	Влажность после замачивания % без нагрузки			Набухание при замачивании %	Усадка при замачивании %	Влажность после замачивания под нагрузкой 2 кг/см ² , %	
	от	до	среднее			максимальная	средняя (медиана)
<0,005	77,9	102,0	89,9	14	—	40,7	33,5
0,01—0,005	37,5	39,2	38,4	—	—	—	—
0,10—0,01	—	—	26,1	—	4,2	21,8	11,5
0,25—0,10	25,5	27,0	26,2	—	0,5	17,5	6,5
0,5—0,25	24,2	25,5	24,8	—	0,7	21,7	6,5
2,0—0,5	21,4	22,6	22,0	—	0,3	16,8	6,5

вижности массива морены, даже при низких показателях консистенции грунта в среднем.

Набухание и размокание морен находятся в прямой связи с описанными явлениями. По нашим данным, набухание морен изменяется в пределах 1—3%, реже достигая 5%. В то же время набухание глинистой фракции в морене (таблица 6) достигает 14%.

Песчано-пылеватые фракции, наоборот, проявляют тенденцию к усадке.

Два противоположно направленных процесса сопровождают рост влажности на первой стадии увлажнения.

С одной стороны — стремление к самоуплотнению песчаных фракций, с другой — набухание глинистых частиц. Набухая, глинистые частицы формируют структуры, заполняющие поровое пространство, и создают дополнительные связи за счет, как указывали Н. Я. Денисов и П. А. Ребиндер, «клеящего (связывающего) действия...» (1946).

Очевидно, что формирование этих дополнительных прочностных связей имеет сложную многофакторную природу, чему посвящены глубокие работы Н. Я. Денисова, И. М. Горьковой, П. А. Ребиндера.

В результате формирования дополнительных прочностных связей в определенном интервале влажности морена упрочняется.

Связывающее действие быстро набухающей глинистой фракции проявляется лишь до тех пор, пока имеется свободное поровое пространство. Когда же оно оказывается заполненным (что

соответствует коэффициенту водонасыщения, близкому к единице), проявляется обратное, расклинивающее действие коллоидных пленок, что вызывает увеличение расстояния между более крупными частицами и быстрое снижение удельных значений первичного сцепления (Шиссель, 1972).

Расклинивающее действие коллоидных пленок приводит к иммобилизации дополнительных адсорбционных способностей частиц, освобождению доступа влаги к глинистым частицам, ранее недоступным из-за пузырьков защемленного газа. Происходит быстрое падение прочности, морена самопроизвольно разрушается. Именно это явление наблюдается в открытых котлованах.

Однако сила набухания глинистых отложений московской морены мала, что определяется преобладанием в ее минеральном составе гидрослюд, каолинита и палыгорскита (Болиховский, 1971).

Поэтому даже небольшое ограничение (например, нагружение) свободного, хотя и малого по величине, набухания ведет к сохранению природной структуры морены.

Большой знаток морен района В. А. Новский следующим образом описывал процесс размокания морен в котлованах: «Куски породы, отделенные трещинами, находятся, как правило, в твердом состоянии. Природная влажность породы (моренных суглинков) обычно не превышает 14—16% (она близка к влажности на пределе раскатывания). Переувлажнению и размоканию кусочков породы от соприкосновения со свободной водой препятствует пригрузка от вышележащих напластований. По-видимому, пригрузка 0,4—0,6 кг/см² достаточна для сохранения природной структуры грунта. Достаточно снять пригрузку (например, открытием котлована), как тотчас пылевато-глинистый моренный грунт, находящийся в присутствии свободной воды, начинает терять природную структуру, превращаясь, до известной глубины в текучепластичную массу» (1961).

В лабораторных условиях образцы морен, по нашим опытам, размокают за 3—4 суток, некоторые из них — за несколько часов. Такие же сведения приводят А. А. Каган и М. А. Солодухин (1971).

Пределы пластичности, как правило, имеют довольно низкие значения, что определяется спецификой вещественного состава морены, низким содержанием глинистых частиц.

Как отмечают А. А. Каган и М. А. Солодухин (1971), «пределы пластичности моренных отложений в общем соответствуют их гранулометрическому составу».

Из таблицы 5 видно, что значения влажности на пределе текучести изменяются в пределах от 14 до 49%, причем этот размах

Физические свойства основной московской морены ярославского Поволжья
(по данным различных исследований)

Район исследований	Вес породы			Коэффициент пористости	Естественная влажность	Пределы пластичности			Источник информации
	удельный	объемный	скелета			верхний	нижний	число	
Ярославское Поволжье	2,68—2,74	—	1,86—2,10	0,28—0,49	10—25	18,5—30	13,5—16	5—18	В. А. Новский 1964
Рыбинский гидроузел	2,67—2,73 2,69	—	1,89—2,0 1,95	0,38	11—16 15	22—30 27	15—19 16	—	Н. Н. Иванов 1936
г. Ярославль	2,68	—	1,68—1,94	—	—	21—34	12—18	9—17	Е. А. Фатишева и др. 1967
г. Ростов	2,70	2,04—2,25	1,59—2,12	—	11—19,5	—	—	7—14	А. А. Семенов и др. 1968
дер. Черменино	2,68	—	1,82	0,47	12,3	25	15	10	А. И. Введенская 1971
г. Тулаев	2,70	—	1,84—1,96	0,46	—	18	14	4	А. И. Введенская 1971

характерен для участка г. Переславля-Залесского, в большинстве же случаев эти значения варьируют в пределах 20—30%, а средние — в пределах 21—25%, повышаясь в районе г. Углича до 27,5—29,6%.

Влажность на пределе раскатывания изменяется, в основном, в пределах 11—19%, а по средним значениям — в пределах 12,5—16%. Лишь на участке г. Переславля-Залесского, т. е. в зоне развития краевых образований, наблюдается повышенный размах значений (8—20%).

Значения чисел пластичности изменяются, как правило, от 5 до 17, т. е. моренные отложения представлены в основном суглинками и тяжелыми супесями. Однако в районе г. Переславля-Залесского размах значений, составляет 3—29%. Средние значения чисел пластичности изменяются от 8 до 11,5%. Интересно отметить, что по средним из наиболее представительных выборок наблюдается медленное снижение значений числа пластичности по направлению с севера на юг. Так, если в г. Данилове, Любиме среднее число пластичности определено равным 11,5; в г. Тутаеве, Ярославле 9,8—10,3; в Гаврилов-Яме — 9,8; Петровске — 9,3, то в Переславле-Залесском уже 8,9.

Результаты изучения московской морены различными исследователями (таблица 7), при всей трудности их сопоставления с ранее приведенными (таблица 5), в целом свидетельствуют об удовлетворительной сходимости полученных значений.

Кроме того, по данным обеих таблиц очевидно, что относительная устойчивость средних значений показателей сопровождается довольно широким диапазоном изменения частных значений физических свойств. Последнее обстоятельство предопределяет целесообразность отыскания взаимных корреляционных зависимостей различных инженерно-геологических характеристик.

3. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Оценивая результаты исследования физических свойств морен, их высокую плотность, низкую влажность, наличие включений, следовало бы ожидать выявления и высоких значений параметров механических свойств. Однако, такого соответствия не наблюдается.

Очевидно, это явление — одна из особенностей моренных отложений, свойственная прежде всего отложениям московского горизонта, что наглядно иллюстрируется приведенной характеристикой механических свойств грунтов.

Сопротивление сдвигу. Основной мерой прочности суглинков

московской морены служили результаты опытов плоскостного среза, проведенных в приборах Гидропроекта с площадью кольца 40 кв. см по методике, предусмотренной ГОСТ 12248—66 и в меньшей степени — по методике ускоренного сдвига.

В полевых условиях испытания выполнялись установками конструкции, предложенной В. Б. Швецом и П. П. Казаковым (1963), главным образом, методом ускоренного сдвига кольца в заданной плоскости с приложением вертикальной нагрузки.

Результаты испытаний по методике ГОСТ 12248—66 приведены в таблице 8.

Таблица 8

Параметры сдвига, выполненного по методике
ГОСТ—12248—66

Район исследований	число опре- делений	Параметры сдвига	
		сцепление C кг/см ²	угол внутр. тре- ния φ в град.
г. Ярославль — северная часть — основная морена	139	0,27	23
г. Ярославль — южная часть — конечная морена	134	0,30	22
г. Тутаев — основная морена	59	0,23	23
г. Данилов — конечная морена	18	0,28	22
г. Углич — основная морена	8	0,30	22
п. Семибратово — основ- ная морена	3	0,32	23
г. Ростов — основная морена	2	0,21	21
г. Кострома — основная морена	3	0,31	21

Как видно из таблицы, при относительном постоянстве значений угла внутреннего трения сцепление изменяется в достаточно широких пределах. При этом, если судить по наиболее представительным выборкам, районам развития конечных морен соответствуют несколько повышенные значения сцепления.

Такое же различие наблюдается и по данным таблицы 9, в ко-

торой приводятся результаты испытаний методом ускоренного сдвига и сдвига в шурфах.

Сравнение имеющихся в нашем распоряжении результатов полевых испытаний с результатами, полученными иными методами (табл. 10), приводит нас к выводу, что величина сцепления в меньшей степени зависит от метода испытаний, чем величина угла внутреннего трения.

Таблица 9
Параметры сдвига, выполненного по методике ускоренных испытаний

Район исследований	Число определений	Параметры сдвига	
		сцепление C кг/см	угол внутреннего трения φ в град.
г. Ярославль — северная часть — основная морена	23	0,24	15
г. Ярославль — южная часть — конечная морена	24	0,40	17
г. Тутаев — основная морена	3	0,29	16
пос. Константиновский — основная морена	9	0,31	12
ст. Лом (Рыбинский район) — основная морена	4	0,29	25
г. Ростов — основная морена	6	0,16	15

Очевидно, что на величину угла внутреннего трения оказывает влияние предварительное уплотнение (таблица 11).

Результаты испытаний по методике ускоренного и медленного сдвига анализировались отдельно. При этом в качестве наиболее достоверных параметров ускоренного сдвига использовались результаты испытаний в шурфах.

По данным этих опытов, влияние объемного веса скелета на параметры прочности иллюстрируется рисунком 1.

Рост плотности морены, как видно из этого рисунка, приводит к существенному росту сцепления и весьма слабому изменению сил трения.

Изменение влажности в морене влечет за собой противоположно направленное четко выраженное изменение удельного

Сравнение параметров сдвига, полученных различными методами

Район исследований	Параметры сдвига по данным испытаний								
	в шурфах*			в лабораторных условиях					
	число опред.	С кг/см ²	φ град	ускоренным методом			по ГОСТ 12248—66		
				число опред.	С кг/см ²	φ град.	число опред.	С кг/см ²	φ град.
г. Ярославль—северная часть	21	0,30	20	23	0,24	15	139	0,27	23
г. Ярославль—южная часть	8	0,34	18	24	0,40	17	134	0,30	22
г. Тутаев	4	0,32*	31	8	0,29	16	59	0,23	23
Среднее значение	—	0,31	21	—	0,32	16	—	0,28	23

* Испытания проводились с предварительным 30-минутным уплотнением.

сцепления и гораздо менее выраженное изменение сил внутреннего трения (рис. 2).

Анализ результатов медленного (по ГОСТ 12248—66) сдвига также показал довольно слабое, хотя и четко выраженное, влияние изменений объемного веса скелета на величину удельного сцепления (рис. 3). Менее четко проявляется связь сцепления и влажности (рис. 4). Связь изменения угла внутреннего трения с изменением плотности и влажности практически не проявляется.

Таблица 11

Зависимость параметров сдвига в шурфах от режима опыта

Режим опыта	Параметры испытаний		
	число определений	сцепление С кг/см ²	угол внутреннего трения φ град.
Без уплотнения в заданной плоскости	29	0,31	19
С уплотнением в заданной плоскости	4	0,32	31

Слабый темп изменения прочностных характеристик с изменением влажности объясняется влиянием ряда других факторов. Нами было показано, что условное исключение этого влияния способно совершенно изменить картину взаимосвязи характеристик (Шисель, 1972). Это положение справедливо как для полевых, так и для лабораторных испытаний прочности грунтов.

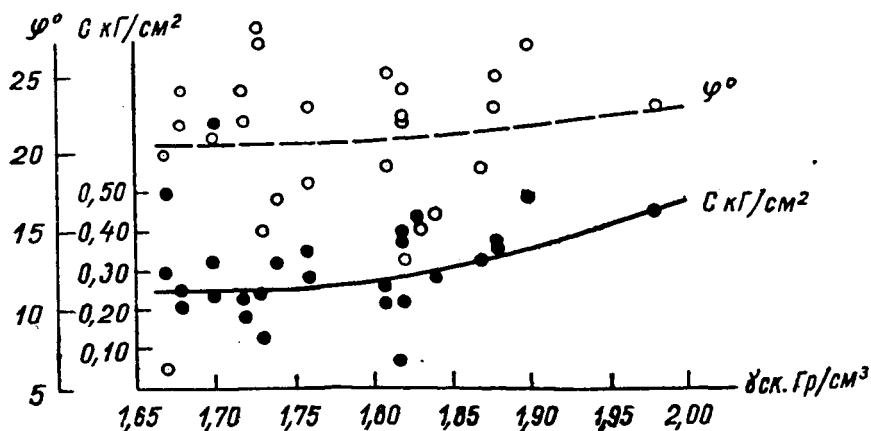


Рис. 1. Зависимость параметров сдвига в шурфах от объемного веса скелета.

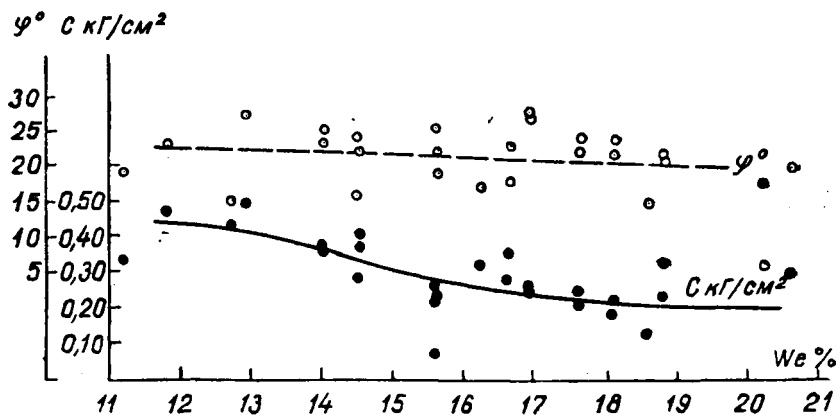


Рис. 2. Зависимость параметров сдвига в шурфах от естественной влажности.

В качестве примера изучались выборки грунтовых проб, подвергавшихся лабораторным испытаниям на сдвиг по методике, предусмотренной ГОСТ 12248—66. Значения коэффициентов пористости проб изменялись в сравнительно узких пределах (до 0,1), значения влажности на пределе раскатывания изменялись в пределах до 1,5%, что обеспечивало неизменность литологического состава. Обработка выборок заключалась в подборе

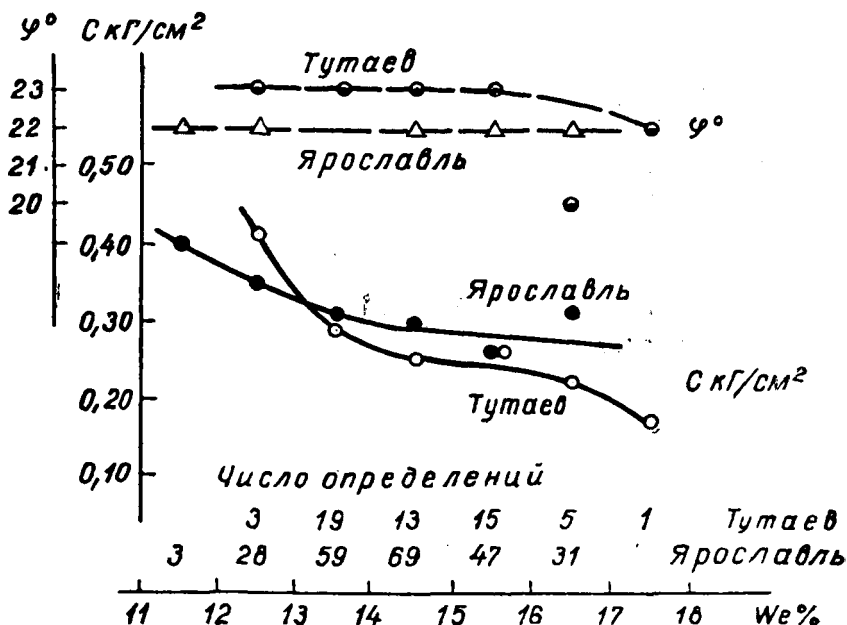


Рис. 3. Зависимость параметров сдвига от объемного веса скелета по результатам лабораторных испытаний.

значений сопротивления грунтов τ , соответствующих им значений вертикальных давлений P и влажностей при сдвиге W_e .

По специальной программе на ЭВМ «Минск-22» рассчитывалась зависимость $\tau = f(W_e, P)$.

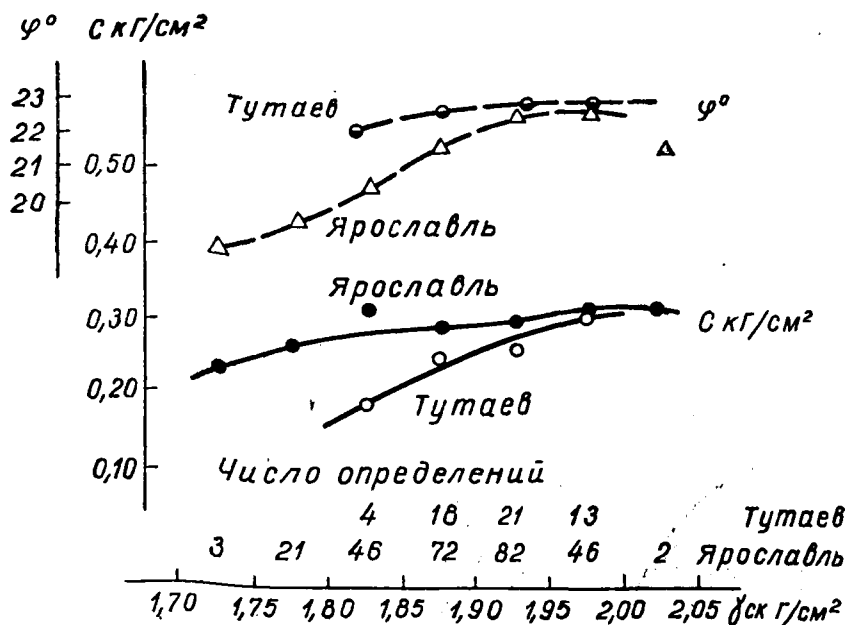
Часть результатов обработки в виде избранных графиков приведена на рисунке 5.

По приведенным графикам видно, что в определенном интервале влажности моренные грунты не только не ухудшают своих прочностных свойств, но даже несколько улучшают их. Для сравнения изучались выборки других генетических разновидностей грунтов.

Совершенно очевидна параболическая зависимость τ от W_e , описываемая уравнением

$$\tau = aW_e^2 + bW_e + C. \quad (1)$$

В упоминавшейся работе (Шиссель, 1972) было показано, что коэффициент «a» при квадрате влажности, учитывающий кривизну параболы с ростом ϵ и W_p , т. е. с переходом от моренных



Ри. 4. Зависимость параметров сдвига от естественной влажности по результатам лабораторных испытаний.

к субаквальным отложениям, уменьшается от 0,052—0,028 до 0,004—0,002, т. е. стремится к нулю.

Следовательно, уравнение (1) стремится к уравнению прямой линии. Иными словами, график зависимости $\tau = f(W_e)$ в грунтах субаквального происхождения, приближается по форме к монотонно падающей кривой, что отвечает представлениям, установленным благодаря работам Н. Н. Маслова (1968) и В. Д. Казарновского (1962).

Природа этого явления, очевидно, определяется вещественным составом морены, представляющей собой смесь частиц различных фракций, главным образом, песчаных и — в значительно меньшей степени — глинистых.

Считая это явление следствием специфики литологического состава морен и влияния своеобразного поведения каждой из фракций, составляющих морену, мы сочли необходимым исследовать это своеобразие прочностного поведения*.

* Опыты проводились М. П. Красильниковой

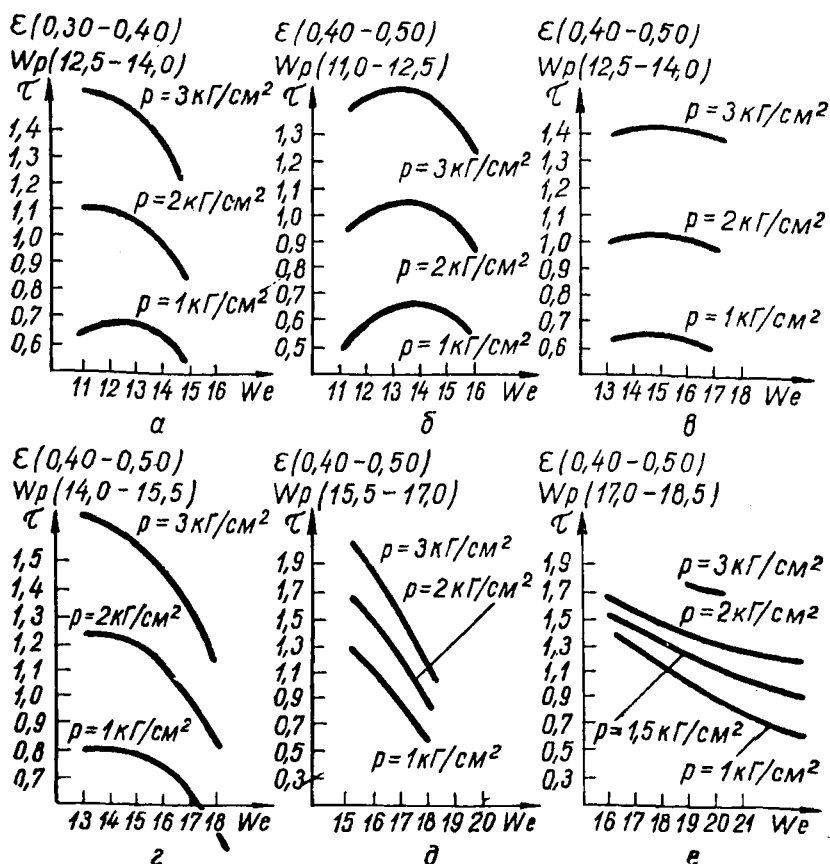


Рис. 5. Графики зависимости показателя прочности τ от естественной влажности при различных вертикальных давлениях:

а, б, в — суглинки московской морены;
 г, д — то же днепровской морены;
 е — мореноподобные отложения.

Для этого образец типичной морены был расчленен на фракции от фр. $<0,005$ до фр. $2-0,5 \text{ мм}$. Из каждой фракции были приготовлены 12—15 образцов паст при различной влажности. Все образцы загружались в прибор предварительного уплотнения и уплотнялись под удельной нагрузкой 2 кг/см^2 , что в среднем соответствует природному давлению исследуемой зоны морен.

Затем в сдвиговом приборе Гидропроекта образцы сдвига-

лись методом ускоренного сдвига. Необходимая краткость изложения не позволяет детально остановиться на методике опыта. Его результаты наглядно представлены на рисунке 6.

Из рисунка видно, что предположение о своеобразии поведения каждой фракции подтвердилось. Очевидно, что влияние глинистой фракции отличается особенностью и интенсивностью. Видна также определенная общность в поведении песчано-алевритовых фракций. Благодаря их совместному влиянию при определенной «оптимальной» влажности наблюдается наиболее высокое значение прочности морен.

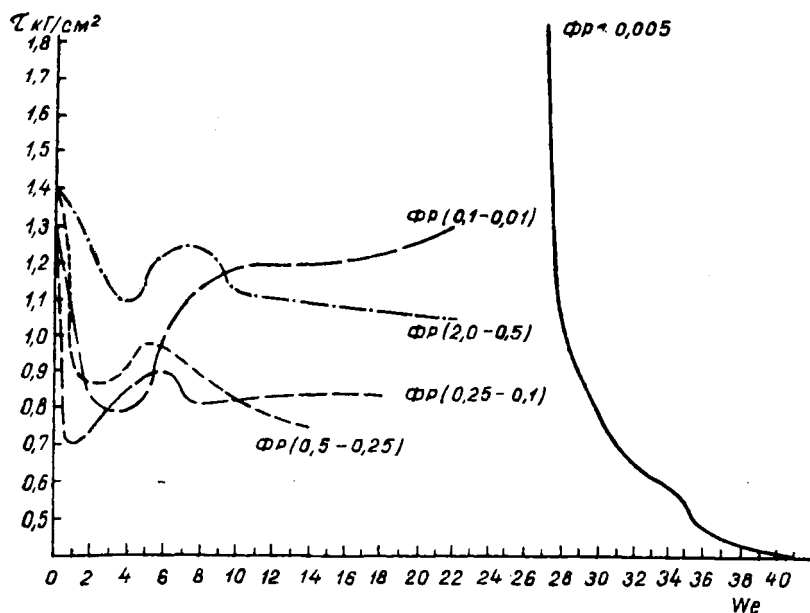


Рис. 6. Изменение прочности отдельных фракций моренных отложений с изменением их влажности.

Резкое различие поведения глинистых и песчаных фракций при увлажнении подсказывает вывод, что изменение прочности морен с изменением влажности зависит от соотношения содержания этих фракций.

Природа этого явления, обязанного своим существованием роли не только песчано-пылеватых, но и глинистой фракции, ее клеящему, а затем и расклинивающему эффекту, описывалась нами в разделе «Физические свойства».

Для подтверждения высказанных предположений в таблице 12 приведены параметры сдвига в зависимости от влажности, рассчитанные по выборкам результатов испытаний нескольких серий образцов, отобранных в районе г. Ярославля и Тутаева.

Используя данные указанной таблицы, нетрудно элементарным расчетом проверить высказанное выше предположение о причинах параболической связи прочности и влажности. Если наше предположение справедливо, то очевидно расклинивающее действие гидратных оболочек должно проявиться после достижения полного водонасыщения пор водой. Следовательно, точки перегиба параболы прочности должны соответствовать влажности, обеспечивающей в данной выборке степень водонасыщения, равную единице.

Таблица 12

Зависимость параметров сдвига различных типов грунтов от влажности при сдвиге (данные лабораторных испытаний) по ГОСТ 12248—66

Моренные суглинки						Покровные отложения			Аллювиальные отложения		
Wp (11—12,5); ε (0,30—0,40)			Wp (14,0—15,5); ε (0,40—0,50)			Wp (17,0—18,5); ε (0,50—0,60)			Wp (14,0—15,5); ε (0,60—0,70)		
W _e %	C кг/см ²	φ град.	W _e %	C кг/см ²	φ град.	W _e %	C кг/см	φ град.	W _e %	C кг/см ²	φ град.
11	0,15	25	13	0,31	24	17	0,61	14	19	0,33	18
12	0,23	23	14	0,36	22	18	0,51	15	23,3	0,20	18
13	0,26	22	15	0,38	21	19	0,41	17	24,5	0,20	16
14	0,25	21	16	0,35	20	20	0,32	19	25,0	0,14	22
15	0,18	19	17	0,28	18	21	0,23	20	25,5	0,25	16
			18	0,16	17	22	0,14	22			

Примечание: Рост величин угла внутреннего трения в покровных отложениях представляется нам случайным явлением. В более высокопористых структурных грунтах это явление не редкость.

Для первой группы моренных суглинков, имеющих среднее значение коэффициента пористости 0,35 (таблица 12) влажность рассчитана по формуле $W_e = \frac{\epsilon}{\gamma_y}$,

где W_e — влажность, при полном водонасыщении;

ε — коэффициент пористости, равный 0,35;

γ_y — удельный вес, равный 2,72,

получено $W_e=13$, что соответствует максимальному значению сцепления в этой группе, равному 0,26.

Аналогично, для второй группы значение $W_e=16$. (Вполне возможны определенные отклонения, вызванные приближенностью расчета.)

Из этой же таблицы видно, что изменения показателей внутреннего трения не всегда подчиняются установленным закономерностям.

Ранее была показана слабая связь изменения углов внутреннего трения с изменением физических свойств морен. Это дает нам основание, учитывая выдвинутое Н. Я. Денисовым положение о том, что «...прочность глинистых пород не обусловлена влиянием трения» (1957), считать незакономерное изменение параметров трения при характеристике связи прочности морен и их влажности случайным явлением.

Изменение показателей прочности при условно исключенном влиянии различных факторов приведено на рисунке 7. В качестве показателя прочности использовано сдвигающее усилие τ при вертикальном давлении $P=1 \text{ кг/см}^2$.

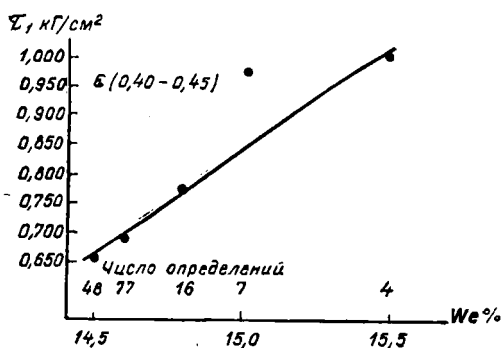


Рис. 7. Изменение показателя прочности τ_1 (при $P=1 \text{ кг/см}^2$) в зависимости от изменения влажности W_e при неизменной пористости.

Выборки подобраны при условии практической неизменности коэффициента пористости $\epsilon = \text{const}$ и свободном изменении прочих факторов.

Как видно из рисунка, в этом случае рост влажности не только не вызывает падение прочности грунтов, но более того, ведет к его быстрому повышению. Таким образом, напрашивается вывод о крайней необходимости при определении взаимозависимости свойств моренных глинистых грунтов проводить достаточно глу-

бокий корреляционный анализ с исключением попеременно влияющих тех или иных факторов.

Однако это положение не исключает необходимости исследования парной корреляционной связи, показывающей преимущественное влияние того или иного фактора.

Сжимаемость морен. Исследование деформативных свойств морен проводилось в лабораторных условиях с помощью компрессионных приборов Гидропроекта с площадью кольца 60 кв. см и в полевых условиях штампами площадью 5000 кв. см — в шурфах и 600 кв. см — в скважинах.

Результаты испытаний грунтов штампами площадью 5000 кв. см, в соответствии со сложившимися представлениями, приняты в качестве наиболее достоверной оценки параметров сжимаемости.

Для определения модуля сжимаемости моренных отложений после отбраковки использовано немногим более 40 испытаний штампами площадью 5000 кв. см и столько же — площадью 600 кв. см.

Данные этих определений приведены в таблице 13.

Значения модулей деформации определялись в интервалах давлений, органиченных величинами бытовой нагрузки и преде-

Таблица 13

Сжимаемость грунтов по данным полевых испытаний

Район исследований	Модуль деформации при площади штампа			
	5000 кв. см		600 кв. см	
	Е кг/см ²	число определений	Е кг/см ²	число определений
Ярославль—северная часть—основная морена	80—490	19	100—290	20
	225		190	
Ярославль — южная часть—конечная морена	90—530	19	70—410	21
	250		185	
Рыбинск — основная морена	100—270	5	150—230	2
	190		185	

Примечание: В числителе—размах значений, в знаменателе—среднее значение.

лов пропорциональности. Практически этот интервал, в основном, заключен в пределах давлений — $0,5—1,5 \text{ кг/см}^2$. Подобным же образом определен и модуль деформации по результатам испытаний грунтов штампами в скважинах.

Из таблицы 13 видно, что испытания малыми штампами дают несколько отличные значения модулей деформации. Видно также, что отложения конечной морены, обогащенные глинами мезозоя, отличаются несколько более высокими деформативными характеристиками.

Параметры сжимаемости, по данным компрессионных испытаний, приведены в таблице 14.

Нельзя не видеть отсутствие сколько-нибудь выраженной закономерности в распределении показателей сжимаемости. Кроме того, налицо очевидное несоответствие величин модулей деформации, полученных в компрессионных приборах и в полевых условиях.

По приведенным данным, отмечается большой разброс полученных результатов, усиленный свойственной морене неоднородностью.

Сопоставление приведенных значений с данными других исследователей в значительной степени осложнено из-за несопоставимости методики расчета или ее недостаточной освещенности в публикациях.

Так, Д. К. Прокофьев и Т. А. Кудинова (1969) приводят следующие значения модулей деформации московской морены: при испытании штампом площадью 5000 кв. см — $160—180 \text{ кг/см}^2$, по компрессионным испытаниям — $40—59 \text{ кг/см}^2$. Последние значения явно занижены из-за неудачно выбранного интервала нагрузок для расчета от 0 до $2,0 \text{ кг/см}^2$.

По данным А. А. Кагана и М. А. Солодухина (1971), испытания сжимаемости морен штампом площадью 600 кв. см в районе г. Вологды дали значения модуля деформации, изменяющиеся в пределах $150—270 \text{ кг/см}^2$, а в среднем в интервале нагрузок $2—4 \text{ кг/см}^2$ модуль деформации равен 150 кг/см^2 . Пересчет приведенных нами результатов в этом же интервале нагрузок дает удовлетворительную сходимость с данными упомянутых авторов.

Небезынтересно отметить, что оценивая степень разброса значений модуля сжимаемости морен районов Гомеля и Светлогорска, полученного в компрессионных приборах, упомянутые выше авторы приводят следующее положение: «...отношение максимального значения модуля деформации к минимальному даже в пределах небольшой площадки составляет $2,4—3,7$ ». По нашим данным это отношение в большинстве случаев не превосходит $3,8$ и лишь в районе г. Ярославля достигает $4,7$.

Связь изменения значений модуля деформации с изменением физических свойств представлена в таблице 15. Из указанной таблицы зависимость сжимаемости от различных физических свойств ясно выражена и практически не нуждается в дополнительном обосновании.

Однако, несмотря на выразительность, как и для прочностных,

Таблица 14

Параметры сжимаемости грунтов по данным
компрессионных испытаний

Район исследований	Число определений	Параметры сжимаемости	
		коэффициент сжимаемости	модуль общей деформации E кг/см ²
г. Рыбинск—основная морена	10	0,021	45—138 80
ст. Лом, Рыбинского района — основная морена	3	0,018	76—82 80
г. Тутаев — основная морена	45	0,016	51—192 103
г. Данилов—конечная морена	5	0,028	34—79 61
г. Ярославль — северная часть — основная морена	69	0,021	39—161 76
г. Ярославль — южная часть —конечная морена	69	0,016	48—228 103
г. Кострома —основная морена	10	0,021	45—138 80
г. Нерехта—основная морена	3	0,025	47—77 66
с. Красное-на-Волге—основная морена	5	0,010	107—172 137
г. Гаврилов-Ям—основная морена	5	0,018	53—99 79

Примечание: В числителе—размах значений, в знаменателе—среднее значение.

Таблица 15

**Зависимость модуля деформации от физических свойств грунтов
(по данным испытаний штампом пл. 5000 кв. см)**

От естественной влажности			От предела текучести			От показателя консистенции			От коэф. пористости		
Число определений п	Значение влажности W%	Модуль деформ. Е кг/см ²	Число определений п	Значение W _T	Модуль деформ. Е кг/см ²	Число определений п	Значение В	Модуль деформации Е кг/см ²	Число определений п	Значение е	Модуль деформации Е кг/см ²
7	13	270	1	19	310	1	—0,20	160	3	0,35	230
6	14	245	1	20	210	1	—0,05	200	6	0,40	310
8	15	205	2	21	270	12	0,05	260	16	0,45	200
9	16	180	9	22	230	6	0,15	190	9	0,50	175
2	17	170	8	23	210	11	0,25	165	2	0,55	130
4	18	160	7	24	150	5	0,35	240			
1	19	90	1	25	120	1	0,45	150			
			1	26	135	1	0,55	90			
			1	27	70						
			1	28	250						
			1	29	100						

для деформативных характеристик приведенные зависимости недостаточно отражают влияние различных факторов на сжимаемость.

Так, например, изменение значений модуля деформации с ростом значений влажности на пределе текучести совершенно меняет свою направленность в условиях исключенного влияния пористости, что хорошо иллюстрируется таблицей 16.

Таким образом, метод парной корреляции и в этом случае не может отразить действительную картину взаимосвязи свойств грунтов.

Сопротивление статическому зондированию. Исследования отложений верхней, московской морены методами статического зондирования для определения несущей способности свай показали удовлетворительную сходимость получаемых результатов с данными испытаний свай статической нагрузкой. В таблице 17 приведены сравнительные результаты оценки несущей способности свай по данным их статических испытаний и испытаний методом статического зондирования. Данные таблицы показывают, что определение несущей способности свай, погружаемых в море-

Таблица 16

Зависимость модуля деформации от изменения влажности на пределе текучести при ограниченной пористости

Число определений	Значение коэффициента пористости ϵ (0,45—0,50)	
	влажность на пределе текучести Вт %	модуль деформаций E кг/см ²
5	22	178
7	23	213
3	24	167
2	25	225
2	26	233

ну, производится методом статического зондирования с точностью до 10—12%. И наоборот, использование таблиц 1, 2—СН и ПП—Б. 5—67 для определения несущей способности свай по данным определения консистенции приводит к серьезным ошибкам.

Г. К. Бондарик, отмечая этот факт, писал: «...для глинистых грунтов твердой и полутвердой консистенции значения, полученные по нормативам, в несколько раз (от 1 до 7) выше значений, полученных по результатам пенетрации» (1967).

Объяснение этого явления самым тесным образом связывается с пониманием природы быстрого размокания морен, несоответствия значений показателя консистенции морен, определяемого по влажности и пределам пластичности, с действительным состоянием грунта в массиве, чему давалось обоснование в разделе, посвященном физическим свойствам моренных отложений. Наличие в морене своеобразной структуры, при которой крупные песчаные зерна, как правило, не соприкасаются между собой, а взаимодействуют через прослойки глинистого вещества (Черняк, 1970), способного к набуханию и действующего как смазка, создает условия для относительно легкого перемещения под давлением конического наконечника зонда частиц морены.

Это же явление объясняет и сравнительно низкое (при учете высокой плотности) сопротивление морен зондированию (15—35 кг/см²), что отмечалось нами совместно с С. В. Холоповым (1969) при попытке применения зондирования в целях общей инженерно-геологической характеристики разреза моренных отложений.

Высказанное С. В. Холоповым (1967) предположение о наличии в пределах региона наряду со слабой также и весьма прочной морены с лобовым сопротивлением до 300 кг/см² — пока не подтвердилось, хотя за пределами региона, вблизи г. Череповца, подобная морена встречена.

При изменении сопротивления зондированию грунтов московского горизонта в основном от 8—9 до 28—30 кг/см² (таблица 18)

нельзя не видеть определенной закономерности в росте величины лобовых и боковых сопротивлений с глубиной. (Для сравнения показано еще большее влияние глубины в нижней морене).

В этом проявляется определенное влияние роста плотности и прочности морен с глубиной (Воронков, Акатов, 1964; Каган, Солодухин, 1971; Максимов, 1966), хотя не все исследователи (Кригер, 1971) считают повышение уплотненности с глубиной закономерным.

Направленное изменение сопротивления зондированию в пределах горизонта, по нашим представлениям, препятствует его осреднению для горизонта в целом и выводу переходного коэффициента к значениям модуля деформации, подобно тем, которые разработаны рядом исследователей и приведены в таблице 19, составленной А. А. Каганом и М. А. Солодухиным.

Из таблицы видно, что даже для близких районов приведенные зависимости резко отличны. А для района г. Ярославля разброс значений особенно велик. Все это свидетельствует о недостаточности произведенных сравнительных оценок.

По-видимому, уравнения регрессии модуля деформации на параметры зондирования имеют более сложный вид и должны содержать дополнительные определяющие признаки (аргументы). Скорее всего, переходные коэффициенты сами являются функциями показателей физических свойств.

ВЫВОДЫ

Подводя итоги приведенного инженерно-геологического описания, можно сделать заключение об определенных особенностях глинистых отложений московского горизонта морен. Эти особенности заключаются в высокой плотности морены, а также в прочности, достаточно высокой, но тем не менее, вряд ли соответствующей степени ее уплотнения. Особенно четко это несоответствие проявляется по результатам статического зондирования и испытаний свай.

Деформативные свойства морены достаточно высоки.

Особенностью моренных отложений служит также их литологическая неоднородность и, как следствие, изменчивость показателей свойств. Однако степень этой изменчивости остается постоянной в пределах больших территорий. Таким образом, «морена однородна в своей неоднородности». Инженерно-геологические особенности морен являются следствием специфики их гранулометрического состава. Все это заставляет уделять большое внимание инженерно-геологическому изучению морен в целях удовлетворения нужд практики проектирования и строительства.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ
оценки расчетной несущей способности одиночной железобетонной сваи

Район	Р _{расч.} по величине консистенции В				Р _{расч.} по результ.		
	Фактич. значен. конст. по данным изыск.	Проектная длина свай, м	Расчетная несущая способность Р _{расч.} , т	Расчет выполнил	Длина глубина погружения свай, м	Количество испытаний	Несущ. способ. Р _{расч.} , т
Ярославль, Брагино 1, МКР-3	0—0,14	5,0	35	Ярославгражданпроект, 1964	$\frac{6,0}{5,0}$	4	30,0
Ярославль, Брагино 1, МКР-4	0,19	6,0	39	Ярославгражданпроект, 1964	$\frac{6,0}{5,4}$	1	25,0
Ярославль, южный район, СРСУ-2, блок цехов	нет данных	7,0	47	Ростовский промстройинипроект, 1969	$\frac{7,0}{6,5}$	4	35,0—37,0
Ярославль, южный район, Новосажевый завод	0,43	6,0	24	автор	$\frac{6,0}{5,5}$	2	31
Шексна, завод ДВП	—	8,0	43,7	Вологодгражданпроект, 1972	$\frac{8,0}{7,5}$		18,2—21,0
Рыбинск, база УМСР					$\frac{9}{7,5}$	3	46,0

РЕЗУЛЬТАТЫ
сечением 30×30 см, определенной различными методами, в моренных грунтах

статич. испыт. свай	Р _{расч.} по результ. статич. зондир. установкой С-832				Примечание
	Расчет выполнил	Расчеты. Длина свай м	Количество точек	Несущ. способ. Р _{расч.} , т	
Оргтехстрой Главверхневолжстроя, 1965		5,0	5	30,0	Верхне-Волжский ТИСИЗ, 1973 При значении В=0,14 по СНиП несущая способность не должна быть менее 50 т
Оргтехстрой Главверхневолжстроя, 1966		—	—	—	При В=0,19 по СНиП несущая способность свай не должна быть менее 49 т
Верхне-Волжский ТИСИЗ, 1970		7,0	5	32,0—33,0	Верхне-Волжский ТИСИЗ, 1970 инв. № 13548 Начальные изыскания на площадке выполнены Гипронефтезаводом в 1966 г. Ростов-на-Дону
Верхне-Волжский ТИСИЗ, 1970		6,0	3	34,5	Верхне-Волжский ТИСИЗ, 1970 инв. № 14413 —
Верхне-Волжский ТИСИЗ, 1972		8,0	5	17,0—23,0	Верхне-Волжский ТИСИЗ, 1972 инв. № 21029 По расчету Вологодгражданпроекта, несущая способность равна 70 т
Ярославское отделение ЦТИСИЗ, 1969		7,5	6	42,0	Ярославское отделение ЦТИСИЗ, 1969 инв. № 12039 —

**Результаты статического зондирования моренных отложений в районе
г. Ярославля**

Верхняя (московская) морена				Нижняя (днепровская) морена			
Глубина от поверх- ности, в м	Лобовое сопротив- ление R, кг/см ²	Боковое сопротив- ление f, кг/см ²	Число опреде- лений	Глубина от поверх- ности, в м	Лобовое сопротив- ление R, кг/см ²	Боковое сопротив- ление f, кг/см ²	Число опреде- лений
2	9,385	0,407	7	4	16,836	1,09	5
3	13,054	0,472	10	5	23,165	1,257	6
4	22,270	0,752	10	6	21,377	1,328	10
5	17,880	1,142	5	7	23,844	1,411	11
6	27,053	1,318	3	8	30,477	1,473	11
7	21,660	1,464	5	9	34,196	1,690	11
8	14,300	1,180	2	10	35,750	1,630	6
				11	36,90	1,711	5

Таблица 19

**Зависимость модуля деформации от удельного статического сопротивления
(q) для моренных суглинков**

Район	Выражение для вы- числения модуля деформации, кг/см ²	Способ определения модуля деформации	Автор
Подмосковье	$0,89q + 32$	Компрессионные приборы	Бондарик и др., 1967
Москва	$5,9 q^{0,7}$	Штампоопыты	Николаев, 1968
Ярославль	$(7-13)q$	"	Холопов, 1967
Центральные районы	$(6-7)q$	Теоретическое решение	Ферронский и др., 1969
То же	$5q + 100$	Штампоопыты	Трофименков и др., 1964
Литва	$8q$	"	Аликонис и др. 1969

Литература

Аликонис А. и др. О применении результатов зондирования для определения физико-механических свойств грунтов в условиях Литвы. В сб.: «Полевые методы исследования грунтов». М., изд-во ПНИИИС, 1969.

Болховский В. Ф. Состав тонкодисперсных минералов. В кн.: «Стратиграфия и палеогеография отложений плейстоцена Верхнего Поволжья». М., 1971.

Бондарик Г. К. Основы теории изменчивости инженерно-геологических свойств горных пород. М., «Недра», 1971.

Введенская А. И. Физико-механические свойства ледниковых отложений как показатель их возраста и генезиса. В сб.: «Новейшая тектоника, новейшие отложения и человек». Вып. 3. М., 1972.

Воронков О. К. и Акатов Ю. Е. Вертикальный градиент скорости сейсмических волн в моренных отложениях. Труды Ленгидропроекта, сб. 2. М. — Л., «Энергия», 1964.

Горькова И. М. Теоретические основы оценки осадочных пород в инженерно-геологических целях. М., «Наука», 1966.

Денисов Н. Я. и Ребиндер П. А. О коллоидно-химической природе вязкости глинистых пород. (Нов. серия), т. 65, ДАН СССР, 1946, № 6.

Денисов Н. Я. Поровое давление и прочность недоуплотненных глинистых грунтов. Доклады к IV Международному конгрессу по механике грунтов и фундаментостроению. М., Стройиздат, 1965.

Иванов Н. Н. Грунты основания рыбинского и угличского гидроузлов. Волгострой, № 1, 1936.

Каган А. А. и Солодухин М. А. Моренные отложения Северо-Запада СССР (инженерно-геологическая характеристика). М., «Недра», 1971.

Карпухин С. С. Оценка результатов комплексного палеогеографического исследования новейших отложений (на примере опорных разрезов ярославского Поволжья). Автореферат канд. дисс. МГУ, 1973.

Казарновский В. Д. Учет сопротивляемости грунтов сдвигу при проектировании дорожной конструкции. М., Автотрансиздат, 1962.

Кригер Н. И. О причине высокой плотности моренных отложений. «Литология и полезные ископаемые», 1971, № 4.

Максимов М. М. Некоторые результаты инженерно-геологических исследований основной морены. «Известия ВУЗов». 1966, № 4 (Сер. «Геология и разведка»).

Маслов Н. Н. Основы механики грунтов и инженерной геологии. М., «Высшая школа», 1968.

Николаев В. С. Определение прочностных и деформативных характеристик глинистых грунтов по результатам статического зондирования. «Информ. бюлл. ЦТИСИЗ», 1968, № 4.

Новский В. А. Развитие рельефа ярославского Поволжья в антропогене. Канд. дисс. Ярославль, 1962.

Новский В. А. К инженерно-геологической характеристике осадочных пород ярославского Поволжья. «Доклады на научных конференциях ЯГПИ им. К. Д. Ушинского». Вып. 4, Т. П. Ярославль, 1964.

Новский В. А. О генетических типах плейстоценовых морен на Русской равнине. В сб.: «Очерки по истории геолого-географических знаний». Ярославль, 1968.

Парамонова Н. Н. Гранулометрический состав моренных отложений. Стратиграфия и палеогеография отложений плейстоцена Верхнего Поволжья. МГУ, 1972.

Поляков С. С. Состав и свойства моренных отложений Московской области. «Уч. зап. МГУ». Вып. 177. «Грунтоведение», кн. IV. 1956.

Прокофьев Д. К., Кудинова Т. А. О зависимости между результатами исследования суглинков московской морены полевыми и лабораторными методами. В сб.: «Полевые методы исследования грунтов. Материалы к соещанию в Рязани». М., 1969.

Рухина Е. В. и Соколова В. Б. Литологическая характеристика ледниковых отложений центральной части Вологодской области. «Вестник ЛГУ», 1969, № 12.

Семенов А. А. и др. Отчет Ростовской геологосъемочной партии о комплексной геолого-гидрогеологической съемке, проведенной на территории листа О-37-XXVIII в 1964—1965 гг. «Материалы к Государственной геологической карте масштаба 1:200000». М., 1966.

Судакова Н. Г. Особенности строения разрезов плейстоценовых отложений Ярославской области. «Вестник МГУ», 1971, № 5 (сер. «География»).

Трофименков Ю. Г. и др. Полевые методы исследования строительных свойств грунтов. М., Стройиздат, 1964.

Ферронский В. И. и др. Методика применения станции пенетрационного каротажа при инженерно-геологических съемках и изысканиях. В сб.: «Полевые методы исследования грунтов». М., 1969.

Фетищева Е. А. др. Отчет Ярославской геологосъемочной партии о комплексной геолого-гидрогеологической съемке, проведенной на территории листа О-37-XXII в 1965—1966 гг. «Материалы к Государственной геологической карте масштаба 1:200000». М., 1967.

Холопов С. В. Статистическое зондирование в Ярославском отделении ЦТИСИЗ. В сб.: «Инженерные изыскания», № 1. Ярославль, 1967.

Холопов С. В., Шиссель А. М. О некоторых результатах статического зондирования моренных суглинков. В сб.: «Полевые методы исследования грунтов». М., 1969.

Черняк Э. Р. Исследование деформационных и структурно-механических свойств моренных отложений. Автореферат канд. дисс. М., 1970.

Швейц В. Б., Казаков П. П. Определение полевыми методами сопротивления сдвигу грунтов. «Основания, фундаменты и механика грунтов», 1963, № 1.

Шиссель А. М. Об изменении прочностных характеристик моренных суглинков и глин в связи с изменением влажности. В сб.: «Инженерно-строительные изыскания», № 1. М., Стройиздат, 1972.

Шиссель А. М. и др. Нормативные и расчетные характеристики четвертичных глинистых грунтов ярославского Поволжья. В сб.: «Инженерно-строительные изыскания», № 2 М., Стройиздат, 1972.

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ МОРЕН Г. ЯРОСЛАВЛЯ .

Как показывает опыт изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений, на территории г. Ярославля, наиболее надежными грунтами оснований являются моренные отложения. В городе четко выделяются два горизонта морен. Верхний, московский, горизонт распространен очень широко, часто выходит на поверхность, иногда перекрыт аллювиальными, озерно-ледниковыми, озерно-болотными и безвалунными покровными отложениями. Мощность московского горизонта от нескольких метров до 50—60 м. Кровля имеет сложный рельеф, образованный как при отложении морены, так и позднейшими флювиальными процессами. Второй горизонт — днепровский — отделен от московского флювиогляциальными и межледниковыми отложениями. Между двумя горизонтами морен вскрываются скважинами озерные и болотные слои вплоть до заторфованных суглинков и торфа. Днепро́вский горизонт имеет более постоянную мощность (20—40 м) и относительно ровную поверхность кровли. Подстилаются моренные толщи широко развитым горизонтом флювиогляциальных песков мощностью 10—30 м. Кровля коренных отложений в основном ровная, иногда осложнена глубокими и узкими понижениями, не отражающимися в современном рельефе. Описанная стратиграфическая схема, определяющая положение моренных горизонтов, подтверждается исследованиями экспедиции Опорных разрезов МГУ и выдержала уже испытание практикой инженерно-геологических работ.

В геоморфологическом отношении территория города разделяется на три основных морфоскульптурных единицы, которые можно назвать инженерно-геоморфологическими районами. Северный район — это ледниковая и озерно-ледниковая равнина. Южный район расположен на холмистой гряде, известной как Ярославско-Карабихская морена напора. Третий район — Приволжско-Заволжский — занимает аллювиальные и озерные равнины вдоль долин рек Волги и Которосли. Границы выделенных морфоскульптурных единиц не всегда являются ясными и четки-

ми. В пределах городской застройки морфологические элементы полностью закрыты насыпными грунтами и вертикальной планировкой так, что установить геоморфологическую принадлежность того или иного участка можно только с помощью бурения и последующей реконструкции естественного рельефа и истории его развития.

Зависимость инженерно-строительных свойств морены от ее геоморфологического положения установлена для всех трех морфоскульптурных единиц Ярославля.

Северный инженерно-геоморфологический район располагается вдоль правого берега реки Волги от пос. Норское до р. Которосли. В его пределах находится новый северный жилой район, промышленные предприятия и часть исторического ядра города.

Ледниковая (моренная) равнина Северного района имеет абсолютные отметки поверхности 110—120 м, в сторону долин Волги и Которосли эта равнина погружается под аллювий второй и первой надпойменных террас с абсолютными отметками 100—110 м и 95—100 м. Аллювий мощностью не более 5—8 м на поверхности равнины в самой северной части района замещен озерно-ледниковыми отложениями. Московский горизонт морены представлен здесь валунным суглинком бурым и коричнево-бурым с линзами внутриморенного песка. Несмотря на выдержанность и однородность состава морены, при инженерно-строительной оценке ее приходится выделять от двух до четырех инженерно-геологических элементов с различными показателями состояния, плотности, прочности и сжимаемости. Часто выделяется верхний слой—«выветрелая морена», — характеризующаяся повышенным показателем консистенции (до 0,50—0,60), снижением прочностных и деформативных показателей (сцепление — до $0,19 \text{ кг/см}^2$, угол внутреннего трения менее 20° , модуль деформации около 100 кг/см^2).

Как показывают наблюдения, в строительных котлованах и шурфах, верхний слой московской морены в северном районе в условиях ледниковой (моренной) равнины был подвергнут интенсивной обработке перигляциальными процессами. Морфологически эта обработка сохранилась в виде псевдоморфоз по трещинам-клиньям. Трещины-клинья достигают глубины 2—4 м и заполнены рыхлым песчано-глинистым материалом. Псевдоморфозы-клинья существенно ухудшают инженерно-строительные свойства морены. Не учитывать этот перигляциальный феномен нельзя при бурении инженерно-геологических скважин и статическом зондировании: если проходка идет по псевдоморфозе, то существенно искажается интерполяция разреза между выработками, что в свою очередь вносит грубые ошибки в оценку несущей

способности всего слоя морены. Псевдоморфозы по трещинам-клиньям встречаются в условиях сохранившейся древней поверхности моренной равнины. Иногда они могут быть и погребены под озерно-ледниковыми покровными и аллювиальными отложениями

Вообще в Северном инженерно-геоморфологическом районе обе морены залегают в типичных условиях древнеледниковой равнины. Они не нарушены столь частыми для ярославского Поволжья гляциодислокациями, иногда законсервированы аллювием и покровными суглинками. Весь ледниковый комплекс основной морены представлен достаточно полно. Поэтому геоморфологическое и стратиграфическое положение морен здесь позволяет оценить их инженерно-строительные свойства в качестве эталона для сравнения с моренами других районов и участков города. В качестве опорного, с инженерной точки зрения, принят разрез в г. Ярославле, у перекрестка ул. Строителей и ул. Автозаводской. Геоморфологически участок опорного разреза приурочен к совершенно плоскому уровню второй надпойменной террасы р. Волги, аллювий которой почти не сохранился, и московская морена не затронута перигляциальной обработкой. Абсолютные отметки этой поверхности 100, 50—101, 50 м. Московская морена залегает до глубины 6—7 м, ниже идут песчано-глинистые межледниковые отложения с достаточно обильной пыльной древесных растений, в том числе теплолюбивых (до 12 м). Днепро-вская морена лежит в интервале глубин 12—25 м. Подстилают днепровскую морену флювиогляциальные пески.

Полученные для обоих горизонтов морен характеристики физических и механических свойств достаточно стабильны, характеризуются небольшими отклонениями от средних величин.

Инженерно-геологические исследования, проектирование и строительство в пределах Северного инженерно-геоморфологического района с использованием в качестве оснований сооружений моренных горизонтов не вызывают особых затруднений.

Южный инженерно-геоморфологический район (Ярославско-Карабахская морена напора) расположен на водоразделе рек Волги и Которосли. Абсолютные отметки здесь достигают 160—170 м, относительные превышения 40—50 м. Стратиграфическое положение моренных горизонтов чрезвычайно сложно и представляется только следующей приближенной схемой: ледниковые образования московского возраста имеют мощность до 100 м и состоят из валунных суглинков и различных песков московского возраста, в которых совершенно без всякой установленной закономерности включены блоки валунных суглинков и песков днепровского возраста, а также юрских и меловых глин и песков. Мощности и фации меняются резко и неожиданно. Так же изменя-

ются и физико-механические свойства морены. Все это создает значительные трудности при изысканиях и проектировании сооружений с использованием в качестве оснований морен. В качестве примера можно привести площадку котельной в районе Ново-Ярославского сажевого завода, где в основании проектируемых сооружений залегают флювиогляциальные пески, по-видимому, позднемосковского возраста, сильно уплотненные и вмещающие изометрический блок размером до десятка метров в поперечнике уплотненного валунного суглинка. Прочное естественное основание может, однако, привести к деформациям сооружений из-за резко неравномерных во времени осадок песков и блока суглинков, попавшего в активную зону основания тяжелого сооружения. И такие явления в южном районе встречаются весьма часто.

Приволжско-Заволжский инженерно-геоморфологический район — это долины рек Волги и Которосли в пределах г. Ярославля геоморфологически унаследовавшие части обширных древних позднее — и послеледниковых озерных бассейнов. Морена в пределах этого района в качестве оснований сооружений используются редко, так как она или частью размыта, или сохранилась на значительных глубинах. Однако в некоторых случаях, когда перекрывающие морену аллювиальные и озерные отложения из-за низкой несущей способности ограничены в применении как естественное основание, приходится применять свайные фундаменты с заглублением острия свай в моренные суглинки. Но при этом оказывается, что залегающие на дне древних озерных понижений моренные суглинки (обычно днепровского горизонта) также обладают пониженными несущими свойствами из-за неблагоприятного, с инженерной точки зрения, длительного диагенеза в условиях озерно-болотного послеледникового режима. Такая картина часто наблюдается по правому берегу р. Волги в районе Костромского шоссе.

В условиях г. Ярославля моренные суглинки, по сравнению с другими грунтами, являются наилучшим основанием сооружений. Дальнейшая разработка предложенного геоморфологического анализа для инженерно-строительной оценки морен на территории города должна лечь в основу инженерно-геологического картирования, конечной целью которого могут быть детальные и конкретные предложения по совершенствованию Генерального плана застройки.

ОБ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОМ СХОДСТВЕ И РАЗЛИЧИЯХ МОРЕН ЯРОСЛАВСКОГО ПОВОЛЖЬЯ

Широко распространенные на территории ярославского Поволжья верхняя (московская) и нижняя (днепровская) морены по литологическому облику и характеру вещественного состава обладают определенной степенью схождения и различия. Причем, сходство морен очевидно и в значительной степени затрудняет их стратификацию, а их различия проявляются неясно и часто несущественны.

Исследование различий литологического состава морен представляет интерес, поскольку они проявляются в инженерно-геологических особенностях каждого из моренных горизонтов. Так, например, повышенное содержание монтмориллонита, способствует снижению угла внутреннего трения (Е. М. Сергеев, 1971), и наоборот поскольку «высокое трение палыгорскита обусловлено спутанноволокнистой текстурой...» (там же), повышенное содержание этого минерала в московской морене, по-видимому, способствует повышению угла внутреннего трения.

Очевидно также, что присутствие в моренах глинистой фракции вообще и монтмориллонитовой составляющей в частности способствует формированию структурного сцепления.

Можно также предположить, что повышенное, при равных прочих показателях, содержание роговой обманки в московской морене, представленной крупными угловатыми зернами (С. Г. Саркисян и К. И. Спasiбухова, 1944) в какой-то мере способствует повышению угла внутреннего трения.

Изученность физико-механических свойств морен различного возраста далеко неодинакова, что естественно затрудняет их сравнение. В последние годы физико-механические свойства морен описаны в ряде монографий и статей, в том числе Н. П. Астратовой (1961), Н. Г. Верейского (1971); Е. Ф. Винокурова (1968), А. А. Кагана (1966), Н. И. Кригера (1971), Г. П. Мазурова (1964), М. М. Максимова (1966), С. С. Морозова (1962); С. С. Полякова (1956), В. А. Новского (1964), М. А. Солодухина (1967), Э. Р. Черняка (1970) и некоторых работах автора (1969, 1972, 1973).

Ряд исследователей, в том числе А. И. Введенская (1972), С. С. Морозов (1962), В. А. Приклонский (1955), С. С. Поляков (1956), отмечают зависимость физико-механических свойств морен от их возраста.

В. А. Новский (1961), Ф. В. Котлов (1962), Е. С. Карпышев (1963) не разделяют этого взгляда.

В. А. Новский, много лет изучавший морены ярославского Поволжья, считая, что морены по своим физико-механическим свойствам близки между собой, писал: «Гранулометрический состав и физические свойства основной морены столь характерны, что, по нашим представлениям, достаточно надежны в качестве критерия при установлении ледниковой природы тех или иных, не совсем ясных, в смысле условий образования, отложений. С другой стороны, основные морены разных оледенений, по этим признакам едва ли могут быть разграничены» (1961).

В противоположность приведенным мнениям, А. И. Введенская (1971, 1972) считает физико-механические свойства морен (и в частности их плотность) устойчивым признаком для стратиграфического расчленения ледникового разреза.

Одно из интересных исследований в этом направлении выполнено С. С. Карпухиным (1973).

Используя элементы теории надежности (Лурье, 1967) и теории распознавания (Барабаш и др., 1967), С. С. Карпухин попытался количественными показателями выразить степень литолого-генетического сходства и различия различных типов отложений, в том числе московской и днепровской морен ярославского Поволжья.

Обозначая частные оценки надежности различия отложений по отдельным показателям как R_1 и структурную (общую) оценку надежности однозначного разграничения отложений по комплексу как R_d , С. С. Карпухин определил их следующие значения (таблица 1).

Рассматривая приведенные в таблице оценки надежности различий и принимая во внимание, что удовлетворительным значением уровня считается значение 0,80 (Лурье, 1967), нельзя не сделать вывод о высокой степени генетического родства отложений московского и днепровского горизонтов морен. Именно к этому выводу пришел С. С. Карпухин.

Интересными нам представляются результаты оценки уровня надежности разграничения морен по показателю глинистости (по содержанию фракции $<0,001$ мм).

Этот показатель имеет наиболее высокий уровень R_1 что, как будет показано, полностью совпадает с результатами наших исследований.

**НЕКОТОРЫЕ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ
КЛАССИФИКАЦИИ ПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
ПО ЛИТОЛОГИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ (по С. С. КАРПУХИНУ)**

Сопоставляемые типы отложений	Частные оценки надежности по литологическим показателям отложений R_i															R_d Надежность однозначного разграничения отложений по комплексу генетических признаков		
	> 10 мм (%)	10-0 мм (%)	5-2 мм (%)	2-1,0 мм (%)	1,0-0,5 мм (%)	0,5-0,25 мм (%)	0,25-0,10 мм (%)	0,10-0,05 мм (%)	0,05-0,01 мм (%)	0,01-0,005 мм (%)	0,005-0,001 мм (%)	<0,001 мм (%)	(коэф. сорти- ровки обман- ка (%))	эпидиот (%)	гранит (%)		плотность (г/см³)	Δ° (ориентировка валунов)
Мореноподобные отложения и мос- ковская морена	0,576	0,753	0,813	0,577	0,440	0,320	0,339	0,404	0,283	0,274	0,304	0,000	0,408	0,296	0,396	0,582	0,313	0,330
Московская морена и днепров- ская морена	0,283	0,237	0,145	0,192	0,419	0,143	0,325	0,297	0,097	0,083	0,544	0,344	0,130	0,030	0,311	0,356	0,813	0,005
																		-

Таблица 2

Таблица 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
г. Заволжск, район химзавода	15	15,65 0,91	25,11 1,10	14,69 0,85	1,82 0,06	0,50 0,04	0,12 0,07	7	20,73 2,55	31,32 0,91	18,79 0,87	1,73 0,10	0,56 0,07	0,16 0,11
Валдайский горизонт морен														
г. Калинин, МКР „Аэродром“	38	11,52 1,48	19,18 1,64	10,86 1,04	2,03 0,05	0,33 0,04	0,09 0,13	35	10,94 1,39	19,78 2,92	10,96 1,35	2,05 0,06	0,32 0,04	0,00 0,10
г. Череповец (верхний слой)	84	12,87 1,29	20,40 1,61	12,82 1,16	1,96 0,05	0,38 0,04	—	—	—	—	—	—	—	—
Там же, (нижний слой)	74	12,22 0,88	19,84 1,26	12,50 0,85	1,99 0,04	0,37 0,04	—	26	12,30 1,07	20,35 1,70	12,35 0,85	1,99 0,04	0,37 0,03	—

Примечание: Верхняя строка — средние значения, нижняя — среднее квадратичное отклонение.

Для изучения сходства и различия морен по физико-механическим свойствам нами собраны результаты их изучения в пунктах, где оба горизонта вскрыты одними и теми же выработками. Этот прием гарантировал нас от ошибок в определении возраста морен.

В едином разрезе сопоставление и разделение морен производится с меньшей вероятностью ошибок, тем более, что в ряде случаев московская морена залегает на днепровской без видимого перерыва (Фетищева и др. 1967; Дашевский В. В. и др., 1971) и может быть отличима лишь в результате тщательного сравнительного описания.

К сожалению, таких пунктов немного. Сравнительно большая мощность московской морены служит препятствием к детальному инженерно-геологическому изучению днепровского горизонта.

Результаты сравнительного изучения физических свойств морен сведены в таблицу 2.

Из таблицы видно, что по всем приведенным показателям физических свойств, за исключением влажности на пределе текучести, отличия верхней и нижней морены незначительны.

Незначительные в большинстве случаев различия по показателям плотности свидетельствует о том, что отличия гранулометрического и минерального состава морен недостаточно значительны, чтобы оказать влияние на степень их уплотнения и наоборот существенные отличия в значениях верхнего предела пластичности суглинков московской и днепровской морен свидетельствуют о том, что именно W_T является наиболее чувствительным показателем изменения вещественного состава и, прежде всего, минерального состава глинистой фракции, т. е. показателем глинистости (Денисов, 1961).

Преобладание в отложениях днепровского горизонта монтмориллонитовой компоненты совершенно определенно выразилось в повышенной глинистости нижней морены и в существенном увеличении W_T . Этот факт хорошо согласуется с приведенным в таблице 1 уровнем надежности расчленения морен по признаку содержания фракций с размером частиц менее 0,001 мм. В этом случае $R_1=0,544$, т. е. наиболее высокое из всех значений частных оценок надежности, определенных по показателям вещественного состава.

Для сравнения показателей физических свойств верхней и нижней морен по средним значениям выборок использовался критерий Стьюдента (И. С. Комаров, 1972), вычисляемый по формуле:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}} \cdot \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}}$$

где $S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}^-$ — средневзвешенная оценка дисперсии.

$$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}^- = \sqrt{\frac{S_1^2 n_1 + S_2^2 n_2}{n_1 + n_2 - 2}}.$$

Результаты расчета приведены в таблице 3.

Как видно из таблицы, наиболее значительные различия предельно допустимых и фактических значений критерия связаны с показателем предела текучести W_T . По этому показателю фактическое значение критерия Стьюдента превосходит критическое в 10 и более раз.

Наиболее четко различия морен, по величинам критерия, проявляются в северной части г. Ярославля, что соответствует положению кривых распределения на рисунке 1.

Нельзя не отметить также проявившие себя черты сходства различных горизонтов валдайской морены районов г. Калинин и Череповца, приведенных нами для сравнения в таблице 2.

Принадлежность этих горизонтов к одной генерации подтверждает и соотношение предельных и фактических значений критерия Стьюдента. Из таблицы 3 видно, что фактические величины критерия в большинстве случаев либо удовлетворяют условиям нулевой гипотезы, либо близки к предельным (табличным) значениям.

Таким образом, в отличие от горизонтов морен валдайских, весьма близких по своим свойствам, днепровский и московский горизонты моренных отложений на территории ярославского Поволжья дают результаты испытаний физических свойств, безусловно принадлежащие к разным выборочным совокупностям.

Установив определенные различия морен, мы сочли целесообразным установить хотя бы приближенно надежность их разграничения по физическим параметрам.

Графоаналитическим способом (Бондарик, Грязнов, 1968) по кривым распределения были определены частные оценки надежности R_1 отличия московской морены от днепровской по избранным характеристикам для северной части г. Ярославля и района часового завода в г. Угличе.

Результаты сведены в таблицу 4.

Из таблицы видно, что надежное различие морен (при $R_1 = 0,8$) возможно на отдельных участках региона и по различным признакам. Если в районе г. Углича надежное разделение получено по значениям объемного веса скелета, то в районе г. Ярославля — по значениям предела текучести. Очевидно, что по большинству параметров свойств надежное разделение морен маловероятно.

Таблица 3
 Результаты оценки сходства и различия верхней и нижней морен по критерию Стьюдента (при $\alpha=0,05$)

Пункты	Значения критерия				Стьюдента для сравняваемых показателей свойств							
	влажность естеств. W_e %		влажность на пределе текучести W_t %		влажность на пределе раскатывания W_p %		объемный вес скелета $\gamma_{ск}$		коэффициент пористости e		показатель консистенции B	
	пре-дельн.	рас-четн.	пре-дельн.	расчетн.	пре-дельн.	расчетн.	пре-дельн.	рас-четн.	пре-дельн.	рас-четн.	пре-дельн.	рас-четн.
г. Ярославль Северная часть	1,960	7,998	1,96	23,24	1,96	17,98	1,96	6,82	1,96	6,676	1,96	6,57
г. Ярославль, центр	2,000	2,28	2,0	12,16	2,0	6,43	2,0	0,427	2,0	0,229	2,0	1,618
г. Рыбинск, Веретье	2,021	1,496	2,021	20,273	2,021	5,026	2,021	1,377	2,021	1,222	2,021	3,459
Углич, район часового завода, верхний и средний слой	2,0	7,132	2,0	5,617	2,0	3,646	2,0	7,318	2,0	6,909	2,0	0,559
Углич, там же, средний слой — нижняя морена	2,021	8,735	2,021	7,187	2,021	7,347	2,021	6,236	2,021	5,354	2,021	3,967
Углич, район ГПЗ	2,042	5,75	2,042	3,50	2,042	2,30	2,048	5,44	2,048	5,08	2,042	3,34
Заволжск, р-н химзавода	2,086	6,954	2,086	12,953	2,080	10,539	2,080	2,804	2,086	2,544	2,086	1,076
г. Калинин, МКР „Аэродром“	2,0	1,746	2,0	1,097	2,0	0,385	2,0	1,13	2,0	1,13	2,0	3,17
Череповец, I и II слои	1,96	3,632	1,96	2,768	1,96	1,958	1,96	3,521	1,96	2,146	—	—
Череповец, II и III слои	1,99	0,407	1,99	1,616	1,99	0,797	1,99	0,131	1,99	0,121	—	—

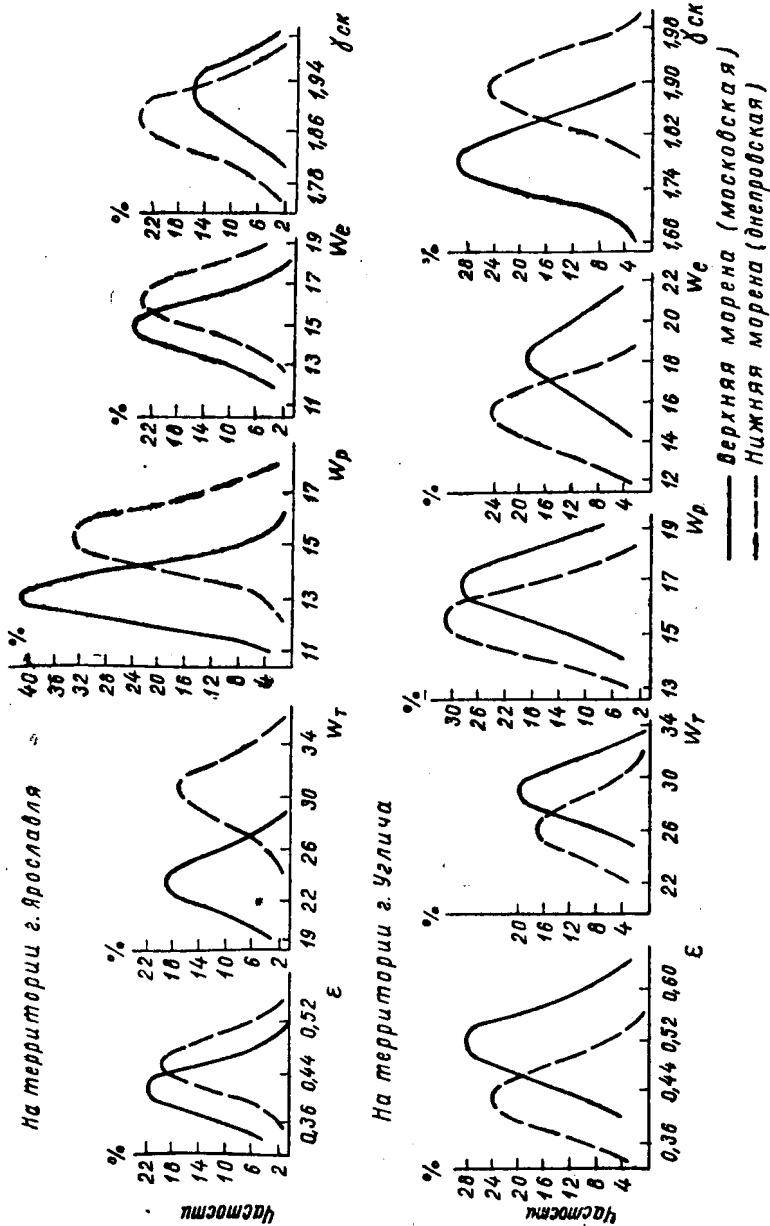


Рис. 1. Кривые распределения физических свойств морен.

Естественно предположить, что различия в показателях физических свойств морен вызывают определенные различия и в механических свойствах.

Для оценки этих различий использованы результаты исследований морен в районе г. Ярославля, где степень изученности ме-

Таблица 4

Показатели надежности отличия
верхней (московской) морены
от нижней (днепровской)

Район исследований	Частные оценки на- дежности, разграни- чения по показа- телям свойств		
	W_T	ϵ	$\gamma_{ск}$
г. Ярославль, Северный район	0,87	0,35	0,15
г. Углич, район ГПЗ	0,47	0,67	0,81

ханических свойств дает возможность сравнивать в какой-то мере представительные выборки. Поскольку главным показателем различий физических свойств служил предел текучести, были составлены графики изменения прочностных характеристик с изменением W_T (рис. 2).

По рис. 2 видно, что рост влажности на пределе текучести влечет за собой сравнительно быстрый рост удельного сцепления и медленное снижение угла внутреннего трения.

К сожалению, степень изученности механических свойств морен не настолько высока, чтобы представилась возможность сделать уверенные выводы о характере законов взаимосвязи физических и механических свойств отложений как верхнего, так и нижнего горизонта.

Минералогические особенности морен предопределяют и особенности законов взаимосвязи свойств.

Тем не менее по характеру графиков на рис. 2 можно сделать заключение если не об идентичности, то о близости этих законов.

Соответствующим образом проявляют себя и деформативные свойства морен. Повышение глинистости в нижней морене в зоне г. Ярославля ведет к значительному росту значений модуля деформации.

Оценивая результаты статического зондирования, приведен-

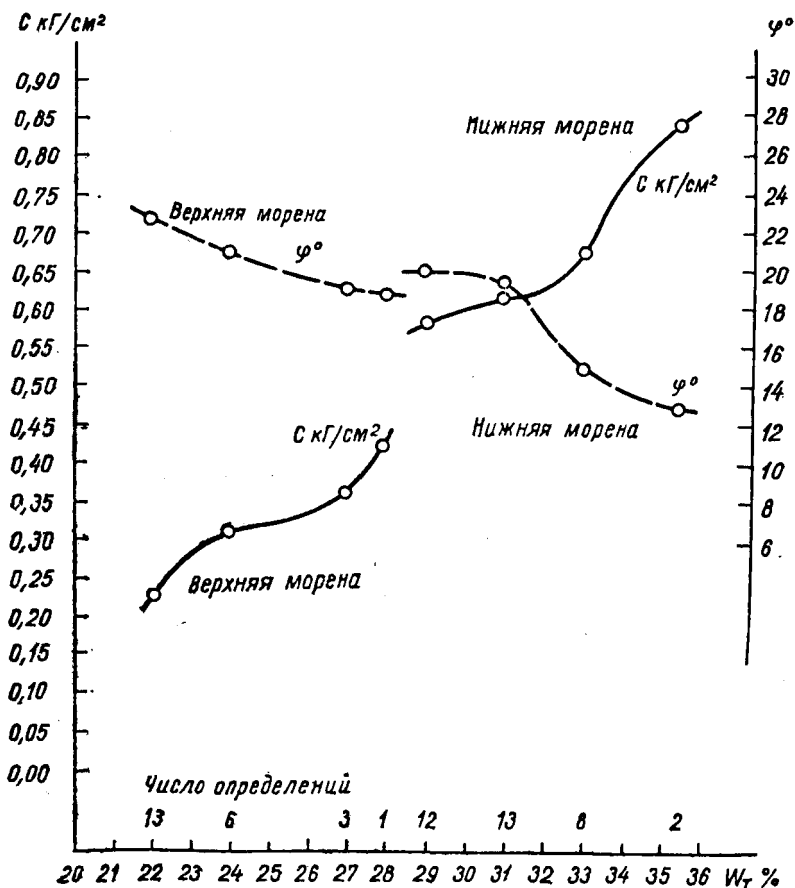


Рис. 2. Кривые зависимости изменения прочностных характеристик моренных отложений от изменения влажности на пределе текучести в районе г. Ярославля.

ные в таблице 5, нетрудно видеть, что соотношение средних значений лобового и бокового сопротивлений верхней и нижней морен приблизительно соответствует соотношению характеристик механических свойств.

Результаты ВЭЗ, выполненные в 21 точке в районе г. Тутаева, подтвердили определенные различия морен и по геоэлектрическим параметрам (таблица 5).

Пониженные значения отдельных электрических сопротивлений соответствуют повышенной глинистости нижней морены.

Сравнение инженерно-геологических характеристик морен приводит нас к следующим выводам.

1. Морены обладают высокой степенью сходства, проявляющейся в литологическом облике морен и в близости параметров физико-механических свойств.

Таблица 5

Сравнительная характеристика свойств морен в районе г. Ярославля и Тутаева (средние значения)

Морены	Показатели прочности		Модуль деформации E кг/см ²	Сопрот. статич. зондированию		Удельное электр. сопротивление
	C кг/см ²	φ град.		R кг/см ²	f кг/см ²	
Верхняя (московская)	0,23	23	260	17,90	0,96	33,5
Нижняя (днепровская)	0,65	17	370	27,80	1,45	21,8

2. Морены имеют определенные различия, проявляющиеся на отдельных участках региона в разной степени и по разным параметрам свойств. Наиболее устойчивым различительным признаком является влажность на пределе текучести, повышенная в нижней морене.

3. Несмотря на то, что различия морен носят неслучайный характер и обусловлены особенностями процесса седиментации, уровень надежности их разграничения по физическим свойствам в среднем недостаточен для целей стратификации и расчленения моренных комплексов.

4. Существенность различий морен на отдельных участках по некоторым параметрам физико-механических свойств вызывает настоятельную необходимость при исследовании строительных площадок расчленять моренные толщи по возрастным признакам, поскольку это способствует более точному определению инженерно-геологических элементов.

Точно так же такое разделение необходимо при исследовании пространственной изменчивости свойств моренных отложений.

Литература

Астратова Н. П. О физико-механических свойствах морены Карелии и западной части Мурманской области. Информационный сборник Ленгидропроекта, № 20, 1961.

Введенская А. И. Физико-механические свойства ледниковых отложений как показатель их возраста и генезиса. В сб.: «Новейшая тектоника, новейшие отложения и человек». Вып. 3. М., 1972.

Верейский Н. Г. Краткая характеристика инженерно-геологических свойств отложений последнего материкового оледенения Европейской части СССР. «Тр. ВСЕГИНГЕО». Вып. 43. В сб.: «Вопросы региональной инженерной геологии и методики инженерно-геологического картирования». М., «Недра», 1971.

Винокуров Е. Ф. Моренные грунты, как основания сооружений. Минск, «Наука и техника», 1968.

Дашевский В. В. и др. Отчет Угличской геологосъемочной партии о комплексной геолого-гидрогеологической съемке масштаба 1:200000. М., 1971.

Денисов Н. Я. Нет, это не шаг вперед! «Основание, фундаменты, механика грунтов», 1961, № 3.

Каган А. А. Инженерно-геологическая характеристика основной морены последнего оледенения северо-запада Европейской части СССР. В сб.: «Формирование и изменение физико-механических свойств горных пород под влиянием естественных и искусственных факторов». Изд. Лен. НТО Горное. 1966.

Карпышев Е. С. Инженерно-геологические условия строительства плотин в области ледниковой аккумуляции. В кн.: «Геология и плотины». Т. Ш. М., Госэнергоиздат, 1963.

Комаров И. С. Накопление и обработка информации при инженерно-геологических исследованиях. М., «Недра», 1972.

Котлов Ф. В. Некоторые вопросы формирования инженерно-геологических свойств пород в связи с изучением глинистых пород Москвы и Подмосковья. В сб.: «Инженерно-геологические свойства горных пород и методы их изучения. М., Изд-во АН СССР, 1962.

Кригер Н. И. О причине высокой плотности моренных отложений. «Литология и полезные ископаемые», 1971, № 4.

Мазуров Г. П. О формировании состава и свойств моренных грунтов. В сб.: «Грунтоведение и инженерная геология». Л., 1964.

Максимов М. М. Некоторые результаты инженерно-геологических исследований основной морены. «Известия Вузов». 1966, № 4 (сер. «Геология и разведка»).

Морозов С. С. Литологические особенности глинистой морены Русской платформы. Сб. статей по вопросам гидрогеологии и инженерной геологии. М., 1962.

Новский В. А. Развитие рельефа ярославского Поволжья в антропогене. Канд. дисс. Ярославль, 1962.

Поляков С. С. Состав и свойства моренных отложений Московской области. «Уч. зап. МГУ». Вып. 177. «Грунтоведение», кн. IV. 1956.

Приклонский В. А. Грунтоведение. Часть II. М., Госгеоиздат, 1955.

Саркисян С. Г., Спассибухова К. И. Минералогические коррелятивы четвертичных отложений Московской области. Записки Всероссийского минералогического общества, № 2—3, 1944.

Сергеев Е. М. Грунтоведение. М., 1972.

Г. П. БАБИЦ, Н. Н. НИКОЛАЕВА

ОСОБЕННОСТИ СВОЙСТВ СУГЛИНКОВ ВЕРХНЕЙ МОРЕНЫ Г. ЗАВОЛЖСКА

В районе г. Заволжска Ивановской области широко распространены моренные отложения предположительно днепровской эпохи оледенения (Геология СССР, 1971).

Глубина залегания морен от поверхности изменяется в пределах 1,5—4,0 м, причем расположение кровли относительно выдержано, резкие колебания ее гипсометрического положения встречаются редко.

Выполненный за период 1964—1973 годов большой объем инженерно-геологической разведки с применением горно-буровых и опытных работ позволил достаточно четко представить разрез моренных отложений и свойства отдельных элементов этого разреза.

Северо-западнее г. Заволжска примерный разрез ледниковых отложений выглядит следующим образом (сверху-вниз):

Суглинок красно-бурый, легкий, полутвердый с большим (до 20%) количеством гравия, гальки и мелких валунов с маломощными (1—2 см) прослоями песка (морена). Мощность 2,5—5 м.

Суглинок, бурый, твердый, с линзами песков и включениями (до 10%) гальки, гравия и валунов (морена). Мощность 3,0—6,0 м.

Пески серые, желтовато-серые, мелкие, местами средние, крупные с редким гравием. Местами содержит линзы супесей. Мощность 1,0—5,0 м.

Суглинок серый, темно-серый, местами коричневатый-серый, тяжелый с редкими (1—5%) включениями гравия и гальки (морена). Мощность до 13 м.

Общая мощность описанного комплекса изменяется в пределах 8,0—15,0 м.

Ниже лежат флювиогляциальные пойки предположительно окско-днепровского времени. Таким образом, в верхнем горизонте морен выделяются два подгоризонта: красно-бурый подгоризонт абляционной морены и бурый подгоризонт основной морены.

Именно этот горизонт представляет особый интерес для инже-

нерно-геологического изучения, поскольку широко распространен в указанном районе и служит важнейшим элементом оснований зданий и сооружений.

Результаты инженерно-геологического изучения ледниковых отложений обработанные с применением статистических методов, позволили сделать вывод о близости физических свойств верхнего абляционного и нижнего основного подгоризонтов (таблица 1).

Таблица 1

Значения показателей физических свойств моренных суглинков

Показатели	Верхний подгоризонт красно-бурой морены			Нижний подгоризонт бурой морены		
	число опре- деле- ний N	среднее значение $\bar{x}$	среднее квадра- тичное отклонение σ	число опре- деле- ний N	среднее значение $\bar{x}$	среднее квадра- тичное отклонение σ
Естественная W_e %	54	17	1,84	75	15	1,38
Влажность на пределе теку- чести W_T %	52	26	1,83	76	25	1,81
на пределе рас- катывания W_p %	54	15	1,31	76	14	1,05
Объемный вес при естественной влажности, γ_0 г/см ³	54	1,90	—	76	1,95	—
Объемный вес скеле- та, $\gamma_{ск}$ г/см ³	54	1,74	0,05	75	1,82	0,04
Коэффициент порис- тости, ϵ	55	0,56	0,05	74	0,49	0,03
Показатель консис- тенции, B	53	0,2	0,14	77	0,1	0,10

Несмотря на известную близость физических свойств абляционной и основной морены, их механические свойства и прежде всего показатели прочности существенно различны (таблица 2).

Наиболее явно различия горизонтов проявляются по результатам статического зондирования. Если для подгоризонта абляционной морены характерно сопротивление конусу, равное 20—30 кг/см², то для основной морены оно равно 40—80 кг/см².

Значения показателей прочностных и деформативных свойств моренных суглинков

Показатели	Верхний подгоризонт красно-бурой морены			Нижний подгоризонт бурой морены		
	число опре- деле- ний N	среднее значение $\bar{x}$	среднее квадра- тичное отклонение σ	число опре- деле- ний N	среднее значение $\bar{x}$	среднее квадра- тичное отклонение σ
Удельное сцепление C кг/см ²	25	0,23	—	15	0,31	—
Угол внутреннего трения $\varphi_{\text{град}}$	25	24°	—	15	23°	—
Модуль деформации по данным компресси- онных испытаний E_k , кг/см ²	29	61	16,07	20	70	15,33
Модуль общей дефор- мации по данным ис- пытаний штампом $E_{\text{ш}}$, кг/см ²	15	80	13,54	—	—	—

Оценивая свойства бурой морены, следует отметить, что ее контакт с нижележащими песками нередко практически отсутствует, и она залегает непосредственно на кровле серой морены.

Залегающий ниже внутриморенных (возможно интерстадиальных) песков горизонт серой морены исследован довольно слабо. Однако имеющиеся результаты дают основание считать, что верхняя часть этого горизонта близка по своим свойствам к бурой морене, нижняя часть — имеет существенные отличия.

Близость свойств верхнего и верхней части нижнего горизонтов, разделенных между собой песками, дают основание сравнивать разрез в районе г. Заволжска с аналогичным разрезом в районе г. Ярославля. Однако там морены датируются московским временем.

Двуслойное строение верхнего горизонта имеет существенное инженерно-геологическое значение и настоятельно требует повсеместного исследования инженерно-геологических различий подгоризонтов. Объединение их в один инженерно-геологический элемент возможно только после того, как будет установлена незначительность этих различий.

Литература¹

Геология СССР. Т. 4. Центр Европейской части СССР. М., «Недра», 1971.

А. М. ШИССЕЛЬ, Д. А. ПИЛЮГИНА

О ЗАКОНОМЕРНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ НЕКОТОРЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОСКОВСКОЙ МОРЕНЫ ЯРОСЛАВСКОГО ПОВОЛЖЬЯ

Исследование изменчивости свойств пород представляет значительный интерес как для геологической и палеогеографической оценки региона, так и для его инженерно-геологического зонирования.

Вопросам изменчивости свойств горных пород уделяли внимание многие исследователи, в том числе Г. К. Бондарик (1971), Н. В. Коломенский (1968), В. С. Огонченко (1968), М. В. Рац (1968) и другие.

Исследования изменчивости физических свойств моренных отложений вели А. А. Каган и М. А. Солодухин (1971), М. М. Максимов (1966), С. С. Карпунин (1973) и др.

Среди отмеченных исследований особый интерес для нас представляет работа Г. К. Бондарика, построившего тренд-поверхность некоторых свойств моренных отложений Европейской части СССР и изложившего основные методологические положения тренд-анализа.

Руководствуясь этими положениями и используя программы, разработанные ВСЕГИНГЕО для ЭВМ М-20, нами построена тренд-поверхность значений влажности на пределе текучести московской морены ярославского Поволжья.

Цель этой разработки заключалась в достаточно подробном анализе геолого-литологических особенностей моренных отложений, предшествующем разработке для них системы обобщенных характеристик, а также в создании предпосылок для последующего районирования морен путем совместного применения карт изолиний физических свойств и системы обобщенных характеристик.

Использование в качестве показателя состава влажности на пределе текучести обосновано ее первостепенным значением в формировании механических свойств морен*.

* См. статью А. М. Шисселя и М. М. Щербаковой в настоящем сборнике.

О важнейшей роли W_T упоминали Н. Я. Денисов (1961) и С. Н. Егоров (1963).

Опыт изучения морен на территории ярославского Поволжья свидетельствует, что именно W_T является показателем их глинистости, а колебания его значений, как правило, приводит к изменениям величины прочностных и в меньшей степени деформативных характеристик.

Для построения тренд-поверхности по W_T рассмотрены выборки в 45 пунктах, охватывающих почти всю территорию Ярославского региона. Объем выборок колеблется от 3 до 116 значений в сумме составил 993 значения.

Для расчета тренда использованы математические ожидания выборок, причем предварительно установлено нормальное распределение практически в каждой из них.

Поскольку объем выборок различен, в расчет были введены соответствующие им веса. В качестве аппроксимирующего уравнения взят степенной полином четвертого порядка.

$$W_T = f(x, y) = a_0x + a_1y + a_2x^2 + a_3xy + a_4y^2 + a_5x^3 + \dots,$$

где x, y — координаты заданных значений.

Значения коэффициентов полученного уравнения имеют вид:

$a_0 = -7,97$	$a_5 = -0,599$	$a_{10} = -0,1074$
$a_1 = 33,87$	$a_6 = 0,490$	$a_{11} = 0,3028$
$a_2 = 15,65$	$a_7 = 2,540$	$a_{12} = -0,8239$
$a_3 = -6,447$	$a_8 = 3,625$	$a_{13} = 0,1570$
$a_4 = -19,719$	$a_9 = -0,681$	$a_{14} = 0,0023$

Полученная в изолиниях тренд-поверхность показателя W_T (рис. 1) наглядно иллюстрирует наличие определенных закономерностей в распределении глинистых компонентов морен.

Одна из таких закономерных особенностей заключается в наличии «оси симметрии» вещественного состава, совпадающей с областью распространения Угличской и Даниловской возвышенностей, что трудно объяснить случайным совпадением.

Вторая закономерность заключается в расположении «оси симметрии» перпендикулярно направлению предполагаемого сноса, что наряду с результатами исследований валунно-галечникового спектра (Лаврушин, 1970; Карпухин, Судакова, 1972; Яковлева, 1957) подтверждает преимущественное распространение Московского ледника в направлении с северо-запада на юго-восток.

Третья закономерность проявляется в преимущественном постепенном повышении опесчаненности морен (снижении W_T) к

югу и юго-востоку, что отмечалось А. А. Каганом и М. А. Солодухиным (1971).

Учитывая, что рост величин W_+ (при неизменном значении пористости ε) вызывает соответствующее изменение прочности, не исключена приуроченность к области Даниловской и Угличской возвышенностей более прочных типов морен.

Для решения этого вопроса в дальнейшем предполагается установить закономерности распределения морен различной плотности.

Литература

Бондарик Г. К. Основы теории изменчивости инженерно-геологических свойств горных пород. М., «Недра», 1971.

Денисов Н. Я. Нет, это не шаг вперед. «Основания, фундаменты, механика грунтов», 1961, № 3.

Егоров С. Н. О таблицах расчетных характеристик грунтов. «Основания, фундаменты, механика грунтов», 1963, № 1.

Каган А. А., Солодухин М. А. Моренные отложения северо-запада СССР. М., «Недра», 1971.

Карпухин С. С., Судакова Н. Г. Опыт комплексного исследования обломков в морене. В кн.: «Новейшая тектоника, новейшие отложения и человек. Вып. 3. М., 1972.

Карпухин С. С. Оценка результатов комплексного палеогеографического исследования новейших отложений (на примере опорных разрезов ярославского Поволжья). Автореферат канд. дисс. МГУ, 1973.

Коломенский Н. В. Общая методика инженерно-геологических исследований. М., «Недра», 1968.

Лаврушин Ю. А. Отражение динамики движения ледника в строении донной морены. «Литология и полезные ископаемые». М., 1970, № 1.

Огоноченко В. П. К классификации геологической изменчивости горных пород. В сб.: «Математические методы в инженерной геологии». М., 1968.

Рац М. В. Неоднородности горных пород и их физических свойств. М., «Наука», 1968.

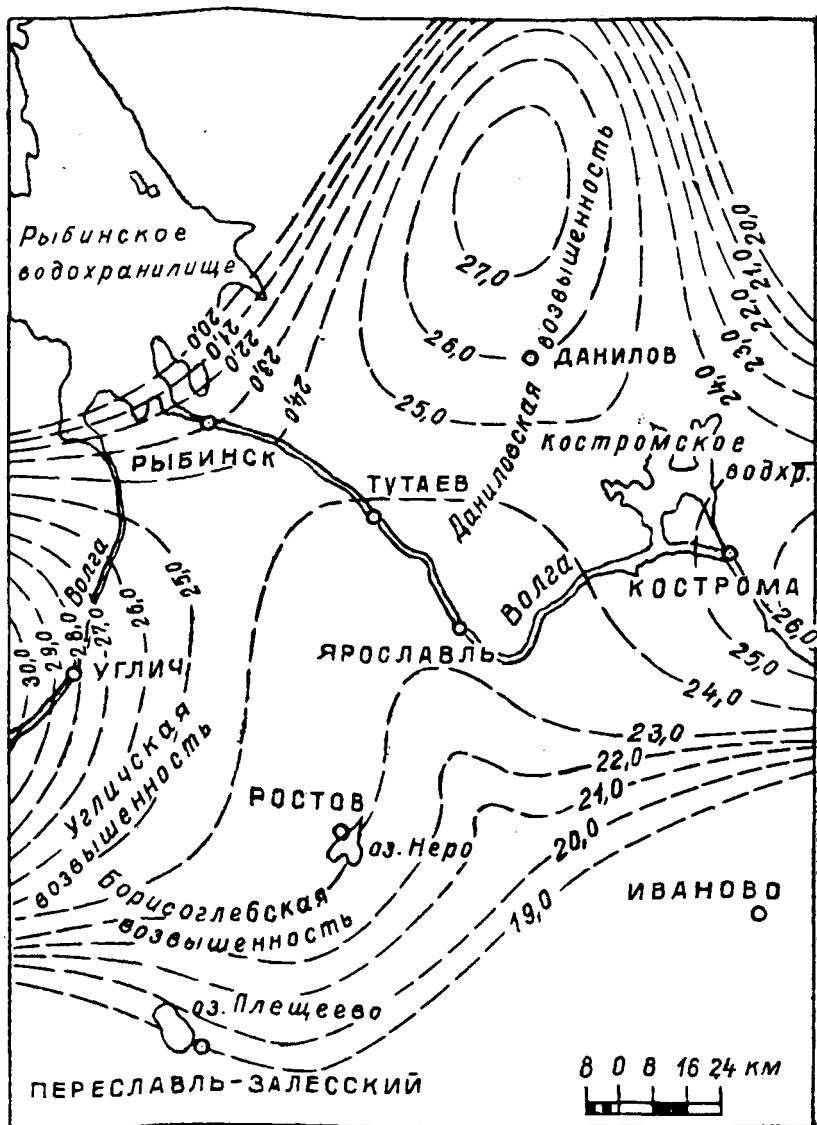


Рис. 1. Тренд-поверхность четвертого порядка изменения показателя W_t на территории ярославского Поволжья.

А. А. КАГАН, М. А. СОЛОДУХИН

СОСТАВ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОРЕННЫХ СУГЛИНКОВ ВОЛОГОДСКОЙ, АРХАНГЕЛЬСКОЙ И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

Моренные суглинки наиболее широко распространены в описываемом регионе, в связи с чем представляют особый интерес для инженерно-геологических исследований.

Присутствие в отложениях Вологодской и Архангельской областей песков и супесей менее значительно, особенно в сравнении с зоной Белоруссии, Карелии, Мурманской и Псковской областей.

Скопления валунов прочных пород встречаются чаще всего в верхней и нижней частях моренной толщи. Валуну осадочных пород концентрируются на границе раздела ледниковых и дочетвертичных отложений.

Распределение галечно-гравийного материала по разрезу подчиняется тем же закономерностям, что и распределение валунов. В изменении количества и состава гальки и гравия по площади также имеются некоторые закономерности. Первая из них заключается в том, что петрографический состав гальки и гравия в большей степени зависит от состава подстилающих пород, чем состав валунов. Поэтому морены, залегающие на осадочных породах, часто содержат много гальки и гравия этих пород. Вторая закономерность, намечающаяся в распределении гальки и гравия по площади, состоит в том, что в направлении с севера на юг количество гальки и гравия уменьшается.

Указанные закономерности, раскрывая общий характер явления, не исключают того, что в южных районах могут встречаться скопления крупных обломков и, наоборот, на севере отсутствовать включения валунов.

Гранулометрический состав. Характерной чертой состава моренных суглинков является их высокая пылеватость и сравнительно небольшое содержание крупных обломков. В основной массе суглинков встречаются линзы и прослои песков, супесей и глин.

Количество крупного материала в морене редко превышает

10% и лишь при залегании моренных отложений непосредственно на коренных породах увеличивается до 20—30% и более. Преобладающий размер валунов 10—20 см, но местами встречаются глыбы до 2—5 м в поперечнике. Крупные обломки имеют преимущественно плохоокатанную и угловатую форму.

Валуны, галька и гравий распределены чрезвычайно неравномерно.

Как видно из табл. 1, основными компонентами гранулометрического состава являются фракции мелкого песка, пыли и глины, содержание которых как для разных участков, так и для разновозрастных морен довольно постоянно.

Предварительная химическая обработка проб грунта повышает выход глинистых частиц за счет диспергации более крупных фракций, главным образом, размером 0,05—0,002 мм.

Следует отметить, что именно пылеватые частицы являются основной фракцией моренных отложений, определяя такие их свойства как пучинистость при промораживании, размокаемость и др.

Предварительная обработка проб карбонатных морен соляной кислотой приводит к интенсивной коагуляции и разрушению карбонатных агрегатов. Обработка амиаком практически не сказывается на результате анализа.

Анализ состава морен Белоруссии показал, что в целом можно отметить увеличение содержания песчаных фракций к южным границам оледенений. Кроме того, для конечных морен отмечается несколько более широкий диапазон изменения содержания песчаных фракций, чем для основных морен. Средний же состав их существенно не отличается.

Текстура, структура, петрографический и минеральный состав. Включения материала, отличающегося по составу от основной массы суглинистой морены (валуны, галька, гравий, линзы песка и т. д.), создают беспорядочную, гнездовую или порфировую текстуру.

Изучение шлифов показало, что структура породы в основном псаммопелитовая. Однако из-за неоднородности морены в отдельных случаях она оказывается типично пелитовой.

В моренных отложениях среди гравия, гальки и валунов встречаются обломки как местных, так и эрратических пород. Привнесенный материал выделяется здесь особенно ярко из-за преобладания в породах коренного ложа осадочных образований. В пределах площади развития скальных осадочных пород, например, на ордовикском плато, доля местного материала весьма значительна. Она резко уменьшается там, где распространены полускальные и особенно нескальные коренные породы. Так, напри-

Гранулометрический состав суглинистой морены

Районы	Число определений	Гранулометрический состав, %, размеры частиц, мм							Оледенение
		> 10	10-2	2-0,5	0,5-0,25	0,25-0,05	0,05-0,002	< 0,002	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
г. Вельск	3	сл	5	4	5	34	39	13	Московское
г. Котлас	2	сл	1	2	3	38	33	13	"
Волго-Балтийский водный путь	111	0-18 1	3-31 8	3-35 7	0-22 12	14-40 28	18-52 34	4-20 10	"
р. Икса	120	0-5 1	1-9 3	1-11 4	3-15 6	7-55 30	30-84 40	7-35 16	Калининское
г. Няндомы	81	0-18 1	1-22 7	1-7 4	4-12 7	10-39 25	26-68 39	3-22 17	"
г. Пинега	12	0-4 1	1-9 4	4-11 6	8-12 10	24-41 32	25-57 34	7-21 13	"
г. Каргополь	3	1	3	8	6	35	37	10	"
г. Вологда	28	0-7 сл.	0-14 7	0-6 4	1-7 5	10-42 26	16-67 47	6-16 11	"
п. Сокол	5	0-5 1	1-27 10	2-3 2	2-5 3	13-23 18	41-64 53	9-15 13	"
г. Архангельск	92	0-6 сл	1-13 4	1-13 5	1-15 6	7-43 25	24-77 40	13-30 20	Осташковское
г. Вытегра	10	сл	1-12 4	3-23 6	2-14 5	18-41 27	31-53 43	9-19 15	"
р. Шексна	14	0-10 3	0-8 5	0-8 6	1-8 5	20-58 30	32-57 43	4-19 8	"
Волго-Балтийский водный путь	155	сл	0-24 7	0-20 7	0-25 11	6-72 32	16-57 30	6-30 13	"
Центр Ленинградской области	624	0-8 5	0-17 8	0-18 7	0-13 4	2-45 17	22-75 46	7-27 13	"

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Юго-восток Ленинградской области	53	$\frac{0-5}{3}$	$\frac{0-9}{4}$	$\frac{1-11}{5}$	$\frac{0-10}{5}$	$\frac{6-50}{32}$	$\frac{23-51}{38}$	$\frac{7-25}{13}$	Осташк ов- ское
Восток Лени- градской об- ласти	124	$\frac{0-8}{5}$	$\frac{0-10}{5}$	$\frac{1-17}{7}$	$\frac{0-7}{3}$	$\frac{5-47}{19}$	$\frac{30-74}{47}$	$\frac{9-29}{14}$	.
Юг Ленинград- ской области	177	—	$\frac{0-10}{3}$	$\frac{0-17}{3}$	$\frac{0-11}{3}$	$\frac{0-27}{16}$	$\frac{30-75}{57}$	$\frac{6-30}{17}$	.

мер, на западе Ленинградской области валуны сложены в основном кристаллическими породами, развитыми в Финляндии, — различными гранитами (60—80%), гнейсами (10—40%), гранулитами, амфиболитами (5—10%), слюдяными сланцами (8—10%), филлитами, кварцитами и иотнийскими песчаниками (20—30%). В Ленинграде морена содержит валуны гранитов и гнейсов. Значительно реже встречаются диабазовые и амфиболитовые валуны и еще реже — валуны, сложенные кварцитами, песчаниками и кристаллическими сланцами. В южной части города в море не отмечаются галька, гравий, дресва и щебень нижнекембрийских песчаников и глин. На западе и юге области увеличивается содержание местных пород — главным образом известняков, песчаников, доломитов, мергелей и др.

В песчаной фракции суглинков преобладают легкие минералы, составляющие до 99% (Приневакская низменность). Примерно такое же содержание характерно для морены, развитой в долине р. Мсты — 98—99%. В минеральном составе частиц размером от 2 до 0,25 мм образцов суглинистой морены, распространенной в пределах Приневской низменности, преобладает кварц, количество которого увеличивается от 65—70% в зернах 2—1 мм до 80—96% в частицах 0,5—0,25 мм. Содержание полевого шпата составляет соответственно 10—27% и 0—13%. Подобные изменения для кварца и полевых шпатов согласуются с их устойчивостью к выветриванию.

В составе легкой фракции частиц диаметром 0,25—0,01 мм кварц составляет от 71 до 90%, а полевой шпат от 4 до 19%. В тяжелой фракции примерно в равном количестве содержится роговая обманка и рудные минералы (21—48%). Гранит, эпидот и циркон составляют 3—17%.

Минеральный состав глинистой части моренных суглинков района, Ленинграда изучался в шлифах, а также методами тер-

мического, электронномикроскопического и электроннографического анализов. Исследование шлифов показало, что в тонкодисперсной глинистой основной массе породы рассеяны зерна кварца, полевого шпата, листочки и чешуйки слюды (биотит, мусковит, серицит) и рудных минералов.

Все кривые нагревания имеют весьма сходные очертания и характеризуются одним четким эндотермическим эффектом в интервале температуры 500—600°. Это обстоятельство свидетельствует о том, что глинистая часть состоит, в основном, из гидрослюды. Электроннографический анализ, кроме гидрослюды, обнаружил небольшую примесь каолинита.

Гидрослюдистый состав тонкодисперсной фракции характерен для морены всего рассматриваемого района, так же как и для соседних областей. Прочие глинистые минералы встречаются в виде примесей в небольшом количестве.

В составе поглощенных ионов моренных отложений преобладают кальций и магний, содержание которых достигает 80% от общей суммы ионов. Емкость поглощения изменяется от 1,81 до 2,59 мг/экв на 100 г абсолютно сухой породы.

В соответствии с минеральным составом находится и химический состав морен, в котором существенно преобладают кремнезем (48—80%), окислы алюминия (7—20%), окислы кальция (1—16%) и железа (2—12%).

Физические свойства. В соответствии с довольно устойчивым минеральным составом моренных суглинков средние значения удельного веса для разных морен и для разных участков изменяются в весьма узких пределах, составляя как правило 2,69—2,75 т/м³ (табл. 2). Об однородности ряда распределения частных значений удельного веса свидетельствуют средние квадратические отклонения, равные 0,01—0,02 т/м³, и коэффициенты вариации, которые обычно изменяются в пределах 0,5—0,8%, но не более 1%. В то же время коэффициент вариации значений удельного веса протерозойских глин, подстилающих четвертичные глины в Ленинграде, равен 1,1%.

Приведенные данные позволяют отказаться от массовых определений удельного веса моренных суглинков, сведя их к минимальному количеству контрольных опытов (не более 5—7), а для расчетов принимать величину 2,70—2,71 т/м³.

Средние значения объемного веса при естественной влажности и объемного веса скелета по отдельным участкам варьируют также незначительно (не более чем на $\pm 0,15$ т/см³), хотя пределы изменения этих показателей довольно широки.

Плотность морены тесно связана с ее составом и не зависит

Физические свойства суглинков

Районы	Число опре- деле- ний	Удельный вес, т/см ³	Объемный вес, т/см ³	Объемный вес скелета, т/см ³	Пори- стость, %	Коеффи- циент по- ристости
1	2	3	4	5	6	7
Московская морена						
г. Вельск	3	2,73	2,18	1,91	30	0,43
п. В. Тойма	2	2,71	2,09	1,75	35	0,55
г. Котлас	2	2,74	2,14	1,84	33	0,49
Волго-Балтийский водный путь	59	2,77—2,90	2,09—2,39	1,71—2,14	27—37	0,37—0,59
		2,82	2,27	2,04	28	0,39
Калининская морена						
р. Икса	178	2,66—2,79	2,02—2,24	1,65—2,07	22—39	0,28—0,64
		2,73	2,14	1,86	32	0,47
г. Няндомы	80	2,69—2,77	2,00—2,28	1,65—2,19	21—37	0,27—0,66
		2,75	2,17	1,80	31	0,45
г. Пинега	16	2,68—2,72	2,07—2,24	1,78—2,02	27—35	0,37—0,54
		2,71	2,16	1,90	30	0,43
г. Каргополь	4	2,72—2,74	2,00—2,06	1,73—1,76	35—37	0,54—0,59
		2,73	2,03	1,75	36	0,56
г. Вологда	78	2,70—2,79	2,01—2,26	1,73—2,00	26—37	0,35—0,59
		2,75	2,12	1,85	33	0,49
г. Череповец	4	2,70—2,78	2,01—2,11	1,75—1,85	31—37	0,46—0,59
		2,75	2,07	1,80	35	0,55
пос. Сокол	16	2,68—2,74	2,06—2,16	1,77—1,84	32—36	0,47—0,56
		2,71	2,12	1,82	33	0,49
Осташковская морена						
г. Архангельск	163	2,64—2,79	2,04—2,23	1,67—2,00	26—42	0,35—0,72
		2,73	2,14	1,83	33	0,49
г. Вытегра	19	2,69—2,78	2,01—2,22	1,79—1,97	28—36	0,39—0,56
		2,73	2,14	1,86	32	0,47
г. Шексна	12	2,70—2,79	2,06—2,27	1,70—2,04	24—37	0,32—0,59
		2,74	2,15	1,86	32	0,47
Волго-Балтийский водный путь	155	2,69—2,77	2,02—2,27	1,63—2,02	21—41	0,27—0,69
		2,73	2,19	1,90	30	0,43

1	2	3	4	5	6	7
Центр Ленинградской области	1378	2,64—2,75 2,71	1,90—2,28 2,17	1,64—2,05 1,83	21—44 32	0,27—0,78 0,48
Юго-восток Ленинградской области	133	2,67—2,79 2,72	2,11—2,38 2,20	1,88—2,10 1,96	21—37 28	0,27—0,58 0,39
Восток Ленинградской области	85	2,69—2,75 2,72	2,02—2,11 2,07	1,62—1,87 1,75	29—37 36	0,41—0,48 0,56
Юг Ленинградской области	49	2,66—2,77 2,71	2,00—2,22 2,09	1,66—2,01 1,73	29—37 36	0,40—0,59 0,56
Восток Новгородской области	60	2,66—2,71 2,69	2,11—2,28 2,20	1,72—2,03 1,93	21—34 28	0,27—0,52 0,39

Примечание: здесь и далее в таблицах в числителе пределы изменения показателей, в знаменателе — среднее значение.

от географического положения участка изучения морены. Так, участки, расположенные в центре Ленинградской области, где морена представлена суглинками, имеют объемный вес $2,21 \text{ т/см}^3$. В том же районе суглинки сильно пылеватые характеризуются объемным весом $2,10 \text{ т/см}^3$.

Различная степень дисперсности, разнообразие условий залегания и гидрогеологической обстановки на отдельных участках обуславливают широкие пределы изменения значений естественной влажности. В среднем она невелика и составляет 10—21% (табл. 3). На контакте с водовмещающими породами влажность моренных отложений возрастает до 30—35%. Нередко влажность уменьшается с глубиной, хотя часто эти изменения незначительны.

Моренные суглинки вмещают линзы водонасыщенных песков и часто служат водоупором для перекрывающих и подстилающих их водоносных горизонтов. Следовательно, имеются благоприятные условия для насыщения суглинков водой. Действительно, в естественном залегании коэффициент насыщения суглинков близок к единице.

В соответствии с высокими значениями объемного веса скелета пористость моренных суглинков в среднем по участкам невелика (26—36%), хотя и изменяется в довольно широких пределах внутри каждого из участков. Наибольшие значения пористости относятся к глинистым разностям, наименьшие к легким суглинкам.

Влажность и пластичность суглинков

Районы	Число опре- делений	Естествен- ная влаж- ность, %	Влажность на пределе, %		Число пла- стич- ности, %	Показатели консистенции В
			текучести	раскаты- вания		
1	2	3	4	5	6	7
Московская морена						
Вельск	3	14	25	13	12	0,1
В. Тойма	1	19	31	18	13	0,1
Котлас	3	16	26	15	11	0,1
Волго-Балтийский водный путь	66	$\frac{7-18}{11}$	$\frac{19-27}{23}$	$\frac{10-18}{12}$	$\frac{6-15}{11}$	$\frac{(-0,4)-0,4}{0,1}$
Калининская морена						
р. Икса	175	$\frac{10-23}{15}$	$\frac{16-34}{24}$	$\frac{9-20}{14}$	$\frac{6-12}{10}$	$\frac{(-0,1)-(0,8)}{0,1}$
Няндомы	81	$\frac{10-27}{15}$	$\frac{19-40}{24}$	$\frac{12-24}{14}$	$\frac{7-16}{10}$	$\frac{(-0,4)-(0,3)}{0,1}$
Пинега	16	$\frac{12-18}{14}$	$\frac{18-27}{21}$	$\frac{11-16}{13}$	$\frac{7-12}{8}$	$\frac{0-0,3}{0,1}$
Каргополь	4	16	22	15	7	0,1
Вологда	98	$\frac{10-20}{14}$	$\frac{18-34}{24}$	$\frac{11-23}{14}$	$\frac{5-15}{10}$	$\frac{(-0,4)-(0,5)}{0}$
Череповец	4	15	24	14	10	0,1
Сокол	24	$\frac{14-19}{17}$	$\frac{24-31}{26}$	$\frac{14-19}{15}$	$\frac{9-19}{11}$	$\frac{(-0,2)-0,6}{0,2}$
Осташковская морена						
Архангельск	219	$\frac{11-23}{17}$	$\frac{15-34}{24}$	$\frac{7-21}{14}$	$\frac{5-14}{10}$	$\frac{(-0,4)-0,5}{0,3}$
Вытегра	28	$\frac{12-18}{15}$	$\frac{19-32}{24}$	$\frac{12-19}{14}$	$\frac{7-13}{10}$	$\frac{(-0,1)-0,4}{0,1}$
Шексна	30	$\frac{11-22}{15}$	$\frac{17-33}{23}$	$\frac{11-21}{15}$	$\frac{5-16}{8}$	$\frac{(-0,6)-0,7}{0}$
Волго-Балтийский водный путь	155	$\frac{8-31}{15}$	$\frac{21-37}{26}$	$\frac{11-22}{14}$	$\frac{8-15}{12}$	$\frac{(-0,7)-0,5}{0,1}$
Центр Ленинград- ской области	1094	$\frac{7-29}{19}$	$\frac{13-39}{25}$	$\frac{10-21}{16}$	$\frac{5-17}{9}$	$\frac{(-0,4)-0,5}{0,33}$

1	2	3	4	5	6	7
Юго-восток Ленинградской обл.	256	$\frac{5-21}{12}$	$\frac{14-35}{23}$	$\frac{5-21}{13}$	$\frac{5-18}{10}$	$\frac{(-0,5)-0,6}{-0,1}$
Восток Ленинград- ской области	104	$\frac{12-26}{18}$	$\frac{17-29}{24}$	$\frac{13-20}{17}$	$\frac{6-17}{7}$	$\frac{(-0,2)-0,2}{0,1}$
Юг Ленинградской области	86	$\frac{10-39}{21}$	$\frac{15-44}{28}$	$\frac{10-25}{17}$	$\frac{6-19}{11}$	$\frac{(-0,3)-0,5}{0,4}$
Восток Новгород- ской области	60	$\frac{11-19}{14}$	$\frac{16-29}{21}$	$\frac{11-17}{12}$	$\frac{6-12}{9}$	$\frac{(-0,2)-0,7}{0,2}$

Моренные отложения имеют обычно полутвердую и тугопластичную консистенцию. Для суглинистых отложений показатель консистенции варьирует от $(-0,3)$ до $(+0,4)$. Значения показателя консистенции довольно постоянны для всех разностей суглинистой морены.

Моренные суглинки отличаются низкими значениями влажности на пределах текучести и раскатывания, что объясняется небольшим содержанием глинистых частиц в грунте, их гидрослюдистым составом и преобладанием в составе поглощенного комплекса Ca^{+} и Mg .

Показатель уплотненности (по В. А. Приклонскому) составляет в основном $0,5-1,1$, т. е. супеси и суглинки имеют уплотненное состояние, часто этот показатель превышает единицу, что соответствует переуплотненному состоянию. В то же время встречаются, так называемые, «слабые» морены, т. е. суглинки и супеси текучепластичной и мягкопластичной консистенции, что характерно для наиболее глинистых разновидностей с повышенной влажностью.

Оценка консистенции методами ГОСТа и П. О. Бойченко дает вполне сопоставимые результаты. Разница обычно становится ощутимой для суглинков сравнительно небольшой плотности (объемный вес скелета ниже $1,75 \text{ т/см}^3$, влажность выше 20%).

Водные свойства.

Моренные суглинки в воде ведут себя различно. Наиболее пылеватые разности размокают через $7-10$ минут, тяжелые суглинки распадаются через $3-5$ суток и более. Образцы моренных суглинков, прикрытые слоем песка, за то же время не размокли и сохранили свою форму, при этом их влажность за 20 суток увеличилась всего на $2-4\%$.

Результаты опытов по определению набухания моренных суглинков в приборе А. М. Васильева приведены в табл. 4, из которой видно, что

Таблица 4

Набухание моренных суглинков

Влажность до опыта, %	Влажность после опыта, %	Величина набухания, %	Содержание, %		Влажность, % на пределе		Максимальн. молекуляр. влагоемк., %
			пыли (0,05—0,002 мм)	глины (<0,002 мм)	текучести	раскатывания	
—	—	не набухает	56	23	26	17	13
12,8	19,3	3,9	64	19	27	17	13
—	—	не набухает	53	21	25	16	13
16,1	17,1	0,28	61	19	24	16	12
—	—	не набухает	64	26	31	20	—
17,3	19,3	2,9	60	20	25	17	—
16,8	18,9	2,6	58	22	28	19	—

набухание моренных суглинков проходит неодинаково, а величина его мала и достигает только в одном случае 4%. Таким образом, моренные отложения характеризуются малой величиной набухания, что объясняется гидрослюдистым составом минералов глинистой фракции и низкой емкостью поглощения.

Водопроницаемость моренных суглинков низка, она измеряется величинами порядка 10^{-5} м/сутки.

Механические свойства. Прочность моренных суглинков определяется их высокой плотностью, низкой влажностью и в общем довольно значительна.

Исследования сопротивления сдвигу в лабораторных условиях проводились как с предварительным уплотнением до полной стабилизации осадки при нагрузках среза, так и без предварительного уплотнения. Время среза не превышало 5—10 мин. (ускоренный сдвиг). Между максимальным сдвигающим усилием при нагрузках 1,2 и 3 кг/см² и объемным весом скелета, определенным после опыта, устанавливается четкая зависимость, несмотря на существенный разброс точек в поле графика, обусловленный как неоднородность суглинков, так и погрешностями опытов. Результаты исследований моренных суглинков представлены в табл. 5.

Влияние условий опыта иллюстрируется табл. 6, из которой следует, что уплотнение не оказывает существенного влияния на его результаты: при испытаниях без уплотнения получают обычно несколько меньшие углы внутреннего трения и несколько

Прочность моренных суглинков

Районы	Число определений	$\operatorname{tg} \varphi$	$C, \text{ кг/см}^2$
Центр Ленинградской области	295	$\frac{0,32-0,60}{0,45}$	$\frac{0,05-0,75}{0,32}$
Восток Ленинградской области	7	$\frac{0,30-0,45}{0,42}$	$\frac{0,10-0,41}{0,20}$
Юго-восток Ленинградской области	9	$\frac{0,38-0,53}{0,46}$	$\frac{0,10-0,45}{0,25}$
Запад Ленинградской области	30	$\frac{0,30-0,46}{0,40}$	$\frac{0,02-0,18}{0,17}$
Восток Новгородской области	7	$\frac{0,39-0,60}{0,44}$	$\frac{0,24-0,50}{0,34}$

Таблица 6

Зависимость параметров сдвига от плотности и условий опыта

Объемный вес скелета т/м^3	Условия опыта			
	без уплотнения		с уплотнением	
	$\operatorname{tg} \varphi$	$C, \text{ кг/см}^2$	$\operatorname{tg} \varphi$	$C, \text{ кг/см}^2$
1,7	0,06	0,52	—	—
1,8	0,19	0,60	0,28	0,48
1,9	0,31	0,72	0,34	0,50
2,0	0,44	0,84	0,42	0,70
Число определений	132		96	

большие удельные сцепления, чем при испытаниях с уплотнением. Это может быть объяснено тем, что разрушение связей в грунте при воздействии вертикальной нагрузки не компенсируется незначительным увеличением плотности, вызываемым последним.

Изучение прочностных свойств моренных суглинков района Вологды проводилось также в шурфах методами раздавливания призмы грунта и выпирания массива вертикальной подвижной стенкой. Результаты испытаний (табл. 7) показывают, что угол внутреннего трения составляет $22-24^\circ$ при сцеплении $0,08 \text{ кг/см}^2$,

в то время как параметры прочности, полученные для суглинков и из тех же шурфов в лаборатории, оказались равными; угол внутреннего трения 20° , сцепление $0,1 \text{ кг/см}^2$.

Таблица 7

Результаты испытаний на сдвиг в шурфах

Раздавливание				Выпирание		
Разрушающая нагрузка, кг/см^2	Сопротивление сдвигу, кг/см^2	Вертикальное усилие, кг		Длина поверхности скольжения, см	$\text{tg } \varphi$	C кг/см^2
		максимальн.	минимальн.			
1,73	0,86	865	720	60	0,45	0,08
1,80	0,91	1000	850	60	0,40	0,08

Моренные суглинки обладают различной, но в общем небольшой сжимаемостью. Осадки образцов в приборах протекают обычно плавно, что характерно для плотных пород. Форма компрессионных кривых для образцов разных участков одинакова, т. е. процесс сжатия суглинков, несмотря на некоторые различия состава и физических свойств образцов, имеет много общих черт. Судя по средним значениям коэффициента сжимаемости, суглинки относятся к средне- и слабосжимаемым и лишь в единичных случаях к сильносжимаемым (табл. 8).

Определение деформативных характеристик моренных супесей и суглинков статистическим нагружением штампов площадью 600 см^2 проводилось в районе Вологды. Результаты опытов показывают, что значения модуля деформации изменяются в зависимости от интервалов нагрузок от 150 до 270 кг/см^2 , составляя в интервале нагрузок 2—4 кг/см^2 в среднем 150 кг/см^2 .

При нарушении естественного сложения образцов сжимаемость их увеличивается в 1,5—2,5 раза, иногда больше.

Таким образом, материалы, приведенные в работе, показывают, что для моренных отложений характерна устойчивость средних значений показателей состава и свойств, что позволяет широко использовать метод аналогий при инженерно-геологической оценке условий строительства и создать региональные таблицы, пригодные для проектирования оснований промышленных и гражданских сооружений на морене.

Таблица 8

Районы	Число опре- деле- ний	Коэффициент сжимаемости, $\text{см}^3/\text{кг}$, в интер- вале нагрузок $1-2 \text{ кг/см}^2$	Модуль де- формации в интервале нагрузок $2-3 \text{ кг/см}^2$
Калининская морена			
р. Икса	66	$\frac{0,006-0,040}{0,018}$	$\frac{60-470}{100}$
г. Няндомы	12	$\frac{0,007-0,022}{0,013}$	$\frac{70-210}{110}$
пос. Сокол	39	$\frac{0,005-0,021}{0,010}$	$\frac{100-340}{130}$
	5	$\frac{0,007-0,016}{0,010}$	$\frac{110-180}{120}$
Осташковская морена			
г. Архангельск	57	$\frac{0,006-0,042}{0,018}$	$\frac{60-240}{120}$
г. Вытегра	8	$\frac{0,009-0,023}{0,019}$	$\frac{80-240}{100}$
Юг Карелии	4	$\frac{0,004-0,034}{0,014}$	$\frac{40-290}{100}$
Центр Ленинградской области	264	$\frac{0,002-0,045}{0,014}$	$\frac{80-450}{130}$
Запад Ленинградской области	16	$\frac{0,004-0,023}{0,012}$	$\frac{80-220}{130}$
Юго - восток Ленин- градской области	24	$\frac{0,002-0,022}{0,013}$	$\frac{80-410}{110}$
Юг Ленинградской области	13	$\frac{0,006-0,022}{0,016}$	$\frac{70-200}{100}$
Восток Новгородской области	6	$\frac{0,001-0,018}{0,014}$	$\frac{70-120}{100}$

Л и т е р а т у р а

Астратова Н. П., Каган А. А. Инженерно-геологическая характеристика четвертичных отложений Карелии. «Тр. Ленгидропроекта», сб. 2 М. —Л., «Энергия», 1963.

Верейский Н. Г. Краткая характеристика инженерно-геологических свойств отложений последнего материкового оледенения Европейской части СССР. В сб.: «Вопросы региональной инженерной геологии и методики инженерно-геологического картирования. Труды ВСЕГИНГЕО». Вып. 43. М., «Недра», 1971.

Винокурова Е. Ф. Моренные грунты как основания сооружений. Минск, «Наука и техника», 1968.

Каган А. А. Инженерно-геологическая характеристика основной морены последнего оледенения северо-запада Европейской части СССР. В сб.: «Формирование и изменение физико-механических свойств горных пород под влиянием естественных и искусственных факторов». Изд. Лен. НТО Горнос, 1966.

Мазуров Г. П. О формировании состава и свойств моренных грунтов. В сб.: «Грунтоведение и инженерная геология». Л., 1964.

Приклонский В. А. Грунтоведение. Ч. 2. М., Госгеолыздат, 1952.

Солодухин М. А. Физические свойства моренных отложений Белоруссии. В сб.: «Вопросы инженерной геологии, основания и фундаменты. Тр. Белорусского института инженеров железнодорожного транспорта». Вып. 51. Минск, «Высшая школа», 1967.

М. П. КРАСИЛЬНИКОВА

ОБ ОЦЕНКЕ ДИСПЕРСНОСТИ МОРЕННЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

(в порядке постановки вопроса)

Оценка дисперсности глинистых грунтов действующими Строительными нормами и правилами (СНиП II—Б. 1—62) дается по величине числа пластичности. Однако такое разделение грунтов на гранулометрические виды весьма условно, т. к. пластичность глинистых грунтов зависит не только от их дисперсности, но и от минералогического состава, примесей, коллоидно-химических свойств, состава обменных катионов и других факторов (Ломтадзе, 1970; Сергеев, 1971). Для сложных полидисперсных систем, какими являются моренные грунты, использование числа пластичности для оценки их дисперсности требует контроля в виде гранулометрического анализа, т. к. гранулометрический состав является важнейшим прямым показателем дисперсности.

Доказано, что результаты гранулометрического анализа во многом зависят от способа подготовки образца к исследованию, т. е. от степени физико-химической обработки его с целью диспергирования (Горькова, 1970). ГОСТ 12536—67 рекомендует два варианта подготовки проб к анализу: 1) кипячение с добавлением аммиака для некоагулирующих грунтов и 2) добавление пирофосфата натрия — для коагулирующих. Однако рекомендуемый ГОСТом метод опробования грунта на коагуляцию несовершенен, особенно для грунтов с низким содержанием глинистой фракции.

В связи с вышеизложенным для 40 выборочных проб моренных глинистых грунтов, развитых в районе г. Ярославля, был определен гранулометрический состав. Каждая проба исследовалась в трех повторностях с различным способом подготовки к анализу:

1-й — кипячение воздушно-сухого образца в воде с добавлением аммиака;

2-й — растирание воздушно-сухого образца с водным раствором пирофосфата натрия;

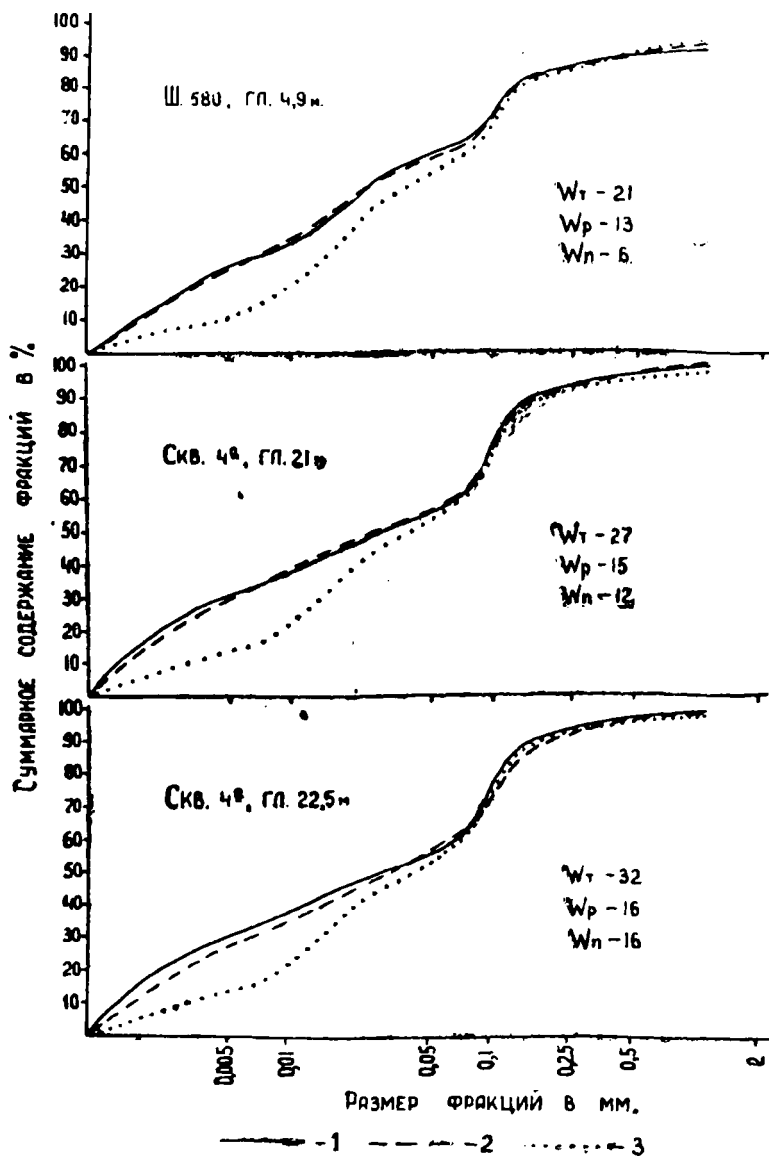


Рис. 1. Интегральные кривые гранулометрического состава моренных глинистых грунтов, подготовленных к анализу различными способами: 1—растиранием влажного грунта с пирофосфатом натрия; 2—растиранием воздушно-сухого грунта с пирофосфатом натрия; 3—кипячением воздушно-сухого грунта с аммиаком.

3-й — растирание естественно-влажного образца с водным раствором пирофосфата натрия.

Выбранные для исследования грунты имели числа пластичности от 4 до 16, а значит, классифицировались как различные виды суглинков или супеси (СНиП II—Б. I—62).

Все проанализированные пробы показали сходное изменение дисперсности в зависимости от способа подготовки грунта к анализу. Данные для трех наиболее характерных образцов с различными свойствами пластичности приведены на рисунке 1.

Проведенными исследованиями было установлено следующее:

1. Содержание глинистой фракции в пробах, обработанных пирофосфатом натрия, в среднем в 1,7 раза (от 1,1 до 3,6) выше по сравнению с пробами, обработанными аммиаком. Это свидетельствует о значительной агрегированности глинистых частиц в моренных глинистых грунтах. Для оценки истинной дисперсности таких грунтов нужно применять пирофосфатный способ подготовки к анализу.

2. В воздушно-сухих образцах выход глинистой фракции на 1—5% ниже, чем в пробах естественной влажности. Это является следствием необратимой агрегации глинистых частиц при подсушивании грунта. Для гранулометрического анализа желательно использовать образцы естественной влажности.

3. При пирофосфатном способе подготовки к анализу все исследованные грунты по классификации В. В. Охотина (1933) относятся к тяжелым суглинкам и редко к пылеватым глинам. Выход глинистых фракций в них колеблется от 22 до 35%. Следовательно, классификационный тип моренного глинистого грунта, определенный по гранулометрическому составу, зачастую не соответствует типу, определенному по числу пластичности. По-видимому, пластичность указанных грунтов в большей степени определяется минералогическим составом глинистой фракции, чем степенью их дисперсности.

Таким образом, при инженерно-геологическом изучении моренных глинистых грунтов для ограниченного числа типичных образцов необходимо проводить гранулометрический анализ с пирофосфатным способом подготовки для уточнения классификации и характеристики этих грунтов.

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел I. ГЕОЛОГИЯ МОРЕН

<i>Н. Г. СУДАКОВА.</i> Проблемы изучения ледниковых отложений	3
<i>Н. Г. СУДАКОВА, В. А. ИЛЬИЧЕВ.</i> Возраст морен ярославского Поволжья	14
<i>С. С. КАРПУХИН.</i> Комплексная характеристика крупно-обломочного спектра ледниковых отложений ярославского Поволжья	20
<i>С. П. ЕВДОКИМОВ, С. С. КАРПУХИН.</i> Ориентировка валунов в разновозрастных моренах ярославского Поволжья	30
<i>Н. Г. СУДАКОВА.</i> Опорный разрез оврага Черемошник.	35
<i>С. П. ЕВДОКИМОВ, Л. И. БАЗИЛЕВСКАЯ.</i> К вопросу о строении и условиях залегания псевдоморены в разрезе у д. Левина Гора	44
<i>С. С. КАРПУХИН.</i> Достоверность различий в литологических свойствах валунных суглинков ярославского Поволжья.	47

Раздел II. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОРЕН

<i>А. М. ШИССЕЛЬ, М. М. ЩЕРБАКОВА.</i> Инженерно-геологическая характеристика суглинков московской морены ярославского Поволжья	52
<i>И. Н. ЩЕРБАКОВ.</i> Геоморфологический анализ при инженерно-строительной оценке морен г. Ярославля	87
<i>А. М. ШИССЕЛЬ.</i> Об инженерно-геологическом сходстве и различиях морен ярославского Поволжья	91
<i>Г. П. БАБИЦ, Н. Н. НИКОЛАЕВА.</i> Особенности свойств суглинков верхней морены г. Заволжска	104
<i>А. М. ШИССЕЛЬ, Д. А. ПИЛЮГИНА.</i> О закономерной изменчивости некоторых физических свойств московской морены ярославского Поволжья	107
<i>А. А. КАГАН, М. А. СОЛОДУХИН.</i> Состав и физико-механические свойства моренных суглинков Вологодской, Архангельской и Ленинградской областей	111
<i>М. П. КРАСИЛЬНИКОВА.</i> Об оценке дисперсности моренных глинистых грунтов	125

57 KON.

F 75960

24

3737-0