

A topographic map of Rostov-on-Don, Russia, showing contour lines, streets, and landmarks. The map is overlaid with a semi-transparent blue and white gradient. The author's name is printed in a bold, brown font with a white outline.

**К. А. Меркулова**

# **ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ г. РОСТОВА-НА-ДОНУ**



Уважаемому  
Виктору Николаевичу  
от автора  
ноябрь 2007г. ММ

К.А. Меркулова

**ИНЖЕНЕРНО-  
ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ  
г. РОСТОВА-НА-ДОНУ**

г. Ростов-на-Дону  
2006

УДК 55(470.61)  
ББК 26.3(2-2 Ростов-на-Дону)  
М 52

#### Рецензенты:

доктор геолого-минералогических наук, профессор,  
заведующий кафедрой  
гидрогеологии и инженерной геологии РГУ **Коробкин В.И.**

директор ГУ «Гидрохимического института федеральной службы  
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды»,  
зав. южным отделением Института водных проблем РАН,  
член-корр. РАН, профессор **Никаноров А.М.**

**Меркулова К.А.**

М 52 Инженерно-геологические условия г. Ростова-на-Дону. – Ростов н/Д:  
Изд-во РГПУ, 2006. – 132 с.  
ISBN 5-8480-0531-1

В монографии изложены результаты многолетних исследований инженерно-геологической обстановки г. Ростова-на-Дону, дана оценка свойств горных пород, подземных и грунтовых вод, проанализированы природные и техногенные факторы, определяющие развитие негативных геологических процессов и явлений, таких как просадочные деформации лёссовидных грунтов, оползни, подтопление территорий грунтовыми водами.

Впервые публикуется оригинальный картографический материал, в том числе гидрогеологическая карта, карта высоты подъема уровней грунтовых вод, карта отрицательных геологических процессов.

Издание осуществлено при финансовой поддержке научно-исследовательского производственного предприятия «Радиян-Т».

Книга предназначена для геологов, занимающихся инженерно-геологическими изысканиями для строительства, инженеров-проектировщиков и студентов вузов соответствующих специальностей.

УДК 55(470.61)  
ББК 26.3(2-2 Ростов-на-Дону)

ISBN 5-8480-0531-1

© Меркулова К.А., 2006  
© Оформление. Издательство РГПУ, 2006

## Введение

Инженерно-геологические условия – комплекс природных характеристик той или иной территории, влияющий на устойчивость, надежность и долговечность возводимых зданий и сооружений.

В этот комплекс входят прежде всего геологические породы, подземные воды, условия их залегания, состав и свойства. Расчлененность рельефа, глубина эрозионных врезов рек, балок и оврагов в совокупности с породами и подземными водами определяют направленность и интенсивность развития негативных природных и антропогенных геологических процессов, влияющих на строительство.

Поэтому инженерно-геологические условия – это еще и прогноз изменений геологической среды при возведении и эксплуатации инженерных сооружений.

В конце 1960-х гг. при Госстрое СССР в стране были созданы крупные территориальные тресты инженерно-строительных изысканий. В г. Ростове-на-Дону трест «Ростовдонтисиз» имел современную техническую базу и коллектив специалистов для осуществления инженерно-геологических работ любого профиля и масштаба.

Первое комплексное изучение инженерно-геологических условий города проведено трестом в 1971–1972 гг. по заказу «РосглавНИИстройпроекта» при выполнении работ по теме 14 «Разработка и составление таблиц местных нормативных прочностных и деформационных характеристик грунтов для города Ростова-на-Дону с составлением инженерно-геологической карты масштаба 1:10000». Работы финансировались Госстроем РСФСР.

Для выполнения работ по теме были собраны, систематизированы и обработаны материалы более ранних инженерно-геологических изысканий; проведена геологическая съемка вдоль берегов Дона, Темерника и крупных балок; пробурены глубокие опорные скважины для изучения полного разреза лёссовидных отложений, кровли скифских глин и подстилающих коренных пород; выполнены минералогические анализы лёссовых пород для их стратиграфического расчленения; оборудована сеть гидрогеологических скважин для наблюдения за режимом грунтовых вод.

Все это позволило составить кондиционные геоморфологическую, геологическую и гидрогеологическую карты города в масштабе 1:10000. Составлены местные таблицы прочностных и деформационных характеристик грунтов. Работы осуществлялись группой обобщения и систематизации материалов инженерно-геологических изысканий треста под руководством автора данного исследования.

Отчет по теме был одобрен техническим советом Центрального треста инженерно-строительных изысканий и научно-техническим Советом Госстроя РСФСР. Приказом «РосглавНИИстройпроекта» № 74 от 4 сентября 1973 г. разработанные таблицы и карты были рекомендованы для широкого использования.

В 1977 г. на базе расширенных и дополненных материалов автором была защищена кандидатская диссертация «Анализ и оценка инженерно-геологических условий г. Ростова-на-Дону и их изменений в связи с хозяйственной деятельностью человека». К диссертации были приложены уже составленные карты, уменьшенные до масштаба 1:25000, и карта-схема отрицательных геологических процессов, где впервые был использован принцип геологической аналогии для прогноза подтопления города грунтовыми водами. Результаты этих исследований внедрены трестом в производство для инженерно-геологических целей.

Следующий крупный этап изучения гидрогеологических условий города был осуществлен в 1987 г. при выполнении трестом работ по теме «Система инженерной защиты города от подтопления грунтовыми водами». Работа также финансировалась Госстроем РСФСР.

Составленная в 1972 г. гидрогеологическая карта масштаба 1:10000 была расширена (в площадь изучения вошли новые районы города) и дополнена данными по грунтовым водам за последние годы. На участках, нуждающихся в уточнении, пробурены специальные гидрогеологические скважины. Для постоянного наблюдения за режимом грунтовых и подземных вод была построена сеть скважин из 77 пьезометров по шести створам, охватывающим всю территорию города.

Сеть пьезометров в 1989 г. была передана Южной комплексной экспедиции для систематического наблюдения. Использование данных по наблюдению за режимом грунтовых вод, материалов инженерно-геологических изысканий треста «Ростовдонтисиз» и других изыскательских фирм за последние годы позволило автору откорректировать гидрогеологическую карту масштаба 1:25000 на весну 2000 г.

Предлагаемая работа является плодом анализа инженерно-геологических исследований на территории города на протяжении 35 лет, в которых автор принимала участие и как исполнитель, и как руководитель геологической службы треста «Ростовдонтисиз».

Прилагаемые карты (1:100000) являются уменьшенной копией карт масштаба 1:25000.

В составлении второй, третьей и седьмой глав принимали участие старейший геолог г. Ростова-на-Дону В.В. Вележев и аспирант ГУ Гидрохимического института Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Б.О. Барцев.

## 1. КРАТКИЙ ОБЗОР ИСТОРИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ

Первые сведения по инженерной геологии и гидрогеологии Нижнего Дона и Северного Кавказа принадлежат К.И. Лисицыну, работавшему в Донском политехническом институте (впоследствии НПИ и НГТУ) с 1910 по 1932 г. С 1931 г. К.И. Лисицын возглавлял в институте кафедры гидрогеологии и инженерной геологии. Исследования К.И. Лисицыным лёссовых пород бассейнов Нижнего Дона и Приазовья по их расчленению и возрасту являются, практически, первыми, где гумусовые горизонты в лёссовых породах названы погребенными почвами, имеющими стратиграфическое значение.

Начиная с 1938 г. к комплексному геологическому изучению территории приступает Азово-Черноморское, а впоследствии Волго-Донское территориальное геологическое управление (В.М. Заленский, 1938; П.Д. Гончаров, 1939; Г.Н. Родзянко, 1946, 1947; П.М. Петров, 1940; Г.И. Попов, 1947, Е.И. Водяничкая и Г.Н. Родзянко, 1946; В.Б. Иваницкая и Н.И. Погребнов, 1962). В 1940 г. П.М. Петровым по данным съемки масштаба 1:50000 составлено геологическое описание площади планшета г. Ростова-на-Дону. Эта работа и сейчас является основной по геологии миоцена и плиоцена. Границы морских отложений неогена, имеющих хорошую обнаженность в крутых правых бортах долин Дона и Термерника, с тех пор не претерпели изменений. Континентальные четвертичные эоплейстоценовые скифские глины, имеющие покровное залегание и скрытые под мощным чехлом лёссовых пород, как показало дальнейшее их исследование, были изучены недостаточно. То же самое можно сказать и о четвертичных лёссовых и аллювиальных отложениях. Первое детальное исследование лёссовых пород в пределах старой городской территории выполнено в 1938 г. В.М. Заленским и В.В. Вележеевым. Толща лёссовидных суглинков была расчленена на три яруса, которым придавалось стратиграфическое значение: нижний – миндельский, средний – рисский, верхний – вюрмский. Такая схема деления согласовывалась с существовавшей в то время региональной стратиграфической схемой континентальных четвертичных отложений (Г.Ф. Мирчинк, 1928, 1933, 1936).

Одновременно изучались плиоценовые аллювиальные осадки р. Дона и скифские глины. Как показало впоследствии бурение глубоких скважин, на многих участках водоразделов за начало скифской серии принималась красновато-коричневая погребенная почва, третья сверху. Ошибка осталась незамеченной, так как выше этой почвы залегали три яруса суглинков и глин, что соответствовало принятой в то время стратиграфической схеме. В результате было составлено неверное представление и о количестве горизонтов суглинков в толще лёссовых пород, и о положении кровли скифских глин на большей части изученной территории.

В развитии исследований по созданию новой стратиграфической схемы четвертичных отложений Нижнего Дона большая заслуга принадлежит Г.И. По-

пову. Еще в 1947 г. опубликована его монография «Четвертичные и континентальные плиоценовые отложения Нижнего Дона и Северо-Восточного Приазовья». В этой работе дана стратиграфическая схема плиоценовых осадков Дона, четвертичного аллювия, лёссового покрова донских террас и водоразделов.

В 1964 г. Г.И. Поповым (руководитель) с группой специалистов на основе собственного опыта и опыта предыдущих исследований составлена корреляционная региональная стратиграфическая схема четвертичных отложений бассейнов рек Дона и Нижней Волги. Эта схема утверждена межведомственным стратиграфическим комитетом в 1964 г. [Геология СССР, 1970].

Несмотря на то, что для четвертичных отложений Нижнего Дона уже существовала новая стратиграфическая схема, для лёссовых пород г. Ростова-на-Дону по-прежнему оставалось трехъярусное деление по принятой ранее схеме.

Работа В.Е. Воляника (1953) «Исследования лёссовидных суглинков г. Ростова-на-Дону как оснований для фундаментов зданий» является продолжением изучения лёссовых пород, начатого В.М. Заленским и В.В. Вележевым. В ней делаются выводы, что просадочными свойствами обладают только суглинки первого (верхнего) яруса; мощность просадочных грунтов колеблется от 2–3 до 9–10 м; просадки в них проявляются лишь под действием внешней нагрузки (I тип грунтовых условий).

Однако дальнейшее изучение лёссовидных суглинков г. Ростова-на-Дону внесло в эти представления свои коррективы.

Было выяснено, что весьма часто просадочностью обладает и первая погребенная почва, и суглинки, залегающие под нею. Мощность просадочной толщи местами достигает 15–18 м, и грунты дают просадку от собственного веса.

Вопросы генезиса и свойств лёссовидных суглинков в связи с их структурными особенностями и химико-минералогическим составом, строительные свойства лёссовых пород и их техническая мелиорация рассматриваются в работах А.К. Ларионова (1961), И.Д. Седлецкого (1958), И.А. Шамрая (1965), В.П. Ананьева (1968), Н.В. Воляника (1969), Л.К. Петренко (1973), В.Н. Баранова (1973) и др.

Стратиграфическое расчленение лёссовой толщи г. Ростова-на-Дону, изменение свойств грунтов по геоморфологическим элементам городской территории оставались неизученными. Эти вопросы были решены лишь при крупномасштабной инженерно-геологической съемке, проведенной трестом «Ростовдонтисиз» в 1971–1972 гг.

Водоносность пород миоцена рассматривается в работах П.Д. Гончарова (1939), Е.И. Водяницкой (1946), Е.Н. Липацковой (1965) и достаточно хорошо изучена. О грунтовых водах в лёссовых породах сведений было мало. При мелкомасштабных геологических съемках территории города грунтовые воды рассматривались в самых общих чертах.

Первая попытка осмыслить положение грунтовых вод в лёссовидных суглинках была сделана В.Е. Воляником (1953). Объясняя большую разницу в глубинах залегания грунтовых вод на территории города, он писал: «Причиной столь пестрого положения уровня грунтовых вод является то, что они (воды)

залегают не в виде сплошного выдержанного горизонта, а представляют собой совокупность отдельных более или менее развитых линз...»

Более обширный фондовый и литературный материал, а также режимные наблюдения на участках с близким залеганием грунтовых вод были проанализированы в работе В.П. Ананьева «Исследование причин подъема уровня грунтовых вод на территории г. Ростова-на-Дону и их влияние на устойчивость сооружений» (1962). В этой работе уже указывалось на существование повсеместного водоносного горизонта в лёссовидных суглинках, лежащего на сплошном постоянном водоупоре – скифских глинах, и линз верховодок, которые на отдельных участках образуют одну сплошную поверхность.

Горизонтов верховодок может быть до 2–3. Верховодки в местах куполов грунтовых вод сливаются с постоянным водоносным горизонтом, образуя очень бугристую поверхность. Главными причинами образования куполов, высокого положения грунтовых вод являются причины искусственного порядка: потери воды из водопровода, полив садов и скверов, газонов, плохое состояние старых дренажных систем, застройка и засыпка балок, оврагов, плохое регулирование поверхностного стока.

Общие черты формирования грунтовых вод в лёссовидных суглинках были обрисованы правильно, однако не выясненными оставались еще многие моменты в их поведении. Например, было непонятно, почему линзы верховодок за пределами куполов продолжают постоянно существовать, не сливаясь с водоносным горизонтом; почему при наличии водоупора и действии одинаковых природных и искусственных факторов в одних районах быстрыми темпами идет подтопление территории, а в других – грунтовые воды залегают на больших глубинах или вообще отсутствуют?

Все эти вопросы стало возможно решить лишь после проведения крупномасштабного картирования всей территории города, детального изучения кровли водоупора, условий природного дренирования грунтовых и подземных вод и др.

Такие работы, как уже сказано, и были выполнены трестом «Ростовдонтисиз» при инженерно-геологической съемке г. Ростова-на-Дону.

Последующее время было годами накопления знаний об инженерно-геологических условиях города при изысканиях треста под микрорайоны застройки ЗЖМ, СЖМ, МКР «Темерник», пос. Александровка. Трест инженерно-строительных изысканий проводил глубокое бурение (60–100 м) под первую очередь метрополитена от пл. Дружинников до завода «Ростсельмаш» (1980), под подземный канализационный коллектор через водораздел между Доном и Темерником (1980, 1989 гг.), специальные гидрогеологические исследования при выполнении темы «Система инженерной защиты города от подтопления грунтовыми водами» (1987 г.) и др. Эти работы позволили существенно дополнить уже имевшиеся материалы по инженерно-геологическим условиям.

## 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

### 2.1. Рельеф

Основные черты современного рельефа сформированы в результате эрозионной и аккумулятивной деятельности Дона и его правого притока – р. Темерник. Город занимает плиоценовую террасу высокого правого берега и склоны понтического плато Доно-Тузловского водораздела. Наибольшие абсолютные отметки плато в пределах города – 100–110 м – находятся в северо-восточной части территории (завод «Алмаз»). На северной и северо-западной границе отметки поднимаются до 80–90 м.

Самые высокие отметки плиоценовой террасы – 85–87 м – отмечены в западной части города, в районе Рабочей площади, 94,6 м – в пос. Александровка. Тыловой шов террасы в рельефе не выделяется, так как скрыт мощным покровом лёссовидных суглинков и красно-бурых глин. Береговой уступ террасы хорошо выражен и высота его над урезом реки составляет 20–35 м.

Плато и плиоценовая терраса расчленены долиной правого донского притока – р. Темерник.

Наиболее низкие отметки поверхности приурочены к пойменной террасе Дона (0,5–4,0 м) и к приустьевой части Темерника. Глубина эрозионного вреза р. Темерник в северной части города, где она прорезает понтическое плато, достигает 60–70 м, а при выходе на плиоценовую террасу Дона – 40–60 м. Склоны р. Темерник и р. Дон изрезаны овражно-балочной сетью.

Балки донского склона имеют хорошо сформированные долины с асимметричными склонами: правые – крутые, левые – пологие. Протяженность балок от 2,5 до 8,5 км; глубина эрозионного вреза 20–50 м. Средний уклон ложа 0,02.

По балке Кобяковской проходит восточная граница города (за пос. Александровка). Балка имеет широкую, хорошо разработанную, разветвленную долину с водотоком. Протяженность балки около 2,5 км. В ее верховье и в среднем течении устроены пруды. В правом борту расположен кирпичный завод с карьерами кирпичных глин (пос. Кирпичный). В приустьевой части балки – старые карьеры песков и Кобяково городище. Раскопки археологов установили на территории городища существование трех различных поселений: сарматско-мэотического (I век до н.э.), половецкого (I–II в. н.э.). Наиболее позднее поселение относится к средневековью. Оно просуществовало до XII в. [Кулишов, 1987].

Балка Кизитеринка является самой протяженной на донском склоне. Длина ее достигает 8,5 км. Начинается балка на территории леспромхоза на абсолютных отметках 93–95 м. В верхнем течении балка имеет вид неглубокой лощины, по которой, однако, течет ручей, дренирующий грунтовые воды с территории подтопленного завода «Алмаз». В связи с частичной коттеджной застройкой ручей взят здесь в лоток. Балка имеет водоток на всем своем протяжении. Ниже ул. Панфиловцев долина балки углубляется и расширяется. Ее можно назвать малой речкой или ручьем. Глубина эрозионного вреза в приустьевой части балки 40–50 м. Средний уклон тальвега 0,019. Расход постоянного водотока 84,6 л/с [Заленский, 1939]. Выше ул. Панфиловцев и по ул. Медногорской на балке устроены пруды.

В районе перехода шоссе Ростов–Новочеркасск через б. Кизитеринку в нее слева впадает б. Чирикановка, также имеющая водоток. Выше перехода через балку Чирикановку (продолжение ул. Зеленой) в ее ложе устроен каскад прудов (Чирикановские и аэропортовские пруды). Эрозионный врез балки незначительный. При впадении в б. Кизитеринку превышение бортов над тальвегом 10–15 м.

Ниже впадения в Дон реки Темерник на донском склоне в пределах города есть еще две балки: б. Кульбакина и б. Рябинина. Балка Кульбакина протягивается с северо-востока на юго-запад и впадает в реку в районе гипсового завода. Протяженность балки около 2,5 км. В верховье она разветвляется на многочисленные отвершки. Глубина вреза до 30 м. В балке имеется постоянный водоток. Средний уклон тальвега 0,02. Балка заканчивается мощным конусом выноса, пропиленным современным руслом. На этом конусе выноса найдены остатки древнего городища (Гниловское городище I–II в. н.э.).

Балка Рябинина впадает в Мертвый Донец в районе железнодорожной станции Левенцовское. Длина ее до разделения на два отвершка около 2,7 км, длина отвершков 1,0–1,2 км. Балка также имеет крутой правый и пологий левый склоны. По тальвегу балки течет ручей, дренирующий грунтовые и подземные воды. В правом борту балки, напротив ж/д станции Левенцовское находятся крупные карьеры песков.

Кроме балок-притоков, донской склон изрезан многочисленными оврагами, длина которых колеблется от 200 до 800 м. Овраги между пр. Театральным и 14-й линией доходят до ул. Советской. Овраги давно засыпаны и заметны только со стороны берега.

Засыпанные широкие и протяженные овраги есть и в правом крутом склоне б. Кизитеринки в ее нижнем течении. Конфигурация этих оврагов нанесена с плана города 1845 г.

Более молодые овраги прорезают донской берег в пос. Верхнегниловском, ниже ул. Портовой, от пер. Саперного до 3-го Поселкового. Протяженность оврагов от 100 до 500 м. Часть оврагов уже засыпана полностью, но большинство можно назвать еще растущими. Верхняя часть их засыпается отвалами грунта и бытовым мусором. С пр. Верхнежелезнодорожного хорошо видны эти овраги. В крутых обрывистых бортах многих из них обнажены лёссовидные суглинки с погребенными почвами и красно-бурые глины. На контакте с глинами видны высачивания грунтовых вод и даже родники. Очертания оврагов нанесены со съемки 50-х гг. прошлого века.

Городской рельеф формирует и овражно-балочная сеть р. Темерник. Самой большой балкой, впадающей в р. Темерник, является ее левый приток, огибающий с юга и с востока Северный жилой район. Следует отметить, что давно существует путаница с названием реки и балки. Где основное русло Темерника? То, что после слияния уходит на север, или то, что поворачивает на восток и огибает СЖР? Планы города не дают ответа на этот вопрос, так как и в них имеются разночтения. Так, например, на планах города масштаба 1:30000 и масштаба 1:20000, изданных ООО «Картинформ» в 2003 и 2005 гг., оба водотока выше слияния названы балками.

В своей книге «Дон и его притоки» А.Ф. Самохин называет Темерником реку, начинающуюся севернее с. Большие Салы, а левый его приток – балкой Темерничкой. Небольшой водоток в балке поддерживался родниками, выходящими в ее правом крутом склоне. Ситуация менялась после создания на балке каскада водохранилищ. Водохранилища не только получают родниковую воду, но и подпитываются из Ростовского моря, созданного на б. Камышевахе. В Ростовское море со станции перекачки у ж/д разъезда Берданосовка поступает донская вода (р. Аксай – рукав Дона). Таким образом, благодаря хозяйственной деятельности человека б. Темерник в настоящее время по водообильности превосходит реку. Однако река имеет более широкую долину. Пойма ее, в месте слияния с балкой и выше по течению до ул. Орбитальной, имеет ширину до 750 м. Балка же имеет пойму, не превышающую 50–150 метров. Детальные исследования бассейна р. Темерник в последние годы (ОАО Институт Ростовский Водоканалпроект, СКНЦ ВШ, РГУ 1991–1993, 1995, 1999, 2000) с целью его оздоровления внесли ясность в этот вопрос. Без всякого сомнения, рекой следует называть водоток, уходящий на север от впадения б. Темерник.

В центральной части города в р. Темерник слева впадают балки Безымянная, Мокрая, Черепахиная и Генеральная. Балки имеют близкое к широтному протирание. В современном рельефе хорошо выражена только б. Безымянная. Начинается она в районе пл. Страна Советов. Длина балки около 6 км. Глубина эрозионного вреза 15–20 м. По балке течет ручей, питающийся в верховье за счет поверхностного стока и дренирования грунтовых вод. Кроме того, в балку сбрасываются дренажные воды завода «Ростсельмаш». Ниже ул. Шеболдаева балка прорезает сарматские известняки и дренирует подземные воды.

Балка Мокрая имеет современную долину только в нижнем течении, длиной примерно 0,6–0,7 км (ул. Турксибская). Балки Черепахиная и Генеральная имеют длину 2,0–2,5 км и в центральной части города засыпаны, прослеживаются только в нижней трети своего течения. В Новом поселении русло б. Черепахиной переходит в глубокий овраг, суженный с бортов насыпью. Овраг промывает до коренных пород и принимает городские стоки, для сброса которых имеется бетонный лоток.

По руслу балки Генеральной от пр. Ворошиловского до устья еще в дореволюционное время проложен ливневый коллектор (d = 3,0 м). Балка Генеральная – главная балка старого Ростова со всеми отвершками и развилками показана на плане 1845 г. (рис. 2.1).

Правый склон р. Темерник имеет иной характер. Он более крут, местами обрывист. Балки правого склона – Змеевая, Климова, Камышеваха – имеют протяженность 1,0–1,2 км. К устью склоны балок становятся круче, балки приобретают форму оврагов, но с расширенным ложем. Балка Климова, широкая у своего устья, разветвляется на два отвершка, которые доходят до отметки 50–60 м (ул. Мадояна). В левом отвершке балки выходят многочисленные родники из грунтовых и подземных вод (ул. Родниковая). При выходе балки на пойму Темерника в ее бортах имеются старые засыпанные карьеры кирпичных глин и песков. Самого названия балки нет ни на одном старом плане города, но местные жители называют ее так.

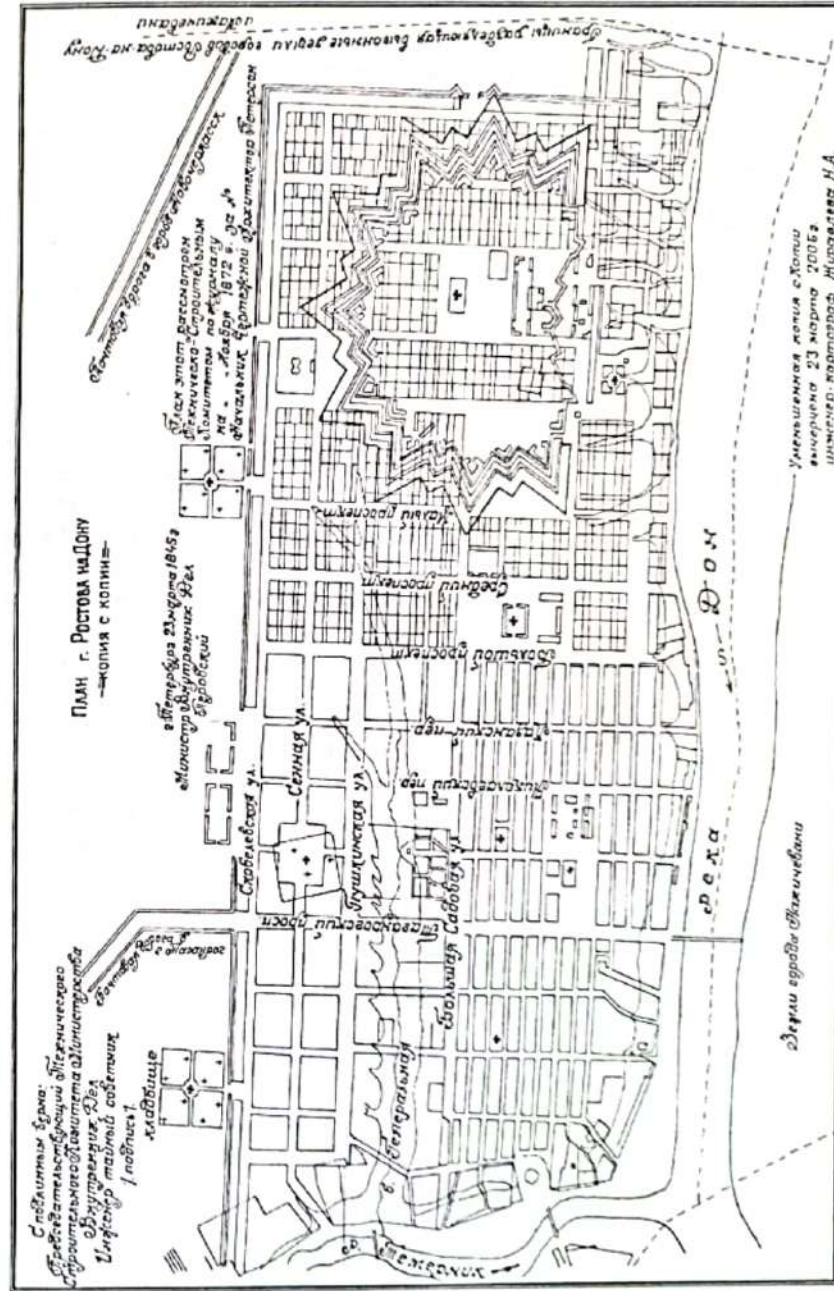


Рис. 2.1. План г. Ростова-на-Дону 1845 г.



Балка Камышеваха впадала справа в р. Темерник в 0,5 км выше железнодорожного моста через р. Дон. На плане 1956 г. она еще показана, но в настоящее время русло ее засыпано. По бывшей балке устроен въезд на территорию Западного жилого района (пр. Стачки). Борта ее достаточно крутые и в приустьевой части перед путепроводом имеют высоту 25–30 м.

Кроме балок-притоков по правому склону долины Темерника есть и более мелкие балочки и овраги.

## 2.2. Гидрография

Река Дон, протекающая у г. Ростова-на-Дону, имеет длину 1980 км и водосборную площадь 429 500 км<sup>2</sup>. В пределах города река протягивается на 18,5 км. Ниже ст. Нижнегниловской вправо от Дона отделяется узкий проток под названием Мертвый Донец.

Мертвый Донец запружен выносами Темерника, способствовавшими обмелению и частичному его отмиранию, продолжающемуся и в настоящее время. Место отделения Мертвого Донца принимается за начало дельты Дона. Общая его длина около 35 км, ширина 60–200 м, глубина незначительна. Судосходство по Мертвому Донцу невозможно из-за малых глубин, хотя еще в середине 60-х гг. XIX в. он был судосходен [Статистическое описание Земли Войска Донского, 1862].

Годовой режим уровней Дона определяется типом питания реки. Питание Дона в основном происходит за счет весеннего снеготаяния, составляющего около 60–65% общего годового стока, подземное питание составляет 25–30%, а дождевое всего 3–5%.

Таяние снегового покрова в нижней части бассейна начинается значительно раньше, чем в верховьях. Неодновременный сток талых вод вызывает прохождение двух волн паводка – «холодной» и «теплой» воды. При складывании обеих волн, как это было в 1917 г., паводье достигает наибольшей высоты. А.Ф. Самохин приводит данные о высоких уровнях Дона, которые отмечались на стене колокольни Воскресенского собора в ст. Старочеркасской более 200 лет (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Год	Уровень, см
1740	524
1786	517
1820	489
1849	533
1875	440
1917	570
1932	542
1942	554

После устройства Цимлянского водохранилища сток р. Дон зарегулирован.

В 1999 г. по справке Северо-Кавказского гидрометцентра обеспеченные значения уровней р. Дон в створе ж/д линии Ростов–Баку составляли:

- Н 1% = 4,15 м БС;
- Н 2% = 3,90 м БС;
- Н 5% = 3,55 м БС;
- Н 10% = 3,30 м БС.

Река Темерник – правый приток Дона – начинается севернее села Большие Салы (см. раздел 2.1). Протяженность реки 35,5 км, площадь водосбора 293 км<sup>2</sup>. Река сильно меандрирует, пойма ее то суживается, то расширяется до 400–500 м, а местами до 750 м, и густо поросла камышом. Открытое зеркало воды имеется только в местах подпора каменными или земляными плотинами. В районе Зоопарка, ниже впадения б. Безымянной, русло Темерника расчищено, перегорожено дамбами на несколько прудов. На пойме образовались озера. Питание река получает за счет поверхностного стока и за счет дренирования грунтовых и подземных вод. Балки-притоки, имеющие постоянный водоток, также приносят в нее свою воду. Величина расхода реки изменяется от 0,5 до 25 м<sup>3</sup>/с. При сильных паводках или сильных летних ливнях река выходит из берегов и затопливает часть поймы. В настоящее время санитарное и экологическое состояние реки крайне неудовлетворительное. Берега реки, а также тальвеги и склоны ручьев, впадающих в нее, захлаплены свалками бытового и строительного мусора, в нее сбрасываются сточные воды различных предприятий. По данным на 1995 г., объем неочищенных и недостаточно очищенных вод, сбрасываемых в Темерник, составил 98,3 млн м<sup>3</sup> в год. Остается надеяться, что принятые в последние годы целевые экологические программы оздоровления водного бассейна реки позволят хотя бы частично вернуть ей природную красоту.

200 лет назад Темерник был довольно значительной рекой, в устье которой Петром I была устроена верфь для ремонта судов Азовской флотилии. Военные 50-пушечные корабли с осадкой более 1 м свободно поднимались вверх по реке в устье балки Генеральной, где находилась стоянка русского флота [Елагин, 1864]. Такой полноводной речкой показан Темерник на картах земель крепости Дмитрия Ростовского (1781 г.).

По данным «Целевой экологической программы оздоровления водного бассейна р. Темерник» (СКНЦ ВШ, РГУ, 2000).

### 3. ГЕОМОРФОЛОГИЯ

Город Ростов-на-Дону занимает два крупных геоморфологических элемента: понтическое плато и плиоценовую террасу Дона. Более низкие молодые террасы Дона и Темерника составляют незначительную часть его площади.

#### 3.1. Понтическое плато

По геоморфологическому районированию (М.В. Карандеева, 1957) территория г. Ростова находится в северо-западной части Причерноморской низменности, которая выделена в самостоятельную геоморфологическую область – Приазовскую равнину. «Общими чертами в истории развития данной области являются: устойчивое погружение территории, молодость рельефа и значительная мощность четвертичных отложений, что обусловило равнинный характер рельефа» (В.А. Брылев, А.В. Цыганков, Ч.К. Акуз) [Геология СССР, 1970]. Эта территория сложена породами неогена и ее называют понтическим или неогеновым плато. Морские отложения неогена перекрыты континентальными четвертичными осадками скифской серии зоплейстоцена и полным разрезом четвертичных неоплейстоценовых лёссовидных пород. Границей этой области на севере является область открытого Донбасса, на юге – долина Дона и Таганрогский залив. Неогеновое плато расчленено долинами рек и их притоков. Часть плато, на которой расположен г. Ростов, является южным склоном Дону-Тузловского водораздела. Наибольшие высоты этого склона на северной границе города – 100–110 м, а по линии приращения плиоценовой террасы – 80–85 м. На понтическом плато расположены пос. Каменка, Военвед, Стройгородок, пос. Северный, Автоборочный, Северный жилой массив, жилой район Темерник, пос. Мясникован, Чкалова и частично пос. Орджоникидзе.

#### 3.2. Террасы Дона

**Плиоценовая (хапровская) терраса.** Вдоль правого берега реки от б. Кобяковской до пер. Соборного и от устья Темерника до самой западной границы города протягивается береговой уступ плиоценовой террасы, понижающийся в юго-западном направлении, в сторону Таганрога. Терраса выделяется по отложениям аллювиальных песков и глин (хапровские слои). Выходы хапровских песков прослеживаются в обнажениях берегового уступа, а также в правом борту р. Темерник. Обнажения и карьеры песков есть и в правых бортах балок, прорезающих плиоценовую террасу (балки Кобяковская, Змеевая, Климова, Кульбакина, Рябикина). На всей остальной территории, где древний аллювий скрыт под покровом скифских глин и лёссовых пород, терраса прослежена глубоким бурением. Ширина террасы колеблется от 3 до 6,5 км. Тыловой шов террасы проходит от верховьев б. Кобяковской, через пос. Орджоникидзе, выше

пос. Дачного, по балкам Безымянной, Змеевой и далее ниже железной дороги на отвершки балки Чалтырьской.

**Четвертичные террасы Дона.** По правому берегу в пределах города есть только первая надпойменная (сурожская) терраса и пойма, имеющая два уровня: высокий и низкий.

**Сурожская терраса** развита ограниченно и прослеживается западнее устья Темерника. На этой террасе расположены заводы Котельно-механический и «Электроинструмент». Протяженность террасы 1200 м, ширина 70–100 м, высота над рекой 8–10 м. От высокой поймы ее отделяет хорошо выраженный уступ.

Высокий и низкий уровни донской поймы по правому берегу проследить сложно, так как она почти на всем протяжении спланирована. От устья б. Кизитеринки до устья Темерника пойма закрыта планомерно возведенной насыпью, абсолютные отметки которой колеблются от 4 до 6 м. При впадении б. Кизитеринки и выше ее устья ширина поймы на протяжении 1,5–1,6 км колеблется от 100 до 300 м, а высота – от 0,5 до 1,5 м. Далее она резко сужается до 10–15 м. Ниже устья Темерника пойма окаймляет уступ плиоценовой и сурожской террас полосой 10–25 м, которая расширяется при впадении балок Кульбакина и Рябикина до 80–100 м. Высота ее от 0,5 до 1,5 м.

Левый берег реки представляет собой **пойменную террасу**, ширина которой напротив Ростова до северных границ Батайска достигает 8–10 км. Абсолютные отметки низкого уровня поймы 0,8–1,5 м. Она затопливается даже при невысоких половодьях. На низкой пойме возвышаются до 3–3,5 м останцы высокой поймы и песчаные массивы прирусловых валов до 5 м.

На пойменной террасе есть участки с отметками 3,5–5 м, принадлежащие сnivelированным останцам надпойменных террас (сурожской и карангатской), которые можно выделить только бурением. Под почвенным слоем в этом случае вскрываются делювиальные желто-бурые суглинки мощностью от 5–7 до 9 м, а глубже морские осадки, окрашенные в серые и зеленовато-серые тона.

Левобережная пойменная терраса изобилует старыми руслами, ериками, озерами.

#### 3.3. Террасы р. Темерник

Река имеет пойменную и три надпойменные террасы. При мелкомасштабных геологических съемках [Петров, 1940; Водяницкая, 1946] пойма, первая и вторая надпойменные террасы показаны без деления, а третья терраса не упоминается, поскольку не была известна. Терраса установлена нами при инженерно-геологической съемке 1971–1972 гг.

**Третья надпойменная терраса** прослежена бурением по левому берегу реки до отметок 40–45 м. В рельефе она почти не выделяется, так как скрыта делювиальным покровом значительной мощности. Внешний край террасы сглажен, отметки его 20–25 м. Наибольшее развитие терраса имеет в районе ул. Нансена и Мечникова и в приустьевой части реки, где по балке Генеральной

она заходит вглубь левого берега на 0,8–1 км. Далее тыловой шов террасы, пересекая балку, прослеживается по пер. Соборному до берега Дона. Мощность и состав делювиального покрова террасы (три горизонта суглинков), гипсометрическое положение террасы, аналогичное параметрам 3-й надпойменной террасы Дона и Северского Донца, позволили нам предположить ливинско-днепровский возраст аллювия. С такими выводами согласился Г.И. Попов (1977 г.), известный своими крупными исследованиями четвертичных отложений Нижнего Дона и северо-восточного Приазовья. В монографии «Экология города Ростова-на-Дону» [Приваленко, Безуглова, 2003] третья надпойменная терраса Темерника, сведения о которой взяты из нашей работы «Анализ и оценка инженерно-геологических условий г. Ростова-на-Дону и их изменений в связи с хозяйственной деятельностью человека» (1976), ошибочно названа эвксинской. Морская эвксинская терраса прослеживается по северному побережью Азовского моря от г. Таганрога до Миусского лимана. Морские эвксинские отложения в районе г. Ростова заполняют переуглубленную долину Дона с абсолютных отметок минус 20 [Горецкий, 1957; Попов, 1983].

**Вторая надпойменная терраса** выделяется по левому берегу реки между железнодорожным депо и желудочно-кишечным санаторием. Ширина террасы 200–700 м, абсолютные отметки бровки уступа от 15–18 м, а тылового шва до 18–25 м. Уступ террасы выражен четко.

**Первая надпойменная терраса** широко развита в долине р. Темерник. Ниже впадения балки Темерник терраса прерывисто прослеживается по обоим берегам. Ширина террасы от 35–60 до 250–500 м, высота над рекой 6,5–8 м.

**Пойменная терраса** на большем своем протяжении двухсторонняя, но местами справа, где река подмывает высокий коренной берег, пойма почти отсутствует, суживаясь до 15–20 м. С левого же берега ширина поймы 200–300 м, на отдельных участках увеличивается до 400–750 м. В районе Ботанического сада и впадения в реку б. Мокрой широкую левобережную пойму в свое время называли Темерницким займищем. Поверхность поймы заболочена, поросла камышом. В нижнем течении реки в районе железнодорожного вокзала пойма спланирована насыпью. В пойменном рельефе отмечаются две ступени: низкая и высокая. Низкая пойма приподнята над рекой на 0,25–1,2 м, а высокая – до 1,5–3,5 м. Отметки поймы, следуя уклону тальвега речной долины, в пределах города понижаются от 25 до 0,25–1,2 м.

В табл. 3.1 дана характеристика речных террас, развитых в пределах г. Ростова.

Морфометрические характеристики террас

Геоморфологические элементы	Высота над рекой, м	Ширина, м	Абсолютные отметки			
			Тыловой шов	Уступ	Аллювий	
					Кровля	Подошва
<b>Террасы Дона (правый берег)</b>						
Низкая пойма	0,5–1,5	10,0–300	+0,8 – +1,5		0 – +1	–20
Высокая пойма	2,0–3,5	30,0–300	+2,3 – +4,5	+1 – +3	+1,3 – +3,5	–20
I надпойменная терраса	8,0–10,0	70–80	+10 – +11	+7 – +7,5	+3 – +3,5	–5 – +10
Плиоценовая терраса	80–87	3000–6500	70–85	20–35	+24 – +33	+14 – +24
<b>Террасы Темерника</b>						
Низкая пойма	0,25–1,2	5,0–300	+1 – +25	+0,8 – +23	+0,5 – +22	–1 – +17
Высокая пойма (приустьевая часть реки)	1,5–3,5	150–600	+2,3 – +4,5	+2 – +2,5	+1,3 – +3,5	–20
I надпойменная терраса	6,0–8,0	35–500	8–15	5–13	+8 – +13	+5 – +15
II надпойменная терраса	19,0–18,0	200–700	18–25	15–18	+2 – +10	–17 – +20
III надпойменная терраса	25–40	280–1100	35–45	+20 – +25	+5 – +28	–14 – +18

Границы геоморфологических элементов показаны на геологической карте (рис. 1 вкладки).

## 4. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ

Одним из важнейших факторов инженерно-геологической обстановки является геологическое строение территории. Литологический состав пород, характер их залегания, мощность и распространение во многом определяют условия возведения и эксплуатации инженерных сооружений.

В тектоническом плане г. Ростов-на-Дону расположен в пределах Ростовского свода, который представляет собой небольшой, относительно приподнятый участок Русской плиты, лежащий на восточном погружении Украинского щита. Допалеозойский кристаллический фундамент несогласно облекается меловыми породами, на которых почти горизонтально покоятся отложения палеогена, неогена и антропогена [Геология СССР, 1970].

На территории города в сферу влияния фундаментов инженерных сооружений на геологическую среду входят неогенные и четвертичные отложения. Эти породы и являются предметом изучения.

Новая стратиграфическая схема этих пород утверждена Межведомственной стратиграфической комиссией 29 сентября 2002 г. (табл. 4.1–4.3, рис. 1 вкладки, 4.1, 4.2).

### 4.1. Неогеновая система (N1-2)

Неогеновые осадки представлены морскими отложениями сарматского, мизотического и понтического горизонтов среднего и верхнего миоцена и континентальными породами халпровской свиты верхнего плиоцена. Морские осадки залегают почти горизонтально с небольшим уклоном к югу и западу.

#### 4.1.1. Сарматский горизонт N1s.1

Разрез сарматских отложений в г. Ростове начинается с песков и глин *нижнесарматского горизонта*. Пески по наличию в них характерной фауны (обилие раковин *evgilia*) носят название «эврилиевых». Кровля песков имеет отметки от -0,5 до +6 м. Пески мелкие, светло-серые, иногда темно- или зеленовато-серые. Пачки и прослойки глин в песках в верхней части разреза носят подчиненный характер. Глины листоватые серые, пепельно-серые и зеленовато-серые. Мощность нижнесарматских отложений 35–60 метров.

Глубокие скважины, пробуренные по трассе первой очереди метрополитена в пойме р. Темерник под влиянием вскрыли нижнесарматские пески и глины до абсолютной отметки минус 53 – минус 55 м.

На «эврилиевых» песках залегают пачки *среднесарматских* глин и известняков.

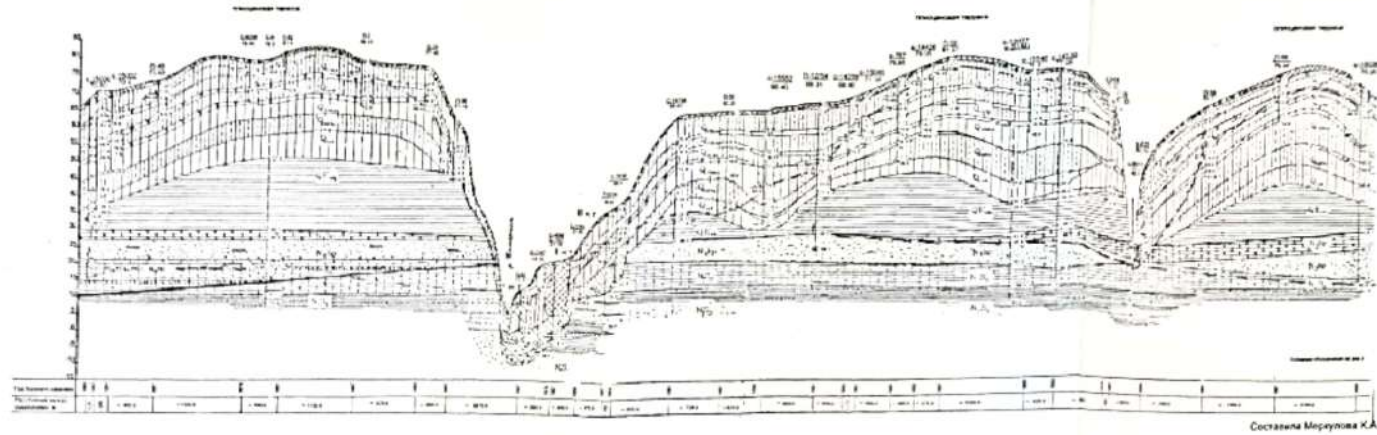


Рис. 4.1. Геологический разрез 1-1 от б. Калмыцкой до б. Коблевской

Составила Меркулова К.А.

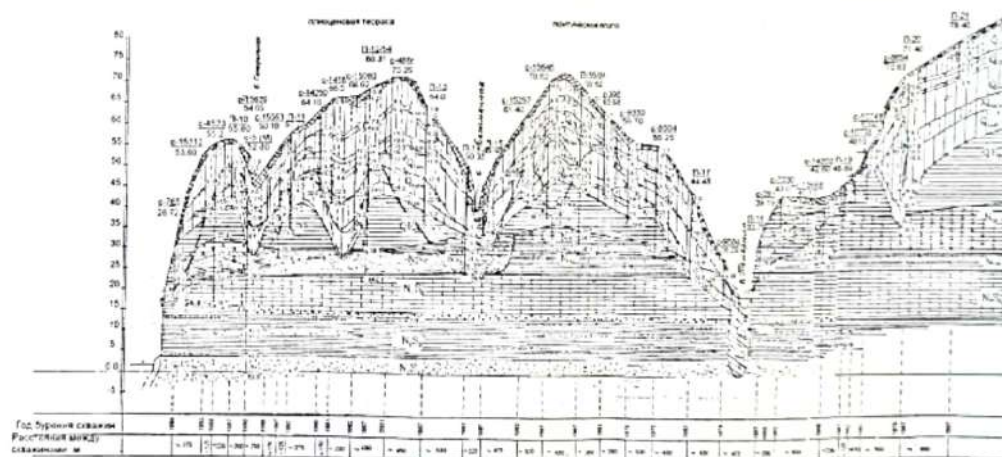


Рис. 4.2. Геологический разрез 2-2 от р. Дон до ул. Орбитальной

Составила Меркулова К.А.

Таблица 4.1

Стратиграфическая схема неогеновых отложений (сокращенная)  
(утверждена межведомственной стратиграфической комиссией 29 сентября 2002 г.)

Общая стратиграфическая шкала				Региональные подразделения		
система	млн лет	отдел	подотдел	Горизонт, подгоризонт, слой		
Четвертичная	1	плейстоцен	зоплейстоцен	Приазовье, Маныч		
				Нижний Дон		
Неогеновая	2	плиоцен	верхний	Слой с <i>Sargatolites</i> <i>dentata</i> до 90		
				3	средний	АРМАВИРСКАЯ СВИТА Глины красноватые, реже желтовато-серые
	4					нижний
		5	нижний	ЕССА СВИТА* Пески кварцевые, глины. В районе Ессекы алевритовые супралигнитные грубообломочные		
	6			нижний	ПОНТ Неогрессийские слои - пески, глины, известково-карбонатные с <i>Rhinostyris</i> <i>dentatissima</i> , <i>Aster</i> <i>helveticus</i> , <i>Cyrtoscardium</i> <i>coaxiale</i> , <i>Sargatella</i> <i>dentatissima</i> , <i>Rhinostyris</i> <i>coaxiale</i> 25-50 м	
		7	нижний		ПОНТ	
	8			верхний	МАЗОТИС	
		9	верхний		МАЗОТИС	
	10			нижний	САРАМАТ	
		11	нижний		САРАМАТ	
	12			нижний	САРАМАТ	
		13	нижний		САРАМАТ	
	14			нижний	САРАМАТ	
		1	1		плейстоцен	зоплейстоцен
2	2	плиоцен	верхний	акчагыл	БЕССАРАБСКАЯ СВИТА Пески кварцевые до 40 м	
3	3			акчагыл	СРЕДНЯЯ ПЕССОБИТА Пески известковые до 25 м	
4	4	нижний	нижний	кimmerий	НИЖНЯЯ ПЕССОБИТА Пески с известковыми включением, известняки, гипсовый известняк до 50 м	
5	5			кimmerий	АЛЕКСАНДРОВСКАЯ СВИТА Пески известковые, глины с <i>Sargatella</i> <i>dentata</i> до 2,5 м	
6	6	нижний	нижний	понт	ПОСЛЕДНЯЯ СВИТА* Кварцевые известковые пески, глины, в районе Мазотиса известняки, М. с <i>Sargatella</i> , <i>Rhinostyris</i> 10 м	
7	7			понт	ПОСЛЕДНЯЯ СВИТА* Кварцевые известковые пески, глины, в районе Мазотиса известняки, М. с <i>Sargatella</i> , <i>Rhinostyris</i> 10 м	
8	8	верхний	верхний	мазотис	ПОСЛЕДНЯЯ СВИТА* Кварцевые известковые пески, глины, в районе Мазотиса известняки, М. с <i>Sargatella</i> , <i>Rhinostyris</i> 10 м	
9	9			мазотис	ПОСЛЕДНЯЯ СВИТА* Кварцевые известковые пески, глины, в районе Мазотиса известняки, М. с <i>Sargatella</i> , <i>Rhinostyris</i> 10 м	
10	10	нижний	нижний	сармат	ПОСЛЕДНЯЯ СВИТА* Кварцевые известковые пески, глины, в районе Мазотиса известняки, М. с <i>Sargatella</i> , <i>Rhinostyris</i> 10 м	
11	11			сармат	ПОСЛЕДНЯЯ СВИТА* Кварцевые известковые пески, глины, в районе Мазотиса известняки, М. с <i>Sargatella</i> , <i>Rhinostyris</i> 10 м	
12	12	нижний	нижний	сармат	ПОСЛЕДНЯЯ СВИТА* Кварцевые известковые пески, глины, в районе Мазотиса известняки, М. с <i>Sargatella</i> , <i>Rhinostyris</i> 10 м	
13	13			сармат	ПОСЛЕДНЯЯ СВИТА* Кварцевые известковые пески, глины, в районе Мазотиса известняки, М. с <i>Sargatella</i> , <i>Rhinostyris</i> 10 м	
14	14	нижний	нижний	сармат	ПОСЛЕДНЯЯ СВИТА* Кварцевые известковые пески, глины, в районе Мазотиса известняки, М. с <i>Sargatella</i> , <i>Rhinostyris</i> 10 м	
15	15			сармат	ПОСЛЕДНЯЯ СВИТА* Кварцевые известковые пески, глины, в районе Мазотиса известняки, М. с <i>Sargatella</i> , <i>Rhinostyris</i> 10 м	

Таблица 4.3

Таблица 4.2

Стратиграфическая схема четвертичных отложений (сокращенная)

Единая схема отложения	Существующая, утвержденная в 1964 г.		Региональные подразделения		Общая стратиграфическая шкала		Предлагаемые межрегиональные подразделения		Предлагаемая в 2002 г.											
	Региональная схема для Европейской части СССР	Современный	Средний и Нижний Дон		степень	Надгоризонт	Горизонт, подгоризонт	Геологический индекс	Лессовые породы	Генетические подразделения										
			Долины	Континентальные отложения							Геологический индекс									
нижнечетвертичные	Беловеский	Аллоев IV и V террасы	Аллоев III террасы	Аллоев II террасы	Погребенная почва	eQIV	eQIII	eQIII	QIV	Ld - алювиальные лессовидные глина, суглики, супеси, пески, санды	Ld - алювиальные лессовидные глина, суглики, супеси, пески, санды									
												нижняя свита	Ледниковые отложения	Верхняя свита	Лессовидные суглики	eQIV	eQIII	eQIII	QIII	QIII
верхнее звено	нижнее звено	Плейстоцен	неоплейстоцен	верхнее звено	нижнее звено	верхнее звено	нижнее звено	верхнее звено	нижнее звено	верхнее звено	нижнее звено									
												верхнее звено	нижнее звено	Плейстоцен	неоплейстоцен	верхнее звено	нижнее звено	верхнее звено	нижнее звено	верхнее звено
верхнее звено	нижнее звено	Плейстоцен	неоплейстоцен	верхнее звено	нижнее звено	верхнее звено	нижнее звено	верхнее звено	нижнее звено	верхнее звено	нижнее звено									
												верхнее звено	нижнее звено	Плейстоцен	неоплейстоцен	верхнее звено	нижнее звено	верхнее звено	нижнее звено	верхнее звено
верхнее звено	нижнее звено	Плейстоцен	неоплейстоцен	верхнее звено	нижнее звено	верхнее звено	нижнее звено	верхнее звено	нижнее звено	верхнее звено	нижнее звено									

Примечания: 1. На картах четвертичных отложений индекс Q снимается. Остается генетический индекс, индекс зерна и ступени. Например, лессовидные делювиальные суглики ошашковского горизонта LdIII4 или субаральные скифские глины kaEsk2. 2. Индекс лессовой породы L ставится только на картах.

Рабочая легенда четвертичных отложений (к инженерно-геологическим разрезам, сокращенная)

Эпоха	Звено	Подзона	Плейстоцен		Неоплейстоцен		Голоцен	Описание	
			нижнее звено	среднее звено	верхнее звено	нерасчлененный			
эоплейстоцен	верхнее звено	saQEsk2						tQIV	Техногенные отложения
								eQIV	Современная почва
								aQIV	Аллювиальные отложения пойменной террасы (рек)
								adQIV	Аллювиально-делювиальные отложения пойменной террасы малых рек, балок
								mQIVdc	Древнечерноморские морские отложения (высокая пойма), Н. Дон, Западный Маныч (Манычский пролив)
эоплейстоцен	верхнее звено		аQIV			vdQI-III	Золото делювиальные отложения крупных межречных водоразделов (лессовидные суглики, супеси, глины, лессы)		
			аQIII			dQI-III	Делювиальные отложения склонов (лессовидные суглики, супеси, глины)		
			аQII			vdQIII	Верхнечетвертичные золово-делювиальные отложения водоразделов (крупные водоразделы межречных долин)		
			аQI			dQIII	Верхнечетвертичные делювиальные отложения склонов		
			аQI			epQIII	Верхнечетвертичные погребенные почвы в лессовых породах		
			аQI			a2QIII	Аллювиальные отложения первой надпойменной террасы		
	среднее звено			аQIII			ad2QIII	Аллювиально-делювиальные отложения первой надпойменной террасы (тыл, шов)	
				аQIII			am2QIIIsg	Аллювиально-морские отложения сурожской террасы (Н. Дон, Западный Маныч)	
				аQIII			a1QIII	Аллювиальные отложения второй надпойменной террасы	
				аQIII			am1QIIIkg	Карангатские аллювиально-морские отложения (Карангатская терраса Нижнего Дона и Западного Маныча)	
				аQIII			a.ad1QIII	Аллювиальные и аллювиально-делювиальные отложения второй надпойменной террасы мелких рек	
				аQIII			vdQII	Золото-делювиальные отложения водоразделов	
нижнее звено			аQIII			dQII	Делювиальные отложения склонов		
			аQIII			epQII	Элювиальные отложения (погребенные почвы) в толще лессовидных суглинков и глин		
			аQIII			aQII	Аллювиальные отложения третьей надпойменной террасы		
			аQIII			amQIIeu	Древнезавкавказские аллювиально-морские отложения (древнезавкавказская терраса Миусского полуострова, г. Таганрога и Манычского пролива)		
			аQIII			vdQI	Золото-делювиальные отложения водоразделов		
			аQIII			dQI	Делювиальные отложения склонов		
эоплейстоцен	верхнее звено		аQIII			epQI	Погребенные почвы		
			аQIII			aQI	Аллювиальные отложения четвертой и пятой террас Дона		
			аQIII			amQIB2	Верхнебакские (четвертая надпойменная терраса) аллювиально-морские отложения Миусского полуострова и Манычского пролива		
			аQIII			amQIB1	Нижнебакские аллювиальные и морские отложения пятой надпойменной террасы Манычского пролива		
			аQIII				Субаральные скифские глины		

Темно-серые и черные сланцеватые глины, с присыпками по слоям ярко-желтого ярозита, с прослоями песка и раковинного детритуса (детритусовые ленты) являются очень характерными и узнаваемыми при их вскрытии. Раковинный детритус местами довольно прочно сцементирован известковым цементом и при бурении выделяется, как прослойки известняка. Подошва глин соответствует кровле «эрвилиевых» песков от минус 0,5 до плюс 6 м, а ее кровля имеет абсолютные отметки от плюс 6 м в устье балки Рябинина до плюс 24 м в Северном жилом районе.

Разрез среднего сармата заканчивается пачкой плотных, крепких светло-серых или желтовато-серых известняков. Известняки имеют оолитовую структуру, кавернозны. Полости и каверны заполнены светло-серой или зеленовато-серой мергелистой глиной и песком. На склонах донского берега известняки сильно трещиноватые. Подошва их разрушена действием подземных вод. Кровля среднесарматских известняков также носит следы размыва — здесь поработала речная вода, так как известняки являются коренным цоколем ханпровской донской террасы.

Пласт известняков имеет слабый уклон на запад и юг. Самые высокие отметки кровли известняков в Северном жилом районе по линии ул. Орбитальной и Лелюшенко поднимаются до 28 м. В центральной части города (ул. Б. Садовая, Нахичевань) глубокими скважинами под метро известняки вскрыты на абсолютных отметках 20–25 м. Вдоль берегового уступа плиоценовой террасы в обнажениях от ст. Кизитеринка до пер. Соборного известняки выходят на абсолютные отметки 17–19 м. Мощность известняков в полном разрезе составляет 8–10 м. Под пачкой известняков залегает пласт мелких светло-серых песков толщиной 0,3–2 м, который может являться маркирующим признаком. По геологической съемке планшета г. Ростова масштаба 1:50000, выполненной Б.М. Петровым в 1940 г., среднесарматские известняки западнее устья Темерника размывы, а на среднесарматских темноцветных глинах залегают известняки мзотиса.

В настоящее время накопленные материалы бурения по коренным породам неогена позволяют уточнить границу смены пород.

Геологический разрез по подземному коллектору через водораздел между Доном и Темерником по линии ул. Кулагина, Рабочей площади, ул. Скачкова свидетельствует, что на абсолютных отметках от 24,28 м на склоне Темерника до 14,1 м на донском склоне вскрыты крепкие, трещиноватые желтовато-серые известняки мощностью 6–12 м, под которыми повсеместно прослеживается пласт песков от 0,3 до 1,7 м, что является признаком среднесарматских отложений.

Следовательно, граница размыва проходит западнее ул. Кулагина. Характерный разрез мзотических отложений был описан В.В. Богачевым еще в 1910 г. у станции Гниловской. Надо полагать, что это место находится у ж/д станции Гниловская, между станциями Верхне- и Нижнегниловской. Еще западнее, ниже устья балки Рябинина в разрезе Левенцовского карьера под ханпровскими песками известняк описан как мзотический (В.С. Байгушева, Г.Н. Родзянко, 1959). Мы считаем, что граница распространения среднесарматских известняков предположительно проходит между ул. Кулагина и ж/д стан-

цией Гниловская. Кроме того, представляется более естественным постепенный срез известняков сармата мзотическим морем. В разрезе по подземному коллектору пачка известняков имеет большую мощность, чем обычно. Можно предположить, что верхняя часть толщи относится к мзотису, а нижняя к сармату, тем более что мощность верхних пачек известняков во всех описанных разрезах мзотиса не превышает 3,5 м. По правой стороне ул. Амбулаторной (400 м от устья Темерника) наблюдаются выходы светло-желтого мзотического известняка, но их видимая мощность не превышает 2–2,5 м, следовательно, глубже могут залегать сарматские известняки.

*Верхнесарматские отложения* на территории г. Ростова почти полностью размывы. В.М. Заленский в скважине № 4523 (каталог скважин по г. Ростову), пробуренной у Дома Советов в 1938 г. на глубине от 30 до 32,3 м, относит к верхнему сармату переслаивание светло-серых мергелей и мелких серых песков. Возможно, верхний сармат есть на плато, но остался незамеченным, так как там он залегает под мзотисом, имеющим почти такой же разрез.

#### 4.1.2. Мзотический горизонт $N_{1m}$

Мзотические отложения на территории г. Ростова повсеместно развиты на понтическом плато. На плиоценовой террасе породы мзотиса сохранились западнее р. Темерник (см. выше). Геологический разрез мзотических осадков представлен переслаиванием известняков, мергелей, глин и песков. В верхней части разреза преобладают известняки, причем самый верхний прослой известняка имеет мощность от 1 до 3,5 м. Средняя и нижняя часть геологического разреза обычно представлена частым переслаиванием известняков, глин и песков. Мощность прослоев находится в пределах 0,1–1,8 м. Общая мощность мзотических отложений составляет 5–10 м.

#### 4.1.3. Понтический горизонт $N_{1pn}$

Понтический горизонт в г. Ростове представлен морскими осадками верхнего миоцена — известняками-ракушечниками «одесского» типа. Известняки желтой или ржаво-бурой окраски, пористые, разделяются на два слоя. Верхний слой представлен слабосцементированной породой, а нижний — более крепкой с прослоями перекристаллизованных разностей. При карьерной разработке эти прослои называют «плитой» или «аршинником». В старом Ростове почти все фундаменты домов сложены из пиленого известняка-ракушечника. На окраинах старого Ростова известно несколько бывших карьеров по добыче известняков. Понтические известняки выходят на поверхность в обрывах правого берега балки и р. Темерник (п. Совхозный, п. Каменка, Донподход, СЖР).

Абсолютные отметки кровли известняков в полном разрезе 39–43 м, а размывая их поверхность опускается до 31–35 м. Мощность известняков уменьшается на участках размыва (левые борта балки и р. Темерник) до 1–3 м. Подошва известняков-ракушечников имеет абсолютные отметки 30–33 м.

*Континентальные неогеновые осадки* представлены аллювием, слагающим плиоценовую террасу Пра-Дона.

#### 4.1.4. Хапровская свита *Nzhp*

Свое название свита получила от станции Хапры в окрестностях г. Ростова-на-Дону, где находится разрез, являющийся стратотипом этих осадков. Хапровские слои, охарактеризованные одноименным комплексом млекопитающих, приобрели значение основного стратиграфического подразделения континентального плиоцена СССР (В.И. Громов, К.В. Никифорова, Л.И. Алексеева и др. [Геология СССР, 1970]).

Отложения Пра-Дона представляют собой типичный речной аллювий пойменной и русловой фации. К первой относятся горизонтально-слоистые зеленоватые глины и мелкие пески, ко второй – пески средние и крупные, белые и светло-желтые, косослоистые с гравием, галькой и обломками осадочных каменноугольных и неогеновых пород. Наиболее полный разрез хапровских слоев, охарактеризованный виллафранкской фауной позвоночных (В.С. Байгушева, 1964, 1965), наблюдается в карьере у ст. Левенцовка (парастратотип хапровских отложений).

Ширина развития полосы хапровских песков соответствует распространению хапровской террасы, т.е. до 3–6,5 км. Мощность песков разная. Вдоль тылового шва террасы мощность аллювия 7,5–9 м, в центральной части города 3–6 м, в пос. Александровка 9–15 м. В Западном жилом районе вдоль берега Дона, на запад от пер. Станционного, в уступе плиоценовой террасы ниже полотна железной дороги обнажаются пески, видимая мощность которых 3–5 м. Самая большая мощность песков наблюдается в Левенцовском карьере и в его окрестностях. В стенке карьера, по описанию В.С. Байгушевой и Г.Н. Родзянко, в 1959 г. мощность песков составляла 17,4 м. По скважинам, пробуренным на перспективной площади карьера в 1989–1990 гг., вскрыта мощность песков 21–22 м (правый борт б. Рябины).

Кровля хапровских отложений колеблется от 33,77 до 24,85 м, подошва – от 24,70 до 12,85 м.

В кровле хапровских отложений встречается погребенная почва, похожая на луговой мергель.

#### 4.2. Четвертичная система (Q)

Нижняя граница четвертичной системы по решению Межведомственной стратиграфической комиссии от 29 сентября 2002 г. проведена по отложениям акчагыльского горизонта в соответствии с общей европейской унифицированной стратиграфической шкалой. Породы апшеронского горизонта вошли в эоплейстоцен, который теперь является нижним разделом плейстоцена.

На территории г. Ростова апшерон представлен осадками скифской серии.

#### 4.2.1. Эоплейстоцен *QE*

##### 4.2.1.1. Скифские глины *saQEsk2*

По вопросу возраста и происхождения скифских глин имеется ряд противоречивых суждений. Г.И. Попов возраст скифских глин Восточного Приазовья и Нижнего Дона определял по их отношению к верхнеплиоценовым пресноводным отложениям (танаисские и нагавские слои): «Скифские глины занимают определенное стратиграфическое положение на самом рубеже плиоценового и плейстоценового времени и могут быть отнесены к длительной эпохе перерыва между апшеронским и бакинским ярусами Каспийской области» [Попов, 1948].

Своим происхождением, как считает Г.И. Попов и другие исследователи, скифские глины обязаны элювиальным и пролювиально-делювиальным процессам на слабодренированных низменных предчетвертичных равнинах. В новой стратиграфической схеме четвертичных отложений скифские глины индексируются как субазральные осадки (*saQEsk2*).

На высоком степном плато правобережья Дона скифские глины залегают на денудированной поверхности понтических известняков, отделяясь от них горизонтом красноцветного элювия. Спускаясь с понтического плато, глины покрывают хапровские осадки плиоценовой донской террасы.

Скифские глины преимущественно красно-бурые, но встречаются серые, стально-серые и желто-бурые разновидности. Принято считать, что серые глины залегают только в низах толщ. Однако на крутых правых склонах реки и балки Темерник вскрыты толщ. переслаивающихся глин разного цвета (IX МКР СЖР, пос. Совхозный, Каменка, свх. «СКВО»).

Глины неслоистые, монолитного сложения, осколочной текстуры. В подошве, а иногда и в кровле глины содержат линзы и прослои красных супесей и песков, скопления крупных твердых конкреций карбонатов.

На плиоценовой террасе скифские глины отличаются от глин плато общей опесчаненностью. При геологической съемке 1971–1972 гг. было установлено, что поверхность скифских глин носит следы интенсивного размыва. В скифских глинах и подстилающих породах заложена основная гидрографическая сеть эоплейстоцена, погребенная под покровом лёссовидных пород. Этот древний погребенный рельеф не отвечает современным формам суглинкового покрова.

Водоразделы древних ложбин стока, сложенные скифскими глинами, смещены к правым склонам эрозионных долин. Мощность скифских глин на плиоценовой террасе 1,3–25 м, а на плато до 30 м и более.

В области межбалочных пространств на плиоценовой террасе глины поднимаются до абсолютных отметок 40–45 м и лишь на самой высокой части водораздела между р. Темерник и б. Кизитеринкой и по правому борту б. Чирикановки кровля скифских глин лежит на абсолютных отметках 47–56 м.

На понтическом плато отметки кровли скифских глин достигают 60–80 м. На абсолютных отметках 25–27 м скифские глины полностью размывы. Выходы скифских глин на дневную поверхность прослеживаются в правых крутых склонах реки и балки Темерник, в правом борту б. Кизитеринки и в уступе плиоценовой террасы.



## 4.2.2. Неоплейстоцен (Q1-III)

## 4.2.2.1. Лёссовые породы (LQ1-III)

Образование лёссовых пород связывают с эпохами оледенений Русской равнины. Существует много гипотез, из которых наиболее распространенными являются золовая, водно-ледниковая и пролювиальная. Сторонники золовой гипотезы считают, что лёссовые породы (тонкоизмельченные минеральные частички) представляют собой отложения мощных ветров, переносивших пылинки с краевых областей ледников на юг. Сторонники водно-ледниковой и пролювиальной гипотез рассматривают лёссовые породы как отложения ледниковых потоков. Кроме этого, есть еще и другие гипотезы, но несомненно одно – существует определенная связь отложений лёссовых пород с этапами оледенений. Накопление осадка происходило в сухие периоды наступления ледника, в периоды межледниковья отложение прекращалось и на поверхности породы развивался почвенно-растительный слой, который заселялся растительностью и степными животными. Очередное наступление ледника погребало почву под новым слоем осадка. Пылевато-глинистый осадок за многие тысячи лет, прошедшие со времени его образования, в процессе субэриального диagenеза превратился в породу, обладающую целым рядом специфических особенностей. Название лёссовая порода получила от немецкого слова lose – нетвердый, рыхлый.

В ее структурный скелет входят легкорастворимые водой соли, всю ее толщу пронизывают макропоры – видимые глазом вертикально ориентированные каналы-пустоты, часто с корочками солей. Порода содержит до 60% углекислого кальция, находящегося как в тонкодисперсном состоянии, так и в виде мягких и твердых скоплений; бурно вскипает под воздействием соляной кислоты. В маловлажном состоянии порода прекрасно держит вертикальные откосы и имеет высокую прочность: способна выдержать давление до 5–6 кг/см<sup>2</sup>. Но эта порода «боится» воды. При увеличении влажности или водонасыщении она теряет свою прочность, уменьшается в объеме – дополнительно уплотняется, «проседает». Просадки могут происходить как при давлении от сооружения, так и от давления собственного веса грунта, т.е. без внешней нагрузки.

Вследствие своих особенностей и большой распространенности лёссовая порода давно привлекала внимание исследователей. Известные отечественные ученые Ю.М. Абелев, Ф.Л. Андрухин, Л.С. Балаев, И.П. Герасимов, Н.Я. Денисов, В.В. Докучаев, Н.Н. Кригер, К.И. Лисицын, А.Н. Москвитин, К.К. Марков, Г.И. Попов, В.А. Приклонский и др., изучавшие проблему пород лёссовой формации, под названием «лёссовая порода» понимали *истинный или типичный лёсс и лёссовидные породы*.

Лёсс – порода, состоящая на 70–80% из пылеватых частиц размером 0,05–0,005 мм. Пределы пластичности лёссов сближены и невелики; число пластичности колеблется в интервале 3–10%; содержание физической глины (частицы

менее 0,005 мм) низкое и составляет не более 15%. Лёссы не склонны к набуханию, так как в составе их глинистой фракции содержание гидрофильного минерала монтмориллонита незначительно. По этой причине истинные лёссы имеют высокие показатели просадочности и просадка их происходит одновременно с замачиванием.

На карте распространения лёссов и лёссовидных пород [Герасимов, Марков, 1939] типичные лёссы показаны на юге Украины, в Средней Азии, в верховьях р. Оби.

Лёссовидные же породы имеют более широкое распространение и представлены пылеватыми супесями, суглинками и глинами. Соответственно, и число пластичности их изменяется от 5–6 до 17–20%, чаще 12–15%. Пылеватых частиц в них меньше, чем у лёссов (40–65%), а глинистых значительно больше (20–45%). В глинистой фракции преобладает монтмориллонит, который увеличивает потенциал набухания породы, уменьшает величину просадки и замедляет время ее проявления. И лёссы, и лёссовидные породы могут быть как просадочными, так и непросадочными (проявленными).

По признакам, приведенным выше, на территории Ростовской области, в том числе и на территории г. Ростова, распространены лёссовидные породы (супеси, суглинки, глины). Так они названы Г.И. Поповым при описании четвертичных отложений Ростовской области [Геология СССР, 1970]. В дальнейшем при характеристике покровных четвертичных отложений г. Ростова будет употребляться термин «лёссовидные породы» – лёссовидные супеси, суглинки и глины.

Цикличность оледенений четко отразилась в строении толщи лёссовидных пород. В ней насчитывается 4–5 ископаемых почв, расчленяющих толщу на 5–6 горизонтов.

На плато и плиоценовой террасе наблюдается полный разрез лёссовидных пород, накопившихся за всю историю великого оледенения, – от нижне- до верхнечетвертичных. Лёссовидные породы в полном разрезе налегают на скифские глины и покрывают мощным чехлом высокое степное пространство донского правобережья, спускаясь на плиоценовую террасу. Мощность их на наиболее высоких отметках плато достигает 35–40 м, а на плиоценовой террасе – 40–50 м. Мощность лёссовидных отложений на более молодых террасах Дона и Темерника сокращается, из их разреза последовательно выпадают более древние горизонты, в зависимости от возраста геоморфологических элементов, которые они покрывают. На третьей надпойменной террасе Темерника мощность их равна 14–30 м, на второй надпойменной террасе – 8–15 м, на первой надпойменной террасе – 3–5 м.

В правом крутом склоне р. Темерник и в правых бортах балок мощность лёссовидного покрова уменьшается. На поверхность выходят более древние его горизонты. На левых пологих склонах р. Темерник и балок лёссовидный покров опускается под уровень более молодых аллювиальных осадков.

Стратиграфия лёссовидных пород важна для инженерно-геологических целей. Морфология их толщи отражает не только разновозрастность отдельных

\* Значение этого термина рассмотрено ниже.

горизонтов, но и различные палеогеографические условия их образования, а следовательно, и разные физико-механические свойства. Стратиграфическое расчленение выполнено нами по схеме, установленной для Нижнего Дона. Наименования горизонтов для суглинков и ископаемых почв приняты такими же, как в схеме Нижнего Дона (Г.И. Попов и др., 1964), поскольку территория г. Ростова-на-Дону является частью этого региона и имеет общую с ним историю геологического развития. Новые предложения Межведомственной стратиграфической комиссии для континентальных четвертичных отложений Нижнего Дона (схема четвертичных отложений еще не утверждена) использованы в той мере, которая необходима для инженерно-геологических целей.

Расчленение лёссовидных отложений выполнено нами на основе изучения особенностей литологического состава, макроструктуры и текстуры пород и погребенных почв, исследования их минералогического состава и физико-механических свойств.

Лёссовидные породы прослежены многочисленными геологическими профилями, пересекающими плато, плиоценовую террасу и четвертичные террасы Темерника. Два из них показаны на рис. 4.1, 4.2.

В полном разрезе установлены пять хорошо различимых ископаемых почв. Четыре из них делят лёссовидную толщу на пять горизонтов, а последняя лежит в ее основании на скифских глинах. Гумусовый горизонт ее мощный – 1–1,5 м, под ним залегают красно-коричневые и светло-коричневые глины, переполненные карбонатами и гипсом. Окраска этого слоя пятнистая, с гумусовыми затеками. На плиоценовой террасе почва почти не сохранилась, чаще встречается на плато.

На этой почве залегают желто-бурые, коричневые, красновато-коричневые, слабомакропористые глины, иногда суглинки **окского** горизонта, начинающие разрез лёссовидных пород неоплейстоцена.

На нижнечетвертичных глинах лежит четвертая сверху **лихвинская** погребенная почва черноземного типа. Мощность ее колеблется от 0,5 до 2 м. Под почвой имеется хорошо выраженный иллювиальный карбонатный горизонт. На плиоценовой террасе лихвинская погребенная почва сохранилась на наиболее высоких участках межбалочных водоразделов. На лихвинской почве залегают характерные светло-желтые, иногда палевые и яркие светло-коричневые макропористые суглинки **днепровского** горизонта. Этот горизонт характерен чистой, однородной окраской, отсутствием новообразований, кроме редких мелких марганцево-железистых пунктиров. Суглинки днепровского горизонта встречаются, как правило, в полном разрезе лёссовидных пород на межбалочных водоразделах и заполняют погребенные балочные долины. В правых крутых склонах они обычно выклиниваются.

На суглинках днепровского горизонта залегают мощная (1,5–2,8 м) темно-коричневая **одинцовская** ископаемая почва каштанового типа. Карбонатный иллювиальный горизонт под этой почвой выражен слабо. Эту почву в прошлые годы при неглубоком бурении нередко принимали за начало скифской серии осадков.

На одинцовской почве лежат коричневые, красно-коричневые суглинки и глины **московского** горизонта, слабомакропористые, с обилием мелких и крупных карбонатных конкреций. Карбонатные скопления образуют иногда выдержанные слои. Местами карбонатные конкреции имеют следы вторичной переработки. Встречаются гнезда мелкокристаллического гипса и отдельные крупные друзы. Глины и суглинки московского горизонта являются наиболее темно-окрашенными в разрезе лёссовидных пород.

**Микулинская** ископаемая почва, залегающая выше, имеет самое большое распространение. Верхняя часть (ее мощность 0,5–0,8 м) имеет темно-бурый цвет, нижняя (1,5–2 м) – темно-коричневый. Имеется хорошо выраженный иллювиальный горизонт до 0,15–0,2 м. Местами почва размыта и замещена супесями, песками или горизонтом размыва, представленным перемертыми мелкими карбонатами, сцементированными пестроцветным мелкоземом.

Суглинки **калининского** горизонта, лежащие на микулинской почве, имеют желто-бурый, иногда желто-бурый с красноватым оттенком цвет, хорошо выраженную макропористость. Распространены почти повсеместно.

**Молого-шекснинская** ископаемая почва, разделяющая породы калининского и осташковского горизонтов, имеет темно-бурюю и буровато-серую окраску. На балочных склонах почва имеет хорошо выраженный черноземный облик. Гумусовый горизонт ее трудно отличить по цвету от современной почвы. Под гумусовым горизонтом лежат коричневато-бурые суглинки, в основании которых наблюдаются скопления карбонатов в виде мелких конкреций, выцветов, корочек или псевдомицелий. Ниже карбонатного горизонта встречаются гнезда гипса. Мощность погребенной почвы изменяется от 0,6 до 2,6 м, причем большая мощность встречается редко. Наиболее распространенная мощность – 0,8–1,5 м. Эта ископаемая почва на плиоценовой террасе (пос. Александровка, Западный жилой район) довольно часто размыта и замещена на большом протяжении супесями и песками. Мощность песков 1,2–2 м, местами до 4,5 м.

Лёссовидные суглинки **осташковского** горизонта, залегающие на молого-шекснинской почве, имеют светло-желто-бурюю, палевую, серовато-желтую окраску и ярко выраженную макропористость. В толще осташковских суглинков, ближе к кровле, прослеживается еще один горизонт супесей и песков, мощностью 0,5–2,5 м.

Этот горизонт в районе пос. Александровки и в Западном жилом районе хорошо выдержан. На этом уровне в центральной части города местами отмечается слабый гумусовый горизонт, а на балочных склонах – горизонт размыва, представленный неоднородными слоистыми плотными суглинками или глинами. Такой же горизонт плотных неоднородных глин, слагающих самую верхнюю часть разреза, встречается и на склонах плато (Северный жилой район).

Трехчленное строение верхнечетвертичной лёссовидной толщи отмечается и другими исследователями, изучавшими лёссовидные породы Русской равнины и Предкавказья (А.А. Величко, 1963; Л.Г. Балаев, П.В. Царев, 1964; В.П. Ананьев, О.И. Мозговой, 1971; Л.Г. Балаев, В.И. Коробкин, 1971).

Параллельно с изучением лёссовидных пород методами литологического и стратиграфического анализа определялся их минералогический состав. В табл. 4.2.1, 4.2.2 и на рис. 4.3 приведены минералогические анализы кластогенной (0,25–0,1 мм) и глинистой (<0,001) фракций по горизонтам лёссовидных суглинков и погребенных почв.

Особенный интерес представляют тяжелые минералы фракции 0,25–0,01 мм. Анализ содержания тяжелых минералов по горизонтам лёссовидной толщи показывает, что такие постоянно присутствующие наиболее устойчивые к выветриванию минералы, как циркон, гранат, рутил, и непрозрачные минералы содержатся примерно в одинаковых количествах во всех горизонтах. Содержание минералов группы эпидота, дистена, ставролита, силлиманита, роговой обманки изменяется по разрезу, и это позволяет выделить их как коррелирующие (рис. 4.3, кривые 1 и 2).

Минералы группы эпидота, наиболее неустойчивые к выветриванию, убывают вниз по разрезу, причем в погребенных почвах содержание их падает примерно вдвое. На кривой 1 (рис. 4.3) пики малого содержания минералов группы эпидота четко отбивают ископаемые почвы.

В глинистой фракции содержание минерала монтмориллонита увеличивается с глубиной. Для верхнечетвертичных суглинков среднее его значение 13,8%, а для среднечетвертичных – 19,0%. Также очень четко прослеживается уменьшение содержания гидрослюд с глубиной лёссовидной толщи пород.

При расчленении лёссовидных пород преимущественно были использованы минералы кластогенной фракции (0,25–0,01 мм).

По минералогическим особенностям лёссовидные отложения г. Ростова могут быть отнесены, согласно И.А. Шамраю (1965), к Нижне-Дону-Донецкой петрографической провинции.

Об золотом накоплении исходного материала свидетельствует форма и окатанность зерен кварца. Сравнительная бедность неустойчивыми к выветриванию минералами (роговая обманка, минералы группы эпидота, полевые шпаты) может рассматриваться в соответствии с представлениями Г.И. Попова (1947), И.А. Шамрая (1955), как признак значительного влияния делювиальных процессов при образовании лёссовидных пород. Это позволяет отнести лёссовидные суглинки г. Ростова к делювиальному генетическому типу. Формирование их происходило одновременно с отложениями опокровов водоразделов, за счет делювиальной переработки первичного золотого осадка. Этот вывод согласуется и с геоморфологическим положением рассматриваемого района: г. Ростов располагается на террасах Дона, Темерника и склонах понтического плато (южные склоны Доно-Тузовского водораздела).

4. Геологическое строение

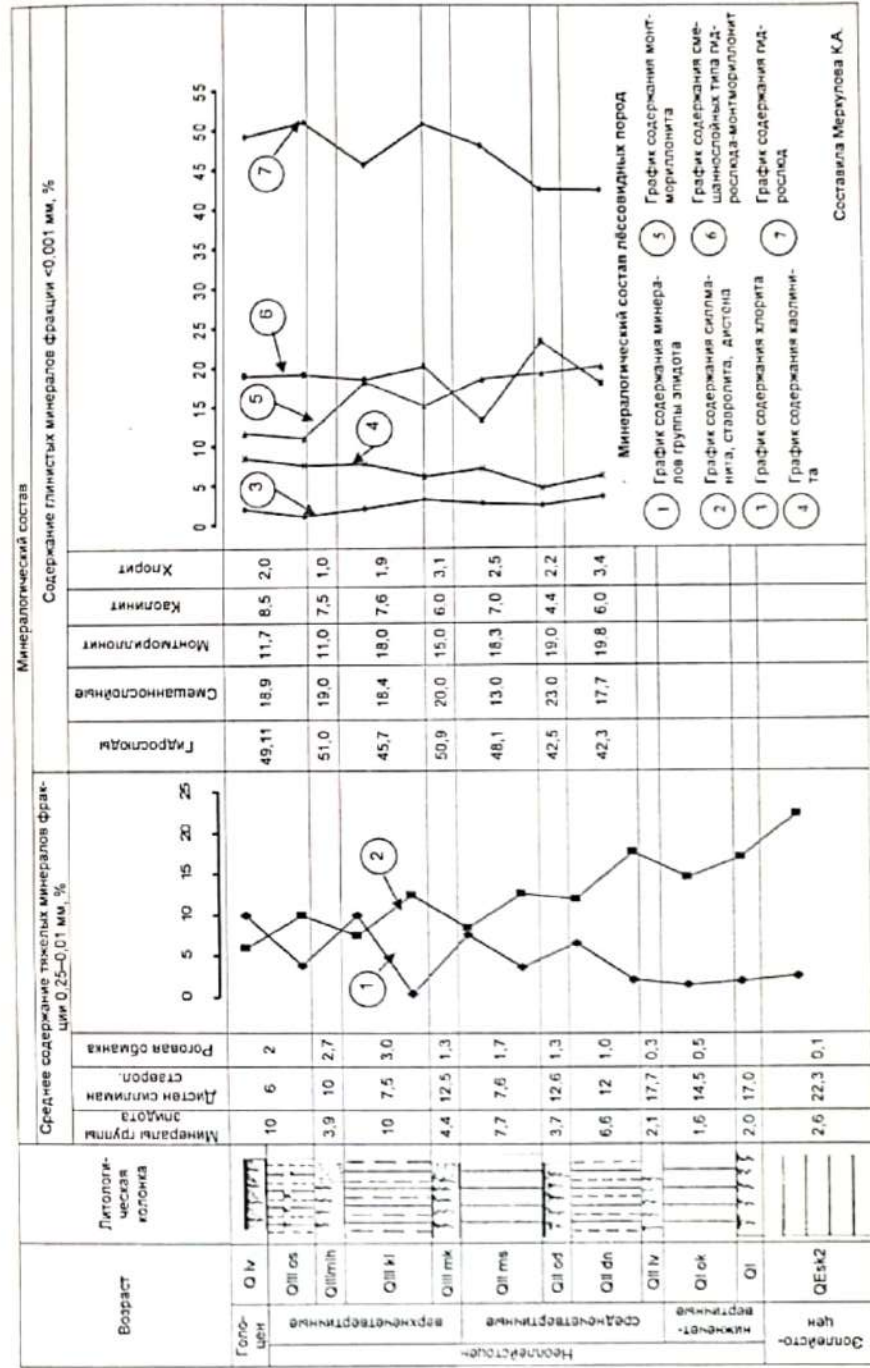


Рис. 4.3. Минералогический состав лёссовидных суглинков

Составила Меркулова К.А.

Таблица 4.2.1

Минералогический состав лёссовидных пород, % (фракция 0,25-0,01 мм)

Горизонты лёссовидных пород	Тяжелые минералы (среднее содержание)											Легкие минералы (среднее содержание)										
	Тяжелая фракция, %											Лёгкая фракция, %										
	дистен	ставролит	сипиданит	група зидота	об. роговая об-манка	баз. роговая об-манка	гранат	циркон	рубин	турмалин	сфең	анатит	титанин	ванатаз, брукит	квартц	полевые шпаты	обл. карбонатных пород	глина	глинохлуд			
Осташковский	3,3	2,1	0,6	10	2,0	ред.	4,4	12,6	6,1	0,7	0,5	-	ред.	0,7	80,1	3,6	ред. до 35,0	ед. до 22,0	ред.			
Молого-шекснинский	5,2	2,5	2,3	3,9	2,7	-	5,7	4,0	8,3	0,7	0,7	-	ред.	ед.	89,0	2,2	ред. до 25,0	ед. до 80,0	-			
Калининский	4,2	2,1	1,2	10	3,0	ред.	4,3	13,9	7,6	0,9	0,4	ред.	0,5	88,3	2,5	ред. до 15,0	ед. до 20,0	ред.				
Микулинский	5,4	3,6	3,5	4,4	1,3	-	3,7	13,2	7,1	1,1	0,4	ред.	0,7	72,0	1,2	ред. до 80,0	ед. до 80,0	ед.				
Московский	4,5	1,8	1,3	7,7	1,7	ред.	4,3	13,8	6,8	0,8	0,4	ред.	0,4	88,1	1,2	ред. до 52,0	ед. до 80,0	ед.				
Одинцовский	5,6	4,2	2,8	3,7	1,3	-	3,7	12,7	10,0	0,7	1,0	ред.	1,3	80,0	-	ред. до 25,0	ед. до 85,0	-				
Днепровский	5,3	4,6	2,6	6,6	1,6	-	4,3	13,9	7,2	0,9	0,3	-	0,5	94,4	0,6	-	ед. до 0,7	ед.				
Лихвинский	7,5	6,0	4,2	0,7	0,3	-	2,0	12,7	10,2	3,5	-	-	-	100	ред.	-	-	-				
Окский	6,5	5,0	3,0	2,6	0,5	ред.	5,3	4,5	9,1	0,4	ред.	ред.	ред.	95,0	1,6	-	ед. до 25,0	ед. до 93,0				
Скифские глины	7,5	9,7	5,7	2,3	0,1	-	2,7	13,3	7,7	1,3	ред.	-	ред.	100	-	-	-	-				

Примечание: Минералогические анализы выполнены в петрографической лаборатории ВДТУ К.И. Сласбуховой. Интерпретация минералогических анализов по горизонтам лёссовидной толщи - автора.

Таблица 4.2.2

Минералогический состав лёссовидных пород г. Ростова-на-Дону (фракция <0,001 мм)

Геологический возраст	Горизонты лёссовидных пород	Глинистые минералы, % (среднее содержание)					Прочие минералы
		гидрослюда	смешанно-слоистые типа гидрослюда-монтмориллонит	монтмориллонит	каолинит	хлорит	
Верхнечетвертичные	Осташковский	49,10	18,9	11,7	8,5	2,0	галлуазит, кварц, кальцит, окислы железа и алюминия
	Молого-шекснинский	51,0	19,0	11,0	7,5	1,0	
	Калининский	45,7	18,4	16,6	7,6	1,9	
	Микулинский	50,0	20,0	15,0	6,0	3,1	
Среднее		48,9	29,1	13,8	7,4	2,0	
Средне-четвертичные	Московский	48,1	13,0	18,3	7,0	2,5	
	Одинцовский	42,5	23,0	19,0	4,4	2,2	
	Днепровский	42,3	17,7	19,8	6,0	3,4	
	Среднее	44,3	17,9	19,0	5,8	2,7	

Примечание: Минералогические анализы выполнены на кафедре инженерной геологии РГСУ к.г.-м.н. О.И. Мозговым. Интерпретация анализов по горизонтам лёссовидных пород - автора.

На рис. 4.4 показан сводный стратиграфический разрез лёссовидных пород г. Ростова, составленный нами по их комплексному изучению.

4.2.2.2. Аллювиальные отложения неоплейстоцена (аQII-III)

Третья надпойменная терраса Темерника аQII. Наиболее древним неоплейстоценовым аллювием являются осадки третьей надпойменной террасы Темерника. Терраса вскрыта скважинами 2935, 2363, 2620, 4425 и 4517 при инженерно-геологической съемке 1971-1972 гг. Разрез террасы в месте ее наибольшего развития - в приустьевой части реки Темерник:

скв. 4517

28,88

1. tQIV - асфальтовое покрытие с подготовкой - 1,0 м.
2. dQIIIos - суглинок светло-бурый (палевый) лёссовидный с редкими мелкими известковистыми скоплениями - 9,0 м.
3. dQIIImlh - песок желто-бурый, мелкий, с прослоями серовато-бурой глины - 3,5 м.
4. dQIIIkt - суглинок коричневатобурый с редкими тонкими прослойками (2-5 см) желто-бурых песков. Встречаются известковистые скопления и мелкие марганцево-железистые пунктации - 3,7 м.

Возраст		Литологическая колонка	Мощность, м	Краткое описание пород
Голоцен		QIV	0,4–1,6	Почвенно-гумусированный комплекс
Неоплейстоцен	верхнечетвертичные	Qlllos	0,7–18,0	Суглинки палево-желтые и серовато-желтые, лёссовидные, макропористые. Встречаются скопления рыхлой белоглазки. В толще, на глубине 2–5 м от кровли, местами прослеживается слабо выраженный почвенный горизонт или прослой супесей и песков
		Qllmlh	0,6–2,5	Погребенный почвенный горизонт. Суглинки темно-бурые, почти черные. Часто замещаются супесями и песками
		Qllikl	0,8–8,5	Суглинки желто-бурые, светло-желто-бурые, лёссовидные, макропористые. Встречается белоглазка, дутки, конкреции, рыхлые известковистые скопления
		Qllimk	0,4–2,0	Погребенный почвенный горизонт. Глины (суглинки) темно-буро-коричневые. Иногда замещены супесями и песками
	среднечетвертичные	Qllms	1,3–12,5	Суглинки и глины коричнево-бурые, красновато-бурые, лёссовидные, слабо макропористые, плотные. Содержат гнезда мелкокристаллического гипса, крупные известковистые конкреции и скопления (лжегрибница, выцветы)
		Qllod	0,6–2,5	Погребенный почвенный горизонт. Глины темно-коричневые (каштановые)
		Qlldn	1,5–15,0	Суглинки, редко глины, светло-желтые и светло-коричневые, лёссовидные, чистые, однородные с редкими известковистыми скоплениями и марганцевыми пунктациями
		Qlllv	0,8–2,7	Погребенный почвенный горизонт. Глины темно-бурые (черно-коричневые)
	нижнечетвертичные	Qlok	2,7–15,0	Глины, редко суглинки, желто-бурые, коричневые, красновато-коричневые, слабо макропористые, плотные, содержат гнезда мелкокристаллического гипса и известковистые конкреции. Местами в толще глин прослеживается погребенный почвенный горизонт
		Ql	0,4–2,3	Погребенный почвенный горизонт на красно-бурых глинах (доледниковый). Глины черно-красные
	Эоплейстоцен	QESk2	максимум на террасе – 15–20 на плато – 25–30	Глины красно-бурые, серые, желто-серые неслоистые. На плато, на контакте с коренными породами, иногда в кровле, содержат линзы и прослой красных супесей и песков. На плейстоценовой террасе по всей толще наблюдается опесчаненность

Рис. 4.4. Сводный стратиграфический разрез лёссовидных пород г. Ростова-на-Дону

5. dQllikl – суглинок коричнево-бурый с пятнами желто-бурого (неоднородная окраска), к подошве с большим количеством известковистых конкреций – 3,5 м.
6. erQllimk – суглинок темно-коричневый, комковатый – 1,0 м.
7. dQllms – суглинок коричнево-бурый с крупными известковистыми конкрециями – 6,0 м.
8. dQllms – суглинок коричневый, переполненный мелкими известковыми конкрециями – 2,3 м.
9. aQll – суглинок серовато-бурый, слоистый, с интенсивным ожелезнением, с прослоями песка – 2,2 м.
10. aQll – песок крупнозернистый с гравием известняка, встречаются обломки раковин *Unio* – 0,3 м.
11. aQll – суглинок серый с гнездами песка и мелким гравием. Встречается крупная слабоокатанная галька и окатыши черных сарматских глин – 1,1 м.
12. aQll – глина темно-серая с яркими ржавыми прослоями, с отпечатками крупных створок и обломками тонкостенных раковин *Unio* – 1,6 м.
13. aQll – глина темно-серая с гнездами ржавого песка и мелким гравием – 2,8 м.
14. N1s2 – глина угольно-черная, переполненная мелкими тонкими обломками раковин моллюсков, расположенными послойно – 0,6 м.

Общая глубина скважин 38,6 м. Грунтовая вода залегает на глубине 14,55 м, (абсолютная отметка 14,33 м). Аллювий террасы имеет отметку кровли от +5 до +15 м. Мощность аллювия 8,2–20 м. На абсолютных отметках от +5 до –10 м аллювиальные отложения подстилаются нижнесарматскими песками и глинами.

Первая публикация автора об этой новой террасе была в сборнике «Проблемы инженерной геологии Северного Кавказа» [Меркулова, 1973].

Отложения второй надпойменной террасы Темерника (a1QIII). Террасу покрывают лёссовидные желто-бурые суглинки мощностью от 8–12 до 15 м с одним горизонтом погребенной почвы на глубинах от 4–5 м или 7–8 м. Террасовый аллювий сложен буровато-серыми и серыми суглинками, сильно ожелезненными с прослоями песков и редким плохоокатанным крупным и мелким гравием. У тылового шва террасы, при приращении к коренному борту долины в аллювии встречаются крупные глыбы сарматских известняков. На глубинах 23,5–25 м выделяется слой грубозернистого песка с гравием и обломками раковин – базальный горизонт. Глубже залегают нижнесарматские пески, переполненные раковинами моллюсков *Ervilia* с прослоями темноцветных глин. В переуглубленной долине Темерника отложения второй надпойменной террасы залегают под осадками первой надпойменной и пойменной террас. В приустьевой части долины, в постели аллювия на глубине 23–30 м (абсолютные от-

метки минус 22 – минус 23 м) встречены темные зеленоватые плотные глины с растительными остатками, с редким мелким гравием и пески с явно перебитой эрвильевой фауной. Эти глины и пески предположительно отнесены к карангатским.

**Аллювиальные отложения первой надпойменной террасы Темерника (а<sub>2</sub>QIII)** представлены серыми и зеленовато-серыми суглинками, супесями и глинами с прослойками и линзами песка, с крупными гнездами ожелезнения. Встречается грубоокатанный гравий и щебень известняка. В аллювии на глубине 11–15 м наблюдается хорошо выдержанный прослой песка с гравием. У тылового шва, где река подмывала древний берег, сложенный сарматскими породами, в аллювии встречаются крупные необработанные обломки сарматских известняков. В месте впадения б. Безымянной в р. Темерник в отложениях преобладают мелкие и средние чистые желтые ханпровские пески, размываемые и выносимые балкой.

Мощность аллювия колеблется от 8–10 м у тылового шва террасы до 15 м у бровки уступа. Подстиляется аллювий сарматскими песками и глинами, в переуглубленной долине – отложениями второй надпойменной террасы.

К верхнечетвертичным относится и **морская сурожская терраса р. Дон (mQIIIsg)**. На правом берегу под неоднородными бурными делювиальными суглинками с глубины 3–4,5 м залегают слоистые серые суглинки и глины с песчаными линзами и прослоями. Мощность отложений у тылового шва террасы 1,5–3 м. Подстиляются они сарматскими глинами. В сторону русла мощность морских осадков увеличивается до 10 и более метров. Полная их мощность не установлена. Отложения сурожской террасы вскрыты на территории котельно-механического завода и на примыкающих к ней береговых участках Дона в станице Верхнегниловской. На левом берегу Дона на широком пространстве поймы встречаются снивелированные останцы сурожской, а возможно, и карангатской террасы. Под желто-бурными лёссовидными суглинками мощностью 5–9 м залегают морские зеленовато-серые суглинки и глины, подстилаемые на глубинах 15–18 м мелко- и среднезернистыми песками.

#### 4.2.3. Голоцен (QIV)

##### 4.2.3.1. Пойменная терраса реки Дон (высокий и низкий уровень mQIV, aQIV)

Пойменная, или займищная терраса Дона (в основном левобережная) сложена пестрым по составу комплексом современных аллювиальных и морских древнечерноморских песчано-глинистых осадков пойменной, русловой и старичной фаций.

К русловым отложениям поймы принадлежат серовато-белые, зеленовато-серые и желтые пески, преимущественно мелкие, иногда средние с обломками раковин моллюсков. Мощность песков 15–20 м.

К пойменной фации относятся залегающие выше песков иловатые серые и зеленовато-серые суглинки и глины с пропластками мелких заиленных песков и супесей. Мощность осадков пойменной фации 2–10 м. К старичной фации относятся осадки, заполняющие заросшие старые русла, протоки, озера и другие

понижения на поверхности поймы. Старичная фация сложена иловатыми голубовато-серыми и черными глинами и илами с обилием растительных остатков. Встречаются мелкие и крупные линзы торфов, заторфованных илов и глин мощностью от 2 до 4–6 м. Общая мощность современного аллювия достигает 25 м.

Подстиляются пойменные осадки левобережья у г. Ростова древнеэвксинскими морскими песками, отделяясь от последних прослоем базального гравия и гальки мощностью 1–3 м. Отметка постели четвертичных осадков, выполняющих переуглубленную долину Дона – минус 40 [Горецкий, 1961; Попов, 1983].

На правом берегу Дона пойменные отложения имеют мощность 5–20 м и налегают на нижнесарматские пески и глины.

##### 4.2.3.2. Аллювиальные отложения пойменной террасы р. Темерник (aQIV)

В долине р. Темерник пойменные отложения и по составу, и по цвету близки к донским, отличаясь от них большей глинистостью и заиленностью. Это пески, супеси, суглинки и глины с прослоями и линзами песков.

В приустьевой части долины на Привокзальной площади в толще аллювия прослеживаются два горизонта обломочного материала: гальки, гравия и щебня известняка. Первый прослой залегают на глубине 11 или 15 м, а второй на глубине 15 или 19,8 м. Мощность базальных горизонтов составляет 0,8–3 м. Общая мощность пойменных осадков в долине Темерника – около 20 м.

##### 4.2.3.3. Аллювиальные и аллювиально-делювиальные отложения пойменной террасы балок (a<sub>ad</sub>QIV)

Пойменные осадки балок несколько отличаются от пойменного аллювия Дона и Темерника. В нижних течениях балок, имеющих постоянный водоток (балки Кизитеринка, Безымянная, Генеральная, Кульбакина, Рябинина), отложения представлены слоями слабоокатанных обломков известняка, бурыми и зеленоватыми супесями, суглинками и глинами. Встречаются линзы иловатых песков и илов. Мощность аллювия достигает здесь 10–12 м, и подстиляется он ханпровскими песками и породами сармата. В средних течениях балок аллювий состоит из иловатых глин и суглинков; встречаются илы. Подстиляется аллювий лёссовидными породами. Мощность осадков 5–6 м. В верховьях балочные отложения также лежат на лёссовидных суглинках и представляют собой суглинисто-иловатые гумусированные грунты или мощные балочные почвы (до 3–4 м). Исключением является балка Кизитеринка, у которой современный врез в среднем и нижнем течении имеет глубину 20–35 м. Балочный аллювий представлен серыми и зеленовато-серыми песками, суглинками и глинами. В нижней части долины, где балка прорезает сарматские известняки, в аллювии присутствуют в большом количестве плохоокатанные обломки коренных пород. В основании аллювия залегают ханпровские и сарматские осадки. В верховье балочный аллювий лежит на лёссовидных породах и представлен заиленными черными глинами с растительными остатками мощностью до 5 м.

К современным отложениям относится конус выноса б. Кульбакина. Отложения представлены тонкопесчаными, супесчаными и суглинистыми грунтами (перемытые лёссовидные породы) с горизонтально расположенными выдержанными слоями обломков известняка, плавника и костей пресноводных рыб. Мощность осадков 15–20 м, подстилаются нижнесарматскими песками и глинами. На этом конусе выноса найдены остатки древнего городища (Гниловское городище I–II в. н.э.). В составе культурного слоя – кости рыб, мелких домашних животных, пепел, обломки керамической посуды [Лунин, 1949].

4.2.3.4. Техногенные отложения (tQIV)

Самыми молодыми современными осадками являются техногенные грунты, образовавшиеся в результате хозяйственной деятельности человека. Они накапливались в течение более чем двухсотлетней истории города. В табл. 4.2.3 дана сводная генетическая классификация техногенных отложений, развитых на территории г. Ростова.

В ГОСТ 25100-95 термин «техногенные грунты» объединяет три подгруппы:

- 1) природные образования, измененные в условиях естественного залегания;
- 2) природные образования перемещенные;
- 3) антропогенные образования, представляющие собой отходы производственной и хозяйственной деятельности человека.

Первая подгруппа техногенных грунтов представлена естественными грунтами, преобразованными различными методами с целью улучшения их строительных свойств. Например: лёссовидные просадочные суглинки, закрепленные силикатизацией, цементацией, глинизацией, термическим способом, уплотнением тяжелыми трамбовками и др.

Вторая подгруппа (природные перемещенные образования) – это грунты насыпей дорог, дамб, путепроводов, намывные пески на низких участках поймы, т.е. грунты, вовлеченные в сферу строительства, как и грунты первой подгруппы.

В инженерно-геологической практике интерес представляет, главным образом, третья подгруппа антропогенных насыпных грунтов, поскольку при освоении неудобных земель они могут рассматриваться как грунты основания.

Второй и третьей подгруппе техногенных грунтов (ГОСТ 25100-95) соответствуют типы насыпных и намывных грунтов в более детальной классификации Ф.В. Котлова. Строительный СНиП 2.03.01-83\* учитывает все указанные типы насыпных грунтов, кроме хозяйственно-бытовых, содержащих более 10% органических веществ.

Описание насыпных и намывных грунтов дается по таблице Ф.В. Котлова.

Строительные насыпные грунты представляют собой планомерно возведенные насыпи из глинистых и песчаных грунтов, отсыпанных слоями. Ими сложены дорожные насыпи, пересекающие долину реки Темерник, балки Безымянную, Кизитеринку, Кульбакина, Темерник; путепроводы на шоссе Ростов-Новочеркасск и через р. Темерник; насыпи дорог на пойме Дона; насыпи подъездов к мостам через р. Дон; плотины на балке и реке Темерник и др. Этот вид насыпных грунтов характеризуется практически однородным составом и сложением. По ГОСТ 25100-95 эти грунты относятся к техногенным перемещенным.

4. Геологическое строение

Таблица 4.2.3

Сводная генетическая классификация техногенных отложений

Класс	Группа	По ГОСТ 25100-95		Тип	Вид	Разновидность	По Ф.В. Котлову (1962)		Вид	Разновидность	По СНиП 2.02.01-83*	
		Подгруппа	Вид				Тип	Вид			Разновидность	По виду исходного материала, состава, лежащего в основе
Дисперсные	Связные	Природные перемещенные образования	Измененные физическим воздействием	Те же, что для природных дисперсных грунтов	Те же, что для природных дисперсных грунтов	Выделяются как соответствующие разновидности классов природных грунтов с учетом специфики особенностей и свойств техногенных грунтов	Строительные (грунты земляных, дорожных насыпей, плотин, путепроводов)	Глинистые песчаные	Специально укладываемые	Насыпи	Естественные глинистые и песчаные грунты	Планомерно возведенные с уплотнением
Дисперсные	Связные	Природные перемещенные образования	Насыпные	Те же, что для природных дисперсных грунтов	Те же, что для природных дисперсных грунтов	Выделяются как соответствующие разновидности классов природных грунтов с учетом специфики особенностей и свойств техногенных грунтов	Горные (отвалы выработанных пород при разработке карьеров)	Крупнообломочные, глинистые песчаные	Свалочные	Отвалы грунтов и отходов производства	Пески, суглинки, суглинки, золы и шлаки	С уплотнением
Дисперсные	Связные	Антропогенные образования	Насыпные	Отходы производственной и хозяйственной деятельности	Бытовые отходы, промшленные строения	Выделяются как соответствующие разновидности классов природных грунтов с учетом специфики особенностей и свойств техногенных грунтов	Промышленные (отходы различных производств)	Золы, шлаки, формовочные земли, древесные, металлургические, кожаные	Свалочные	Свалочные	Золы, шлаки, формовочные земли, древесные, металлургические, кожаные	Свалочные
Дисперсные	Связные	Антропогенные образования	Насыпные	Отходы производственной и хозяйственной деятельности	Бытовые отходы, промшленные строения	Выделяются как соответствующие разновидности классов природных грунтов с учетом специфики особенностей и свойств техногенных грунтов	Хозяйственно-бытовые	Беспроданные смеси различных грунтов, бытовых отходов с прокладанием органических веществ	Свалочные	Свалочные	Беспроданные смеси различных грунтов, бытовых отходов с прокладанием органических веществ	Свалочные и стехийно накатывающиеся, отсыпанные беспорочно
Дисперсные	Связные	Антропогенные образования	Насыпные	Отходы производственной и хозяйственной деятельности	Бытовые отходы, промшленные строения	Выделяются как соответствующие разновидности классов природных грунтов с учетом специфики особенностей и свойств техногенных грунтов	Строительные (намытые насыпей дорог и площадей для застройки)	Пески	Намытые, специально укладываемые слои	Намытые, специально укладываемые слои	Намытые, специально укладываемые слои	Намытые, специально укладываемые слои

*Горные насыпные грунты* – отвалы вскрышных пород карьеров кирпичных глин, песков, известняков. Представлены смесью грунтов, перекрывающих разрабатываемую породу: почвой, лёссовидными суглинками и глинами, красно-бурыми глинами, а также верхними загрязненными слоями полезного ископаемого. Эти насыпи чаще всего отсыпаны беспорядочно, с примесью хозяйственно-бытовых отходов, так как отработанные карьеры всегда служили местом стихийных свалок.

Иногда встречаются глинистые горные насыпные грунты, обладающие довольно однородным составом и сложением. Одна из таких насыпей была изучена при изысканиях под строительство зеркально-фурнитурного комбината в устье балки Климова. Площадка расположена на засыпанном карьере песков. Глубина карьера 10–20 м. Карьер перестал действовать в 1927–1928 гг. Частично он был засыпан еще в годы эксплуатации вскрышными породами – лёссовидными суглинками. После прекращения разработки карьер до 1969 г. засыпался отвалами из строительных котлованов. Образовалась толща желто-бурых суглинков с признаками облессования. Такие горные насыпные грунты легко спутать с суглинками в коренном залегании. Только редкие мелкие включения битого кирпича или щебенки свидетельствуют о происхождении насыпи.

*Промышленные и хозяйственно-бытовые насыпные грунты.* Промышленные отходы различных производств (литейного, кожевенного, столярного, строительного и др.) не встречаются в чистом виде. Они накапливались в оврагах, балках, старых карьерах и, как правило, перемешивались с хозяйственно-бытовыми насыпными грунтами. Часто встречаются вместе и горные, и промышленные, и хозяйственно-бытовые насыпи (балки Безымянная, Черепахина, Кизитеринка, карьеры кирпичных глин на левом берегу р. Темерник и др.). Глинистые грунты и чернозем смешиваются в таких насыпях с бетоном, кирпичом, железным ломом, лаками, красками, древесной стружкой, обрезками кожи, бумагой, бытовым мусором, содержащим обилие органических веществ. Рвы крепости Дмитрия Ростовского засыпаны в основном навозом домашних животных, бытовым мусором и суглинками спланированных крепостных валов.

Мощность насыпных грунтов самая различная – от 3–5 до 18–25 м. Наибольшая мощность насыпных грунтов отмечается в оврагах донского склона и правого борта б. Кизитеринки.

*Техногенные намывные грунты* получили распространение на левобережной пойме Дона в новой Заречной промзоне. Намыв производится с помощью гидромеханизмов из пойменных песков на заболоченных затапливаемых участках низкой поймы для поднятия их уровня. Высота намыва колеблется от 2 до 6 м, а на отдельных участках до 10–12 м (канализационный коллектор по пойме Дона в створе с ул. Кулагина). В табл. 4.2.4 даны ориентировочные мощности насыпи в различных местах их накопления.

Таблица 4.2.4

Местоположение	Мощность насыпи		
	от	до	чаще
Пойма р. Темерник (приустьевая часть)	2	10	5
Правобережная пойма р. Дон	3,5	4	
Балка Генеральная	1,5	8	5
Балка Мокрая	1,5	15	
Балка Черепахина	3	20	10
Балка Безымянная (участками)	2	12	
Балка Кизитеринка	3	20	10
Балка Змиевая (вблизи устья)	10	20	
Балка Кульбакина	8	20	10
Овраги донского склона (центр города, Нахичевань)	5	20	8–10
Овраги правого борта б. Кизитеринка	10	25	
Карьеры известняков	8	15	10
Рвы крепости Дмитрия Ростовского	5	8	
Карьеры кирпичных глин, карьеры песков	10	18	
Насыпи дорог, путепроводов, мостовых подъездов	8	20	



## 5. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Основные черты инженерно-геологических условий города в большой степени определяются наличием и характером водоносных горизонтов, развитых в породах, слагающих его территорию (рис. 2 вкладки).

Как и геологические образования, водоносные горизонты разделены нами на четвертичные и неогеновые.

### 5.1. Подземные воды неогеновых отложений (сармат, мзотис, понт миоцена и ханровские слои плиоцена)

Сарматский водоносный горизонт условно можно разделить на нижний, средний и верхний, в зависимости от того, какие породы являются водосодержащими: нижнесарматские пески с прослоями глин (нижний); среднесарматские глины с прослоями песков (средний) и среднесарматские кавернозные известняки (верхний).

**5.1.1. Нижнесарматский водоносный горизонт** приурочен к мелким пескам. Кровля песков находится на абсолютных отметках от минус 0,5 до плюс 6 м. Этот водоносный горизонт в пределах города почти не эксплуатируется в промышленных целях вследствие его невысокой водообильности. Промышленные предприятия, находящиеся в нижней части берегового склона (крупозавод, завод «Красный Аксай», Холодильник № 1), получают из скважин, каптирующих нижнесарматские пески, 46–50 м<sup>3</sup>/сут. В пойме балки Темерник водоносный горизонт вскрывается неглубокими скважинами под балочным аллювием и используется для хозяйственных нужд (полив садов, огородов, в качестве технической воды для коттеджей). Получаемые дебиты 5–15 м<sup>3</sup>/сут. Вода имеет общую минерализацию 1,5–3 г/л, по составу сульфатно-гидрокарбонатная, кальциево-магниева.

**5.1.2. Водоносный горизонт в среднесарматских темноцветных сланцеватых глинах** приурочен к заключенным в них прослоям и линзам мелких песков и «лентам» детритуса. Как водоносный горизонт он не представляет интереса, однако в инженерно-геологических условиях города играет значительную роль. На правом крутом склоне Темерника и в береговом уступе плиоценовой террасы Дона, где обнажаются нижнесарматские глины, происходит разгрузка этого «водоносного горизонта». Высачивающаяся вода из прослоев песка и детритуса водонасыщает залегающие на глинах насыпные и делювиальные грунты, способствуя их оползанию.

Кроме того, наличие водосодержащих линз и прослоев делает тонколистватые сарматские глины идеальными плоскостями скольжения при образовании срезающих оползней сдвига.

**5.1.3. Верхний водоносный горизонт сармата** заключен в пласте кавернозного, трещиноватого среднесарматского известняка и в прослое подстилающего его песка. Это основной горизонт подземных вод в пределах г. Ростова-на-Дону. Верхняя граница водовмещающих пород проходит на отметках 16–26 м и

погружается к югу и юго-западу. Водоупором являются высокодисперсные среднесарматские глины. Сарматский водоносный горизонт кроме поверхностного питания получает значительное пополнение за счет поглощения грунтовых вод, разгрузка которых в этот горизонт происходит в местах размыва скифских глин, разделяющих подземные и грунтовые воды. На плиоценовой террасе разгрузка грунтовых вод происходит через ханровские пески, а на плато вода поступает в сармат через понтические известняки и мзотические породы.

Сарматские воды связаны с кавернами и трещинами в известняках, и поэтому обилие их носит зональный характер. Дебиты скважин на предприятиях города, получающих сарматские воды, колеблются в пределах 44–285 м<sup>3</sup>/сут. В табл. 5.1.1 приведены данные откачек из сарматских известняков в центральной части города, выполненных трестом «Ростовдонтисиз» на Театральном спуске и по трассе метро в 1979–1980 гг.

Таблица 5.1.1

№	Арх. номер и номер скважины	Глубина скв. абс. отм. уст. м	Год и вид опробования	Геологический индекс и характеристика породы	Дебит пониж. м <sup>3</sup> /сут. м	Удельный дебит м <sup>3</sup> /сут.	Коеффициент фильтрации, м/сут.	Местоположение скважины
1	Арх. 13491 скв. 418	19,96 30,74	1979 одиноч. откачка	Известняк трещинов. NIS2	11,32 0,41	27,6	9,5–25,8	Театральный спуск
2	Арх. 13491 скв. 452	18,4 27,78	1979 одиноч. откачка	Известняк трещинов. NIS2	172,8 0,35	9,72	7,6–13,3	Театральный спуск
3	Арх. 14316 скв. 14	28 43,85	1980 кустовая откачка	Известняк трещинов. NIS2	259,2 1,09	237	7,97–90	Угол пер. Газетного и ул. Б. Садовой
4	Арх. 14316 скв. 27	60 67,95	1980 одиноч. откачка	Известняк трещинов. NIS2	172,8 0,35	491	104	Угол пер. Крепостного и ул. Б. Садовой
5	Арх. 14316 скв. 365	50 55	1980 одиноч. откачка	Известняк трещинов. NIS2	838 3	279	54,6	Ул. Красноармейская, 33 – Мебельный комбинат

Естественная дренированность сарматского водоносного горизонта хорошая. В табл. 5.1.2 приведены данные о дебитах некоторых крупных родников по правым склонам Темерника и Дона.

Таблица 5.1.2

Название родника и его местоположение	Дебит, м <sup>3</sup> /час
«Богатый» – Кировский спуск	90
«Гремучий» – ж/д остановка Ростов-Берег	129
«Сурб-Хач» – у храма Сурб-Хач	217
«Морская Академия» – Береговая, 27а (между Семашко и Газетным)	58
«Святой» – на правом берегу р. Темерник, у Свято-Иверского женского монастыря	4,1
Каптированный источник в овраге Ботанического сада	123,4
Дренажная штольня на 757-м км железнодорожной ветки Донподход	252

**5.1.4. Подземные воды, содержащиеся в трещиноватых, кавернозных мзотических известняках** также разгружаются в уступе плиоценовой террасы в виде родников разной водообильности. Дебиты их несколько ниже, чем сарматских, – 30–50 м<sup>3</sup>/ч (многочисленные источники в ст. Гниловской). Водоносный

горизонт представляет собой единое целое, и его называют сарматско-мэотическим. На понтическом плато и на межбалочных водоразделах плиоценовой террасы вода заполняет пласт известняка полностью и даже имеет напорность. При приближении к дренирующим долинам на их крутых склонах уровень воды опускается в нижнюю часть пласта, и разгрузка происходит практически из песчаного слоя под ним. На левых же склонах дренирующих долин, где происходит закрытый дренаж водоносного горизонта через делювий, вода идет по пласту полным сечением до самого фронта разгрузки, который практически совпадает с границей распространения известняка. Уровень грунтовой воды в делювии за фронтом разгрузки имеет такие же отметки, как и подземная вода. В узкой полосе делювиального шлейфа, через которую проходит поток и подземных, и грунтовых вод, скорости движения воды значительно возрастают. По химическому составу вода сарматско-мэотического горизонта сульфатно-гидрокарбонатная, кальциево-натриевая (табл. 5.1.3).

Таблица 5.1.3

Содержание химических компонентов по 47 скважинам, каптирующим сарматско-мэотический водоносный горизонт (1965–1974 гг.)

Содержание	Плотный остаток, мг/л	Химический состав, мг/л							жесткость	
		Сг*	HCO <sub>3</sub> *	SO <sub>4</sub> *	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	Ca*	Mg*	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	Общ.	устр.
Мин.	720	21	132	96	70,9	12	40	6,86	4	
Мак.	4816	899	587	2734	642,9	385,9	246	105,7	24,7	

Химический состав подземных вод постепенно увеличивается за счет поглощения более минерализованных грунтовых вод. В качестве примера можно привести изменение минерализации воды в районе родника «Богатого» на Кировском спуске и родника на б. Змеевой (табл. 5.1.4).

Таблица 5.1.4

## Изменение минерализации воды во времени

Место отбора проб воды	Сухой остаток, мг/л	Химический состав, мг/л							Общая жесткость
		Сг*	HCO <sub>3</sub> *	SO <sub>4</sub> *	Ca*	Mg*	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>		
Родник «Богатый», Кировский спуск, 1940 (3 пробы)*	1926,4	185		648,9	178,8	82,7		15,74	
Вода из сарматских известняков в районе родника «Богатого» 1993 (9 проб)**	3929	755,7	565,3	1547,5	304,88	162,67	910,57	28,62	
Родник б. Змеевой «Водопад» 1940 г.*	1851	299	304,9	696,9	187,9	85,6	250	16,43	
Родник «Водопад», 2000 г.***	3360	553,2	329,4	1433,7	316,6	119,2	593,6	25,6	

Примечание. \* – данные Ростовской гидрогеологической станции (инженер Е.И. Кутукова); \*\* – данные ООО «Ника» (К.А. Меркулова); \*\*\* – данные В.В. Приваленко, 2000 г.

Как следует из таблицы, минерализация воды сарматского водоносного горизонта в районе родников за 60 лет увеличилась почти в два раза. Тенденция

к увеличению минерализации прослеживается и в других родниках из сарматско-мэотического водоносного горизонта. В табл. 5.1.5 показано изменение химического состава родников в Северном жилом районе за 5 лет.

Таблица 5.1.5

Родники и дата отбора проб	Химический состав, мг/л								Общая жесткость
	Сухой остаток, мг/л	Сг*	HCO <sub>3</sub> *	SO <sub>4</sub> *	Ca*	Mg*	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	pH	
Сурб-Хач									
Август 2000 г.*	2684	230,8	353,8	1190,1	252,5	111,9	405	7,4	21,8
Декабрь 2005 г.**	3627	437,4	353,8	1877,7	400	136,2	598,7	6,8	31,2
«Святой» (женский монастырь)									
Август 2000 г.*	2276	219,9	439,2	949,7	228,5	53,5	422,7	7,7	15,8
Декабрь 2005 г.**	3501	397,6	610	1719,7	480	180	419,3	6,6	38,8

Примечание. \* – данные В.В. Приваленко; \*\* – данные ООО «Радан-Т» (К.А. Меркулова). Эти данные могут рассматриваться и как изменчивость химического состава подземных вод в местах их разгрузки, обусловленная особенностями питания.

С грунтовыми водами в сарматско-мэотический горизонт попадают и различные городские стоки (промышленные, бытовые), которые загрязняют подземные воды. Загрязнение происходит и при выходе известняков на дневную поверхность.

Родники в пределах города имеют температуру 9–12 °С. Чистая, прозрачная вода с низкой температурой делает родники очень популярными в народе. Родниковая вода наделяется целебными свойствами. Однако не следует забывать, что воду из родников нельзя использовать без очистки.

Более полные данные о химическом составе ростовских родников и об их загрязнении приведены в монографии «Экология города Ростова-на-Дону» [Приваленко, Безуглова, 2003]. Родники из сарматско-мэотического водоносного горизонта для города являются настоящим благом, так как им принадлежит роль стабилизатора процесса подтопления.

Разгружаясь в дренирующие долины, выводя в них огромные массы воды (в том числе и грунтовой), они замедляют скорость развития этого неблагоприятного антропогенного процесса. Городские родники должны тщательно охраняться, расчищаться и благоустраиваться.

**5.1.5. Подземные воды в известняках пойма** отмечаются только в узкой полосе, окаймляющей на плато фронт разгрузки грунтовых вод в сарматско-мэотический водоносный горизонт. Грунтовая вода за границей распространения скифских глин легко проходит через трещиноватые известняки-ракушечники, питая подземные воды.

**5.1.6. Водоносный горизонт в ханровских песках** развит в пределах их распространения на плиоценовой террасе и получает питание за счет поглощения грунтовых вод и за счет гидравлической связи с подземными водами в сарматско-мэотических известняках. В центральной части города на водоразделе между балками Генеральной и Безымянной вода полностью насыщает пески и

даже имеет небольшой напор (пьезометр 54/12). К берегу Дона уровень ее подгружается, и на уступе террасы пески уже безводны. Подземные воды в хандровских песках дренируются и р. Темерник, и всеми балками донского склона. Между балками Кизитиринкой и Кобяковской (пос. Александровка) хандровские воды безводны. Здесь очень сильное дренирующее влияние оказывает б. Кобяковская (см. рис. 4.1). Водоносный горизонт в хандровских песках гидравлически тесно связан с сарматско-мэотическими подземными водами и имеет с ними одинаковый химический состав.

## 5.2. Грунтовые воды четвертичных отложений

### 5.2.1. Грунтовые воды в скифских глинах

Водоносность скифских глин связана с грунтовыми водами в лёссовидных породах. Водосодержащие скифские глины распространены только в зонах проникания грунтовых вод через них в породы неогена. Эти зоны окаймляют фронт разгрузки водоносного горизонта лёссовидных суглинков и являются характерной особенностью гидрогеологических условий г. Ростова. Насыщающая трещиноватые скифские глины вода имеет слабый напор и при вскрытии ее дает восходящие родники. Один из таких родников является причиной затопления подвала траурного зала мемориала на Змеевой балке.

### 5.2.2. Грунтовые воды в лёссовидных породах

Детальное изучение толщи скифских глин позволило разрешить загадки в поведении грунтовых вод и представить четкую картину положения воды в лёссовидных породах, долгое время остававшуюся неясной. Составленная в 1971–1972 гг. карта масштаба 1:10000 дает характеристику гидрогеологических условий всей территории города. Особенности этих условий сводятся к следующему:

1. Грунтовые воды в лёссовидных породах распространены повсеместно и имеют единое зеркало в районах со сплошным развитием скифских глин, которые являются для них водоупором.
2. Кроме дренирования грунтовых вод современными долинами Дона и Темерника, существует подземный дренаж, обусловленный строением толщи скифских глин. Скифские глины имеют сложный рельеф. В них заложена основная балочная сеть зоплейстоцена, погребенная под мощным покровом лёссовидных пород. Отметка ложа древних долин опускается от абсолютных отметок 35–36 м в верховье до минус 2 – плюс 5 м в устье. На абсолютных отметках 25–27 м в ложах долин красно-бурые глины размыты и лёссовидные породы лежат на водопроницаемых хандровских песках или известняках понта, мэотиса и сармата. Здесь грунтовые воды поглощаются миоценовым водоносным горизонтом и через него получают сток в долины Темерника и Дона. На карте высоты подъема грунтовых вод (рис. 3. вкладки) показана граница распространения скифских глин и древние ложбины стока, большинство из которых унаследовано современными балочными долинами. Эта граница названа автором фронтом разгрузки.

3. Фронт разгрузки грунтовых вод в сарматско-мэотический водоносный горизонт имеет свои особенности. Он не полностью повторяет границу распространения скифских глин, а спрямляет ее, пересекая сложными узкими межбалочными водоразделами. Значительные уклоны, создаваемые разницей уровней воды в ложах балок и на скифских водоразделах, способствуют прониканию потока через трещиноватые скифские глины. Скважины, вскрывшие воду в скифских глинах, располагаются вдоль зоны разгрузки.
4. Отсеченные потоком грунтовой воды межбалочные скифские водоразделы являются собой опасные зоны, в которых при увеличении инфильтрации (изменение гидрогеологического баланса) могут появиться грунтовые воды и слиться с основным потоком. Линия фронта разгрузки грунтовых вод изменяется во времени, и конечной стадией ее развития является полное повторение границы распространения скифских глин. На карте высоты подъема уровня грунтовых вод (рис. 3 вкладки) хорошо видно изменение фронта разгрузки во времени.
5. Поглощенные породами миоцена грунтовые воды поступают через них к долине Дона и Темерника и за фронтом разгрузки подземных вод вновь насыщают лёссовидные суглинки, покрывающие склоны.
6. Между этими фронтами разгрузки лежит зона, где первым от поверхности водоносным горизонтом является горизонт подземных вод, а лёссовидные породы безводны. Водосодержащие линзы, встречающиеся здесь, носят временный характер и образуются за счет источников инфильтрационного питания природного или техногенного характера.

Таковы основные закономерности распространения и стока грунтовых вод. Условия их залегания, режим и химический состав рассмотрены ниже.

Образование грунтовых вод в лёссовидных породах связано с инфильтрацией атмосферных осадков, а в черте города – с целым рядом источников, обусловленных хозяйственной деятельностью человека (глава 7). Водоносный горизонт формируется на разных глубинах в лёссовидных суглинках и супесях. При высоком положении уровней первый от поверхности водоносный слой приурочен к более легким по составу ошашковским и калининским суглинкам. Относительным водоупором служит погребенная молого-шекснинская или микулинская почва и глины московского горизонта. Второй водоносный слой наблюдается в суглинках днепровского горизонта или залегает в нижнечетвертичных породах.

Изоляция водоносных слоев недостаточно надежна вследствие размыва погребенных почв и факультетной изменчивости состава лёссовидных пород. Скважины 6194, 6195, 6196, 5613, 5614 глубиной 27–42 м, пробуренные в Пролетарском районе, вскрыли три водоносных слоя в лёссовидной толще (в ошашковских, калининских и днепровских суглинках).

При перекрытии водосодержащих пород и углублении в «водоупор» наблюдалось слабое поступление воды в скважины, а при углублении в следующий водоносный слой уровень устанавливался на первой глубине, т.е. соответствовал уровню первого водоносного горизонта. Такие же наблюдения были сделаны на территории мединститута, на Театральном спуске, на стадионе «Трудовые резервы», в пос. Орджоникидзе. Это свидетельствует о гидравлическом

ской связи всех водоносных горизонтов в лёссовидной толще, которые следует рассматривать как более водообильные слои в толще водосодержащих пород.

На гидрогеологической карте гидроизогипсы зеркала грунтовых вод построены по уровням, приведенным к максимуму на май 2000 г.

Благодаря существованию фронта разгрузки в сарматско-мэотический горизонт поверхность зеркала грунтовых вод носит куполовидный характер, который установился в результате длительного повышения уровня. На май 2000 г. наибольшие абсолютные отметки уровня воды наблюдались на межбалочных и речных водоразделах. На правобережье р. Темерник, в ЗЖР, в северо-западной промзоне, пос. Каменка гидроизогипсы 75 и 80 м замыкаются на вершинах водоразделов. К Дону и Темернику уровни воды погружаются до абсолютных отметок 35–40 м и поглощаются подземными водами. Глубина залегания воды при этом изменяется от 2–4 до 12–20 и более метров. Такая же закономерность наблюдается и на левобережье р. Темерник. Гидроизогипсы с абсолютными отметками 80, 85 и 90 м оконтуривают гребни водоразделов. Эта стройная картина нарушается погребенными балочными долинами, которые перехватывают поток грунтовых вод, направленный к основной дрене (р. Темерник или р. Дон), создавая ряд местных водоразделов. На рис. 4.2 и 4.3 хорошо видно несовпадение «водяных» водоразделов с поверхностью земли в зоне влияния этих древних долин. Уклоны потока грунтовых вод на водоразделах минимальные. По мере продвижения к зонам разгрузки уклоны возрастают от 0,006–0,015 до 0,04–0,05. Наибольшие уклоны до 0,08 наблюдаются в зонах поглощения подземными водами.

По линии фронта разгрузки отмечаются и наибольшие глубины залегания грунтовых вод – 28–30 м. Грунтовые воды лёссовидных суглинков, покрывающих подножия склонов и надпойменные террасы ниже фронта разгрузки подземных вод, имеют абсолютные отметки уровней 5–22 м и глубины залегания 1–18 м.

Водообильность водоносного горизонта в лёссовидных породах определяется откачками воды из одиночных и кустовых скважин. По данным откачек, коэффициенты фильтрации изменяются от 0,15 до 0,97 м/сут. Радиус влияния имеет колебания в пределах 5,6–20 м. Коэффициенты фильтрации суглинков в зоне азрации, по лабораторным данным кафедры инженерной геологии РИСИ [Ананьев, 1962], изменяется по вертикали от 1,25 до 2,06 м/сут, по горизонтали от 1,0 до 1,82 м/сут. По опытным наливам в шурфы коэффициент фильтрации суглинков равен 0,3–0,5 м/сут.

Минерализация грунтовых вод в лёссовидных породах колеблется в очень широких пределах. Сумма минеральных солей имеет крайние значения 0,4–15 г/л. Величина сухого остатка более 10 г/л обычно связана с работой определенных предприятий города. Так, на территории холодильника рыбозавода грунтовые воды имеют минерализацию 14,93 г/л. Содержание в них  $\text{Na}^+$  – 4,6 г/л;  $\text{HCO}_3^-$  – 1,66 г/л; аммиака – 4,5 г/л. На заводе «Красный металлист» У цеха № 3 грунтовая вода имеет общую минерализацию 7,8–14 г/л, содержание сульфатов до 8,89 г/л, хлоридов до 2,2 г/л. Вода содержит железо, алюминий, медь. Концентрация водородных ионов 2,5–6,5

Наиболее часто встречается минерализация 2,5–5 г/л. Наименьшее содержание солей для большинства точек отбора характеризует время весеннего максимума, что объясняется наибольшим в разрезе года подпитыванием грунтовых вод пресными талыми и дождевыми водами во время весенних дождей и снеготаяния. Исключением являются участки скверов с интенсивным поливом. Наименьшая минерализация воды здесь наблюдается в летнее время. Формула Курлова, составленная по большому количеству (более 100) химических анализов, характеризует грунтовую воду как преимущественно сульфатно-натриевую:

$$M_{2,0-7,5} \frac{\text{SO}_4^*25 - 82[\text{Cl}^*13 - 39, \text{HCO}_3^*12 - 29]}{\text{Na}^*35 - 86[\text{Ca}^*11 - 36, \text{Mg}^*13 - 30]}$$

где  $M$  – общая минерализация, г/л; химические компоненты в числителе и знаменателе выражены в мг-экв/л.

Грунтовые воды, как правило, обладают сульфатной агрессивностью к бетону. Содержание иона  $\text{SO}_4^*$  преимущественно имеет значение 1,5–2,5 г/л при содержании иона  $\text{Cl}^*$  менее 1,0 г/л. Водородный показатель pH изменяется от 6 до 8,5, чаще 6,5–7,5. Вода жесткая. Общая жесткость колеблется в пределах 25–54 мг-экв.

Необходимо иметь в виду резкое временное опреснение грунтовой воды, которое иногда отмечается после обильных осадков в любое время года, особенно при близком залегании уровня. Без соответствующего изучения окружающей обстановки это может привести к ошибочному заключению о степени агрессивности грунтовой воды.

Режим грунтовых вод изучался при инженерно-геологической съемке 1971–1972 г. Трестом «Ростовдонтисиз» и кафедрой инженерной геологии РИСИ были установлены наблюдательные скважины на воду (пьезометры). Наблюдения велись на территориях с близким залеганием грунтовых вод в восточной, северо-восточной и центральной частях города. Два пьезометра были установлены в северо-западной промзоне, которая только начинала застраиваться. Наблюдения проводились с мая 1971 г. по апрель 1972 г. по методике ВСЕГИНГЕО регулярно, каждую декаду, на протяжении всего календарного года. На рис. 5.1, 5.2 даны типовые графики и среднегодовая амплитуда колебания уровня грунтовых вод. Амплитуды даны для ординарных по водности лет. В водообильные годы и в максимумы солнечной активности эти амплитуды возрастают, соответственно, до 1,8, 1,5 и 0,5 м. Пьезометры, установленные в 1987 г. трестом «Ростовдонтисиз», нерегулярно наблюдались трестом в течение года, а затем сеть наблюдательных скважин была передана Ростовской геологической экспедиции. Из-за отсутствия финансирования наблюдения за режимом грунтовых вод экспедицией проводились нерегулярно, бессистемно и страдают ошибками (по многим пьезометрам уровни воды в течение года имеют колебания до 8–10 м!). В настоящее время из 77 пьезометров действующими остались только 48, но и они требуют ремонта и чистки. Таким образом, ценнейшая сеть режимных скважин осталась бесхозной и постепенно гибнет.

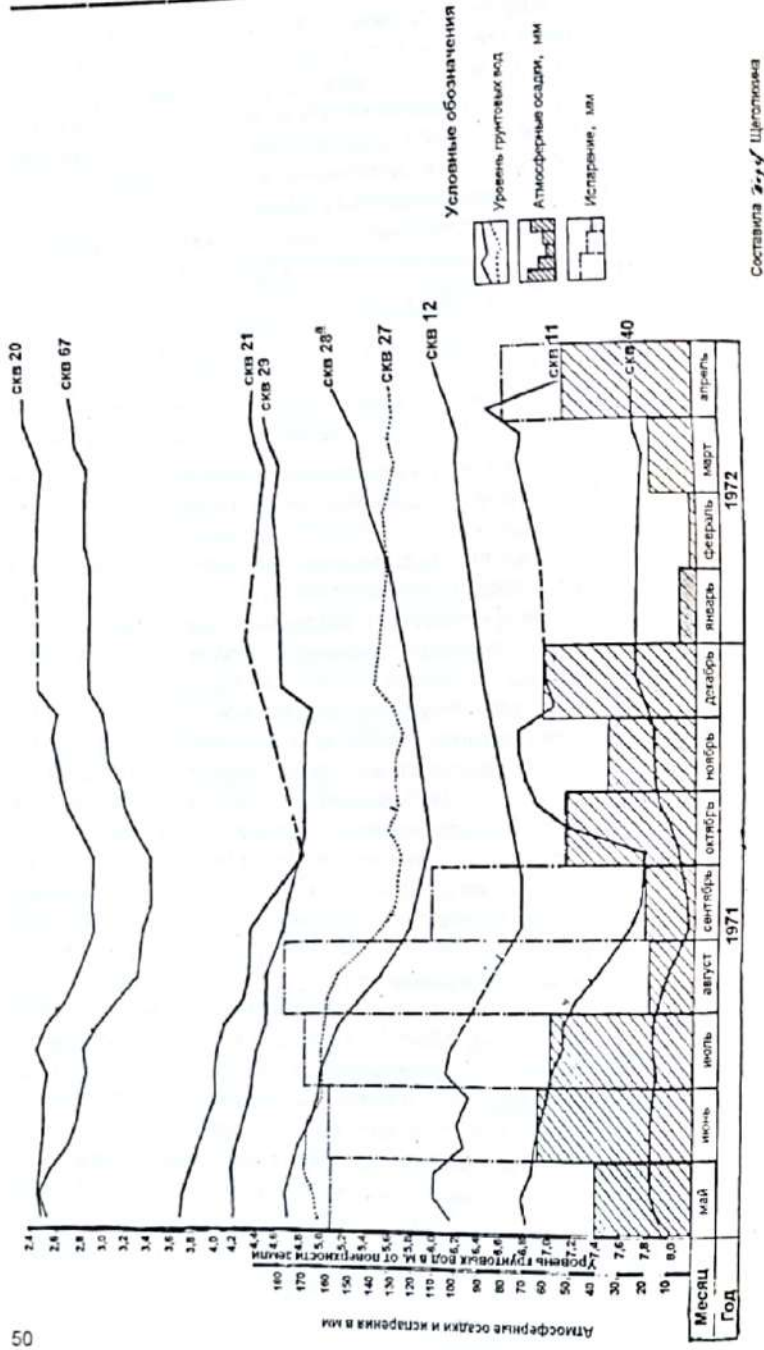


Рис. 5.1. Типовые графики колебания уровня грунтовых вод

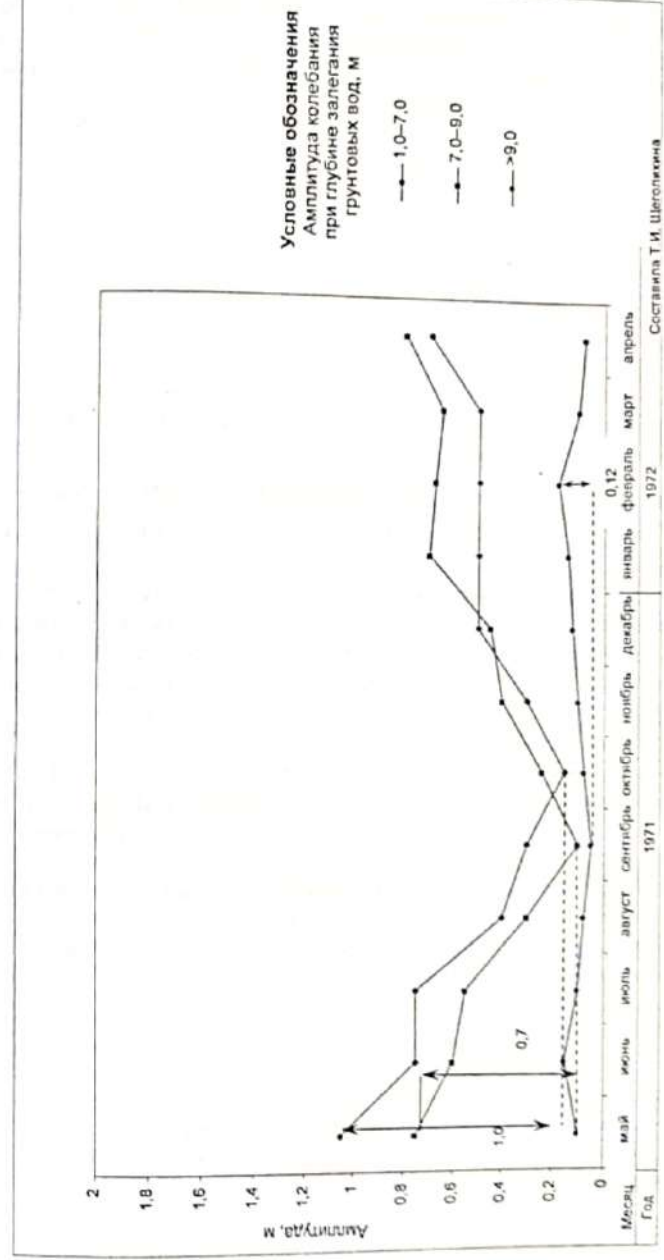


Рис. 5.2. Среднегодовая амплитуда колебания уровня грунтовых вод

Поскольку систематические наблюдения за режимом грунтовых вод проводились только при инженерно-геологической съемке 1971–1972 гг., их и следует принимать для определения сезонных колебаний уровня. В табл. 5.2.1 приведены поправки к максимуму по месяцам года.

Таблица 5.2.1

Глубина залегания грунтовых вод, м	Месяц года												Полная амплитуда, м
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	
1,0–7,0	0,57	0,57	0,57	0,37	0,00	0,28	0,28	0,64	0,80	1,00	0,74	0,57	1,00
7,0–9,0	0,07	0,07	0,07	0,00	0,00	0,11	0,17	0,43	0,70	0,54	0,31	0,28	0,70

Режимные наблюдения по пьезометрам 1987 г., несмотря на все свои пробелы, дают ценную информацию при определении изменения уровней воды во времени и скорости подтопления.

### 5.2.3. Водоносный горизонт в аллювиальных отложениях рек Дона и Темерника

Грунтовые воды в аллювии поймы и первой надпойменной террасы Дона по правому берегу долины (у подножья уступа плиоценовой террасы) залегают на глубине 0,3–4 м. Питание получают в основном за счет разгрузки грунтовых вод лёссовидных суглинков и вод сарматско-мэотического водоносного горизонта. Подземные воды в виде родников различного дебита свободно изливаются, растекаясь по пойме, питая грунтовые воды в аллювии. Кроме открытых выходов на поверхность, разгрузка подземных и грунтовых вод в аллювий происходит и через делювий склона.

В отложениях левобережной поймы грунтовые воды находятся на глубинах 0,2–2,5 м. Водоносный горизонт в аллювии поймы и первой надпойменной террасы очень тесно связан с Доном. Уровни его имеют такие же колебания, как и уровни воды в реке.

Грунтовые воды в аллювиальных отложениях Темерника питаются за счет поверхностного стока, а в основном водами сарматского водоносного горизонта, который разгружается в долину реки в виде родников и через аллювий террас. Глубина залегания грунтовых вод:

- в отложениях поймы – 0–2 м;
- первой надпойменной террасы – 2–7 м;
- второй надпойменной террасы – 5–12 м;
- третьей надпойменной террасы – 10–18 м.

В балочном аллювии водоносный горизонт имеет свои особенности. В современных ложах балок Рябинина, Кульбакина, Безымянной, Генеральной мощность аллювия не превышает 5–8 м. Грунтовые воды в нем залегают на глубине 0–5 м. В верховьях долин балки дренируют грунтовые воды лёссовидных суглинков. Ниже фронта разгрузки, за границей распространения скифских глин, водоносный горизонт локализуется только в илистых балочных отложе-

ниях, имея подвешенный характер. В нижнем течении, где балки вскрывают ханжовские пески, известняки сармата или мэотиса, оба потока – и грунтовый, и подземный – сливаются в один общий водоносный горизонт. Исключение составляют балки Темерник и Кизитеринка, имеющие большие современные врезы и мощность аллювиальных осадков 17–30 м. В верховьях эти балки, как и другие, дренируют грунтовые воды, а в средних и нижних частях своих долин балочный аллювий питается и грунтовыми, и подземными водами.

Характеристика химического состава грунтовых вод в аллювиальных отложениях приведена в табл. 5.2.2.

Таблица 5.2.2

Содержание	Общая минерализация, мг/л	pH	Жесткость		Содержание катионов и анионов, мг/л					
			общая	устраняемая	Mg <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
мин.	640	6,6	11,6	4,4	33	78	84	50	48	201
макс.	6380	7,8	170,3	48,7	363	776	1148	980	2724	1061

На левобережной пойме Дона в летние бездождные периоды на отдельных участках с высоким стоянием уровней минерализация грунтовых вод может подниматься до 16–18 г/л при содержании сульфатов до 8–9 г/л. В осенне-зимнее и весеннее время вода опресняется дождевыми и тальными водами до 4–5 г/л.

В заключение необходимо отметить, что все рассмотренные водоносные горизонты составляют единую систему, связанную общими дренирующими долинами: грунтовые воды в зонах поглощения смешиваются с подземными и далее разгружаются в аллювий Дона и Темерника.

## 6. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРНЫХ ПОРОД

Разделение горных пород при геологическом картировании г. Ростова выполнено по методике ВСЕГИНГЕО (И.В. Попов), в основу которой положен формационный принцип. Действующая ныне классификация пород (грунтов) по ГОСТ 25100-95 также является отражением этого принципа, только в более общем виде. Таксономическая схема формаций пород увязана с этой классификацией и приведена в табл. 6.1.

Все горные породы, развитые в г. Ростове, относятся к платформенной верхнетерригенной группе формаций, в которой выделяются осадочные морская и континентальная формации. Морская осадочная формация объединяет морскую карбонатную и морскую обломочную субформации. А в континентальной осадочной формации выделяются проблематическая, флювиальная и азральная субформации.

Далее горные породы делятся на геолого-генетические, петрографические типы и инженерно-геологические (строительные) виды. Последние по ГОСТ 25100-95 именуются инженерно-геологической разновидностью пород (грунтов). Однако если приводить инженерно-геологическую характеристику пород в такой последовательности, то породы одного геологического возраста будут рассмотрены в разных разделах. Например: сарматские известняки будут охарактеризованы в морской карбонатной субформации, глины, пески – в морской обломочной субформации, а элювий известняков – в азральной субформации. Это неудобно для использования материалов в инженерно-геологических целях, хотя и соответствует классической схеме. Мы считаем возможным отступить от последней в пользу более привычного и удобного изложения и даем инженерно-геологическую характеристику пород в соответствии с геологическим описанием (см. главу 4).

### 6.1. Неогеновая система N<sub>1-2</sub>

#### 6.1.1. Нижний неоген (миоцен) N<sub>1</sub>

##### 6.1.1.1. Сарматский горизонт N<sub>1S1-2</sub>

Пески нижнего сармата хорошо изучены в нижней части берегового уступа Дона, где они залегают на небольшой глубине под пойменным аллювием либо под среднесарматскими глинами. Нижнесарматские пески преимущественно мелкие, иногда пылеватые, содержат обломки и целые раковины моллюсков *Ervillea*. Пески водонасыщенные, в них содержится нижнесарматский водоносный горизонт. Механические свойства песков изучены статическим зондированием, а физические свойства получены расчетом по формуле (1) (табл. 6.1.1).

Таблица 6.1

Таксономическая схема формаций пород, развитых на территории г. Ростова-на-Дону

Группа формаций	Подгруппа	Группа	Класс	Инженерно-геологический (или строительный) вид	Классификация ВСЕГИНГЕО (И.В. Попов, 1950)		Геологический индекс	Петрографический тип	Макроформации, геологические комплексы (геологический тип)	Субформация	Формация	Разновидности
					Классификация пород (грунтов) по ГОСТ 25100-95	Классификация пород (грунтов) по ГОСТ 25100-95						
Платформенная (терригенная) группа	Морская осадочная	Скальные	Скальные	Известняки скальные и полурасклеванные известняки	Скальные	Скальные	mN1m mN1S1 mN1S2	Известняки	Прибрежно-мелководно-органогенно-известковая (тонкозернистые известняки сарматские)	Морская карбонатная	Карбонатная	Выделяются по: 1) порядку проницаемости на одностороннем склоне в водонасыщенном состоянии; 2) пористости; 3) коэффициенту выветривания; 4) степени расклеванности; 5) степени водородоносности; 6) степени засоленности
Платформенная (терригенная) группа	Морская осадочная	Скальные	Скальные	Пески мелкого, среднего и крупного размера, супески, песчаники и глыбы	Скальные	Скальные	mN1m mN1S1 mN1S2 mN1S3 mN1S4 mN1S5 mN1S6 mN1S7 mN1S8 mN1S9 mN1S10 mN1S11 mN1S12 mN1S13 mN1S14 mN1S15 mN1S16 mN1S17 mN1S18 mN1S19 mN1S20 mN1S21 mN1S22 mN1S23 mN1S24 mN1S25 mN1S26 mN1S27 mN1S28 mN1S29 mN1S30 mN1S31 mN1S32 mN1S33 mN1S34 mN1S35 mN1S36 mN1S37 mN1S38 mN1S39 mN1S40 mN1S41 mN1S42 mN1S43 mN1S44 mN1S45 mN1S46 mN1S47 mN1S48 mN1S49 mN1S50	Пески, супески, глыбы, глин	Морская обломочная	Обломочная	Выделяются по: 1) степени неоднородности гранулометрического состава (глинистые грунты и илы); 2) числу пластичности и гравилометрическому составу (глинистые грунты и илы); 3) степени водородоносности; 4) коэффициенту выветривания; 5) относительной деформации при сжатии (глинистые грунты); 6) относительной деформации набухания без нагрузки (глинистые грунты); 7) коэффициенту водородоносности (грунтовообломочные грунты и илы); 8) коэффициенту пористости; 9) степени влажности; 10) коэффициенту выветривания; 11) коэффициенту истончения; 12) относительному содержанию органических веществ (пески и глинистые грунты); 13) степени засоленности; 14) степени кислотности; 15) относительной деформации при сжатии	
												2. класс природных дисперсных грунтов
Платформенная (терригенная) группа	Континентальная осадочная	Нескальные	Дисперсные (с метаморфическими и вулканогенными)	Щебень, дресва, песок, супески, глина, глина, супески, глина, глыбы	Нескальные	Нескальные	eN1 eN1S1 eN1S2 eN1S3 eN1S4 eN1S5 eN1S6 eN1S7 eN1S8 eN1S9 eN1S10 eN1S11 eN1S12 eN1S13 eN1S14 eN1S15 eN1S16 eN1S17 eN1S18 eN1S19 eN1S20 eN1S21 eN1S22 eN1S23 eN1S24 eN1S25 eN1S26 eN1S27 eN1S28 eN1S29 eN1S30 eN1S31 eN1S32 eN1S33 eN1S34 eN1S35 eN1S36 eN1S37 eN1S38 eN1S39 eN1S40 eN1S41 eN1S42 eN1S43 eN1S44 eN1S45 eN1S46 eN1S47 eN1S48 eN1S49 eN1S50	Щебень, дресва, песок, супески, глина, глина, супески, глина, глыбы	Континентальная осадочная	Обломочная	Выделяются по: 1) относительной деформации при сжатии (глинистые грунты); 2) числу пластичности и гравилометрическому составу (глинистые грунты и илы); 3) степени водородоносности; 4) коэффициенту выветривания; 5) относительной деформации набухания без нагрузки (глинистые грунты); 6) относительной деформации при сжатии (глинистые грунты); 7) коэффициенту водородоносности (грунтовообломочные грунты и илы); 8) коэффициенту пористости; 9) степени влажности; 10) коэффициенту выветривания; 11) коэффициенту истончения; 12) относительному содержанию органических веществ (пески и глинистые грунты); 13) степени засоленности; 14) степени кислотности; 15) относительной деформации при сжатии	
												3. класс природных дисперсных грунтов
Платформенная (терригенная) группа	Континентальная осадочная	Нескальные	Дисперсные (с метаморфическими и вулканогенными)	Щебень, дресва, песок, супески, глина, глина, супески, глина, глыбы	Нескальные	Нескальные	eN1 eN1S1 eN1S2 eN1S3 eN1S4 eN1S5 eN1S6 eN1S7 eN1S8 eN1S9 eN1S10 eN1S11 eN1S12 eN1S13 eN1S14 eN1S15 eN1S16 eN1S17 eN1S18 eN1S19 eN1S20 eN1S21 eN1S22 eN1S23 eN1S24 eN1S25 eN1S26 eN1S27 eN1S28 eN1S29 eN1S30 eN1S31 eN1S32 eN1S33 eN1S34 eN1S35 eN1S36 eN1S37 eN1S38 eN1S39 eN1S40 eN1S41 eN1S42 eN1S43 eN1S44 eN1S45 eN1S46 eN1S47 eN1S48 eN1S49 eN1S50	Щебень, дресва, песок, супески, глина, глина, супески, глина, глыбы	Континентальная осадочная	Обломочная	Выделяются по: 1) относительной деформации при сжатии (глинистые грунты); 2) числу пластичности и гравилометрическому составу (глинистые грунты и илы); 3) степени водородоносности; 4) коэффициенту выветривания; 5) относительной деформации набухания без нагрузки (глинистые грунты); 6) относительной деформации при сжатии (глинистые грунты); 7) коэффициенту водородоносности (грунтовообломочные грунты и илы); 8) коэффициенту пористости; 9) степени влажности; 10) коэффициенту выветривания; 11) коэффициенту истончения; 12) относительному содержанию органических веществ (пески и глинистые грунты); 13) степени засоленности; 14) степени кислотности; 15) относительной деформации при сжатии	
												4. класс техногенных грунтов

Таблица 6.1.1

Значение показателя	Показатели свойств нижесарматских песков							Гранулометрический состав, %						
	Природная влажность, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>			Пористость, %	Коэффициент пористости, %	Коэффициент водонасыщения, д.е.	Сопротивление под конусом зонда	Размер фракций, мм					
		при природной влажности	сухого грунта	частиц грунта					2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01
От	0,18	2,12	1,80	2,66	32,4	0,478	1,0	18,8	2,8	1,0	1,5	61,0	1,2	0,0
До	0,24	2,08	1,65	2,66	37,9	0,612	1,0	10,4	18,8	6,0	15,5	96,5	18,4	4,7
Средн. (норм.)	0,22	2,05	1,68	2,66	36,7	0,580	1,0	14,7	3,16	1,26	6,25	81,89	6,68	0,76
Коэффициент вариации	0,04	0,055		0,00				0,25						

Пески плотные, однородные, степень неоднородности  $C_u = 1,8-3,0$ .

**Глины среднесарматские.** Глины тонкодисперсны, имеют сланцеватую текстуру, с присыпками тонкозернистого песка по слойкам. Пески могут присутствовать и в виде линзочек и небольших прослоев. Прослойки песка большей толщины (1-2 м) разделяют глины на отдельные пачки. Глины содержат раковинный детритус из обломков раковин, образующий местами прослойки-«ленты» от 0,02-0,1 до 0,5 м. В таких прослоях раковины более толстостенные и сцементированы известковым цементом различной плотности. Эти особенности глин являются причиной большого разброса их физических и механических характеристик. Физические свойства глин характеризуются в табл. 6.1.2.

Таблица 6.1.2

Значение показателя	Обобщенные характеристики физических свойств сарматских глин										
	Природная влажность, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>			Пористость, %	Коэффициент пористости, %	Коэффициент водонасыщения д.е.	Пластичность, %			Показатель текучести
		при природной влажности	сухого грунта	частиц грунта				предел текучести	предел раскатывания	число пластичности	
От	34,0	1,54	0,95	2,74	51,46	1,060	0,75	51,0	27,0	24,0	-0,29
До	62,0	1,74	1,33	2,76	65,58	1,905	1,0	98,0	55,0	43,0	0,43
Средн. (норм.)	44,64	1,70	1,17	2,76	57,43	1,349	0,91	75,33	41,35	33,97	0,027
Коэфф. вариации	0,143	0,03						0,15	0,13		

В естественном залегании сарматские глины имеют твердую и полутвердую консистенцию. Большие величины показателя текучести, полученные в лаборатории, свидетельствуют о недостаточно тщательной подготовке образцов к анализу. Образцы глин необходимо очищать от песка и ракушки, в противном случае будут занижены значения предела раскатывания и, как следствие, завышен показатель текучести. Иногда это приводит к парадоксальным результа-

там: твердые глины по лабораторным анализам получаются мягко- и текуче-пластичными!

Есть в этом вопросе еще один аспект. Коренные глины в отличие от четвертичных глинистых грунтов имеют более прочные структурные связи, и их пластичность не должна определяться по одинаковой методике. По ГОСТ 5180-84 перед испытанием грунты растираются до однородной глинистой пасты, при этом уничтожается вторичное сцепление, обусловленное структурными связями. Иными словами, коренную глину приравнивают к более молодым и менее прочным грунтам. К сожалению, различие четвертичных и коренных глин не отражено и в новом ГОСТе на грунты.

Прочностные характеристики сарматских глин в лабораторных условиях, также как и физические свойства, изучены на большом числе монолитов. В сарматских глинах образуются плоскости скольжения при срезающих оползнях сдвига. Поэтому изучению их прочности на оползнеопасных склонах уделяется особое внимание. Угол внутреннего трения и удельное сцепление глин определяются не только по методике консолидированного медленного сдвига в условиях водонасыщения, но и при срезе по подготовленной поверхности: задается повторный сдвиг по уже срезанной плоскости.

Этот метод в обиходе называется «плашка-по-плашке». Деформационные характеристики глин статическими нагрузками на штамп практически не определялись. Имеющиеся данные по полевым испытаниям не позволяют провести корреляцию с лабораторными определениями модуля деформации и получить необходимый переходный коэффициент  $m$ . С введением СП 11-105-97 оценка сжимаемости глин стала возможна по результатам статического зондирования. В табл. 6.1.3 приведены данные о механических свойствах сарматских глин.

Таблица 6.1.3

Значение показателя	Прочностные и деформационные характеристики сарматских глин					
	Сопротивление сдвигу				Сопротивление под конусом зонда, МПа	Модуль деформации, МПа
	Консолидированный дренированный сдвиг		Сдвиг по подготовленной поверхности			
Удельное сцепление, кПа	Угол внутр. трения, град.	Удельное сцепление, кПа	Угол внутр. трения, град.			
От	31	15	12	14	2,17	15,2
До	45	20	30	19	4,32	30,2
Средн.	37,8	17	26	16	3,8	26
Коэфф. вариации	0,04	0,02	0,12	0,05	0,15	

Как видно из таблицы, углы внутреннего трения при повторном срезе изменяются мало, сцепление же падает в полтора-два раза.

Модуль деформации глин достаточно высок. Для обработки данных статического зондирования выборка сделана только для средних и минимальных значений сопротивления под конусом зонда. Отброшены все показания свыше 5 МПа, поскольку предполагается, что это связано с линзами песка или детритуса.



**Сарматские известняки (N1s<sub>2</sub>).** Среднесарматские известняки отличаются значительной прочностью, даже при их каверноватости, трещиноватости и выветрелости. Процессами выветривания в большей степени затронуты известняки, залегающие на небольшой глубине (до 5 м) или выходящие на дневную поверхность. В табл. 6.1.4 приведены характеристики физико-механических свойств известняков на береговом склоне Дона. Как видно из таблицы, характеристики известняков имеют достаточно большой разброс. Но при этом значения плотности и прочности не выходят за границы номенклатурных разновидностей по ГОСТ 25100-95, т.е. не только средние значения как плотную, средней прочности скальную породу. Что же касается коэффициента размягчаемости, то в целом он имеет значения менее 0,75, но встречаются и неразмягчаемые разности с  $K_{\text{от}} > 0,75$ .

Таблица 6.1.4

Показатели физико-механических свойств сарматских известняков, залегающих близко к дневной поверхности

Значение показателей	Плотность минеральной части, г/см <sup>3</sup>	Плотность скелета, г/см <sup>3</sup>	Пористость, %	Водопоглощение, %	Предел прочности на одноосное сжатие, МПа		Коэффициент размягчаемости, д.е.	Разновидность грунтов по ГОСТ 25100-95
					в воздушно-сухом состоянии	в водонасыщенном состоянии		
От	2,67	2,27	7,41	1,69	26,9	20,4	0,31	Скальные грунты плотные, средней прочности, размягчаемые
До	2,7	2,5	15,3	8,25	45,6	34,5	0,88	
Средние	2,69	2,4	10,78	4,26	36,64	22,58	0,62	
Козфф. вариации $\alpha = 0,85$	0,0037	0,031			0,16	0,38		
		2,37			34,26	19,98		

Для сарматских известняков, залегающих на глубинах более 5 м (под породами понта и мзотиса; под значительным покровом скифских глин и лёссовидных пород), показатели физико-механических свойств имеют более высокие значения, что видно из табл. 6.1.5.

Таблица 6.1.5

Показатели физико-механических свойств среднесарматских известняков, залегающих под значительным покровом пород

Плотность минеральной части, г/см <sup>3</sup>	Плотность скелета, г/см <sup>3</sup>	Предел прочности на одноосное сжатие, МПа		Коэффициент размягчаемости, д.е.
		В воздушно-сухом состоянии	в водонасыщенном состоянии	
2,52–2,74	2,35–2,71	36–80,7	34,4–53	0,72–0,97

Эти известняки по ГОСТ 25100-95 в целом можно характеризовать как плотные, прочные, слабовыветрелые неразмягчаемые скальные породы.

6.1.1.2. Мзотический горизонт N1m

**Мзотические известняки.** Верхний пласт известняка в отложении мзотических пород имеет наиболее высокие физико-механические характеристики (табл. 6.1.6).

Таблица 6.1.6

Показатели физико-механических свойств мзотических известняков (верхний пласт)

Значение показателей	Плотность скелета, г/см <sup>3</sup>	Пористость, %	Водопоглощение, %	Предел прочности на одноосное сжатие, МПа		Коэффициент размягчаемости, д.е.	Разновидность грунтов по ГОСТ 25100-95
				в воздушно-сухом состоянии	в водонасыщенном состоянии		
От	2,23	7,72	11,15	42,4	26	0,61	Скальные грунты, плотные, средней прочности, выветрелые, размягчаемые
До	2,43	16,15	16,44	81,5	65	0,79	
Среднее	2,36	12,4	13,19	67	43	0,64	

Мзотические известняки, залегающие в виде прослоев (0,2–0,5 м) в толще глин и песков, характеризуются более низкой прочностью (табл. 6.1.7).

Таблица 6.1.7

Показатели физико-механических свойств прослоев известняков

Значение показателей	Плотность скелета, г/см <sup>3</sup>	Пористость, %	Водопоглощение, %	Предел прочности на одноосное сжатие, МПа		Коэффициент размягчаемости	Степень засоленности, %	Степень растворимости в воде, г/л	Разновидность грунтов по ГОСТ 25100-95
				в воздушно-сухом состоянии	в водонасыщенном состоянии				
От	2,21	9,2	1,6	18,3	4,8	0,21	0,17	0,16	Скальные грунты средней прочности, плотные, размягчаемые, незасоленные, труднорастворимые
До	2,51	17,8	8,8	53,8	34,4	0,86	0,27	0,26	
Среднее	2,33	14,1	4,0	36,7	24,2	0,66	0,23	0,23	
Козфф. вариации	0,035			0,28	0,38				

Степень растворимости для прослоев известняка определена на одном из объектов берегового склона б. Темерник (СЖР, ул. Калустина). Полученные данные характеризуют известняки как труднорастворимые породы. Это вполне закономерно, так как карбонаты кальция относятся к малорастворимым солям. При проектировании зданий и сооружений на территории г. Ростова эта характеристика остается неустраиваемой.

**Глины мзотические.** Глины, не залегают слоями большой мощности, а переслаивают мзотические известняки и пески. Чистые глины высокодисперсны, обладают повышенной пористостью и высокими пределами пластичности. В природном залегании глины твердые и полутвердые. Эти характеристики снижаются присутствием прослоев песка (табл. 6.1.8).

Таблица 6.1.8

## Физические свойства мзотических глин

Значения показателей	Природная влажность, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>			Пористость, %	Коэффициент пористости, %	Пластичность, %			Показатель текучести	Степень водонасыщения
		при природной влажности	сухого грунта	частиц грунта			предел текучести	предел раскатывания	число пластичности		
От	26	1,73	1,20	2,72	46,4	0,866	45	21	24	0,21	0,82
До	45	1,96	1,47	2,74	55,9	1,266	92	48	41	-0,02	1
Среднее	37	1,84	1,34	2,73	51,2	1,068	60	35	25		0,9

При подготовке образцов глин к лабораторным анализам (главным образом, при определении пластичности) необходимо исключить попадание песка в грунтовую пасту во избежание искусственного завышения показателя текучести (так же, как для сарматских глин).

Мзотические пески, залегающие в виде прослоев в толще известняков и глин, изучены слабо. По гранулометрическому составу они относятся к мелким, однородным (см. табл. 6.1.9). Зондирование мзотических песков невозможно, изучение их плотности носит чисто интуитивный характер (по буримости). Но, учитывая генезис (морские) и условия залегания, можно быть уверенными, что пески имеют плотное или средне-плотное сложение.

Таблица 6.1.9

## Физические характеристики мзотических песков

Гранулометрический состав, %						Коэффициент неоднородности
Размер фракций, мм						
2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	
2,0-15,7	1,5-7,0	3,0-5,0	56,5-89,9	1,3-17,9	0,0-4,2	2,1-2,9

**Элювий сарматских и мзотических известняков.** Слой разрушенной выветрелой породы прослеживается на пласте известняка только в районах, где коренные отложения залегают неглубоко либо выходят на дневную поверхность. Разрушенный известняк представлен крепкими обломками, сцементированными зеленовато-серой глиной, иногда сильно опесчаненной (6.1.10).

Таблица 6.1.10

## Характеристика крупнообломочного элювия сарматских и мзотических известняков

Гранулометрический состав, %											Коэффициент выветрелости	Коэффициент истираемости	
Размер фракций, мм													
> 40	40-20	20-10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	< 0,1	> 2,0			< 2,0
13,8-20	17,58-18,01	8,14-21,5	7,59-16	5,51-10,3	2,38-7,5	4,54-5	8,27-3,1	6,36-0,5	25,83-2,1	52,62-85,8	47,38-14,2	0,18-0,34	0,12-0,18

По гранулометрическому составу крупнообломочный элювий относится к щебенистым и дресвяным грунтам. Обломки известняка по испытанию в полочном барабане характеризуются как прочные, неветрелые.

Мзотические отложения представленные тонким переслаиванием (0,05-0,1 м) известняка, глин и песка, при проходке выбуриваются в виде песчано-глинистой породы с обломками известняка. Это является поводом относить их к элювию и характеризовать как крупнообломочный грунт с глинистым заполнителем или как дресвяные и щебенистые глинистые грунты. Такой подход оправдан для инженерно-геологической характеристики породы, но не следует забывать, что это не элювий, а коренные морские отложения, и соответственно рисовать их на геологических разрезах.

В табл. 6.1.11 дана характеристика тонкопереслаивающегося мзотиса, определенная по методике Дальневосточного «Промстройпроекта».

Таблица 6.1.11

## Физико-механические характеристики мзотических пород при тонком переслаивании

Природная влажность, %	Пределы пластичности, %		Число пластичности, %	Показатель текучести	Содержание частиц, %		Коэффициент выветрелости	Коэффициент истираемости	Модуль деформации, МПа	Сопротивление срезу	
	верхний	нижний			Размер, мм					Удельное сцепление, кПа	Угол внутреннего трения, град.
					> 2	< 2					
20	35	18	17	0,02	62-	38-	0,42	0,17	25	26	24
28,4	54	28	26	0,16	70	30	0,75	0,3	35	38	26

Обломочный материал характеризуется как щебенистый слабовыветрелый, средней прочности.

## 6.1.1.3. Понтический горизонт N1рп

**Понтические известняки.** Понтические известняки заканчивают отложения морской карбонатной субформации. На понтическом плато при малой мощности (2-5 м) покровных отложений известняки являются основанием для многих зданий и инженерных сооружений. Понтические известняки имеют разную природную прочность по вертикальному разрезу. Они состоят из крупных и мелких ядер раковин *Didacna*, *Dreissenta*, *Congeris* с различной степенью цементации. Цемент известковый. В верхней части разреза цементация более слабая. В нижней части разреза цемент более прочный, встречаются очень крепкие перекристаллизованные разности, часто в виде плиты. Такие же перекристаллизованные прослои небольшой мощности (0,05-0,1 м) попадают иногда в верхней части разреза. Вследствие этого физико-механические характеристики понтических известняков очень разные. В табл. 6.1.12 меньшие цифры характеризуют верхний горизонт слабых известняков, большие - нижние слои, называемые «плитой».

Таблица 6.1.12

## Показатели физико-механических свойств понтических известняков

Плотность скелета, г/см <sup>3</sup>	Предел прочности на одноосное сжатие, МПа (среднестатистический)		Коэффициент размягчаемости, д.е.	Коэффициент выветрелости
	в воздушно-сухом состоянии	в водонасыщенном состоянии		
2,06–2,34	4–27	2–20,7	0,27–0,83	0,8–0,9

Слабые разности известняков характеризуются по ГОСТ 25100-95 как рыхлая, выветрелая, пониженной и низкой прочности, размягчаемая скальная порода. Нижний горизонт известняков относится к плотным, слабыветрелым, средней прочности неразмягчаемым скальным грунтам.

**Элювий понтических известняков (eNipn).** Представлен обеими литологическими разновидностями элювия: глинистым и крупнообломочным. Глинистый элювий, залегающий на понтических известняках, представлен красноцветными глинами, суглинками и супесями с различным содержанием обломочного материала. По ГОСТ 25100-95 грунты классифицируются как глины, суглинки и супеси с включением обломков размером >2 мм от 15 до 25% или как дресвяные и щебенистые глинистые грунты с включением обломков до 50%. Детальное изучение глинистого элювия выполнялось трестом «Ростовдонтисиз» в 1975–1978 гг. при инженерно-геологических изысканиях под проект застройки X, XI и XII МКР Северного жилого района. Благодаря близкому залеганию к дневной поверхности прочностные и деформационные характеристики элювия определялись в полевых условиях статическими нагрузками на штамп и сдвигом целиков в шурфах. В табл. 6.1.13 приведены характеристики глинистого элювия.

Таблица 6.1.13

## Физико-механические характеристики глинистого элювия понтических известняков

Характеристика породы в целом	Единицы измерения	Глинистый элювий при содержании обломков от 15 до 50%	
		суглинки	глины
Природная влажность	%	25–27	20–40
Плотность при природной влажности	г/см <sup>3</sup>	1,64–1,73	1,75–2,08
Плотность сухого грунта	г/см <sup>3</sup>	1,31–1,32	1,24–1,57
Плотность частиц грунта	г/см <sup>3</sup>	2,68–2,69	2,69–2,75
Пористость	%	50,3–51,12	42,5–51,3
Коэффициент пористости		1,037–1,041	0,73–1,08
Модуль деформации	МПа	18–20	25–35
Удельное сцепление	МПа	25–30	30–40
Угол внутреннего трения	град.	21–23	20–22

Как видно из табл. 6.1.14, обломочный материал представлен дресвой. Слой глинистого элювия небольшой, толщина его варьирует от 0,5 до 1–2 м. Ниже залегает крупнообломочный элювий, глинистым заполнителем которого являются такие же красноцветные грунты, что и вышележащие (табл. 6.1.15).

Таблица 6.1.14

## Гранулометрический состав обломочного материала в элювиальных глинах и суглинках

Гранулометрический состав, %							
Размер фракций, мм							
>10	10–5	5–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	<0,1
10	17	28	24	0,5	2,5	4,8	4,2

Таблица 6.1.15

## Физико-механические характеристики крупнообломочного элювия понта

Гранулометрический состав, %												Коэффициент выветрелости	Коэффициент истираемости
Размер фракций, мм													
>40	40–20	20–10	10–5	5–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	<0,1	>2	<2		
2,79–22,28	10,6–29,42	17,94–31,12	10,31–26,6	8,36–13,9	0–13,26	2,57–6,34	1,17–2,04	0,6–1,9	2,8–5,75	72,65–86,8	14,29–27,26	0,71–0,86	0,4–0,59

Крупнообломочный элювий понтических известняков представлен щебенисто-дресвяными грунтами. По величине коэффициентов выветрелости и истираемости обломки характеризуются как сильно выветрелые, пониженной прочности. Заполнитель – красно-ржавые супеси, суглинки или глины, твердые и полутвердые.

В заключение необходимо сказать об ошибках в изучении пород морской карбонатной субформации при инженерно-геологических изысканиях. Что касается сарматских известняков, а также верхнего пласта мэотического известняка, то здесь все ясно. Крепкие породы проходятся колонковым способом. Выбуренный керн позволяет изучить физико-механические свойства известняков в объеме требований нормативных документов для скальных пород. При изучении переслаивающихся пород мэотиса и понтических известняков ошибки иногда столь значительны, что приводят к искаженной инженерно-геологической оценке.

Необходимо помнить, что в природе не существует песчано-глинистой смеси с обломками известняка, которую мы получаем при проходке тонкопереслаивающихся мэотических отложений. Для лабораторных исследований коэффициентов выветрелости и истираемости обломков (прослой известняка) следует тщательно отделять их от мелкозема. Только тогда можно получить истинные значения этих показателей, от которых зависят рекомендуемые прочностные и деформационные характеристики всей породы.

В противном случае для несуществующей смеси, при низких значениях коэффициента выветрелости и коэффициента истираемости могут быть получены расчетные характеристики, как для глинистых грунтов.

То же самое можно сказать и о понтических известняках. При бурении верхний слой известняков (не элювия с глинистым заполнителем!) легко разрушается до дресвы или щебня. Это служит поводом к его инженерно-геологической оценке как крупнообломочного грунта, хотя такой порода стала в

результате механического воздействия при бурении. В обнажениях, даже при сильном выветривании, понтические известняки сохраняют текстуру скальной горной породы. Таблица Б.1 ГОСТ 25100-95 дает характеристику скальных грунтов с пределом прочности на одноосное сжатие  $R_c$  от 120 до 1 МПа, т.е. классифицируют разновидности скальных грунтов от очень прочных до очень низкой прочности. При инженерно-геологических изысканиях понтические известняки, являющиеся непосредственным основанием фундаментов, должны изучаться как скальная, хотя и пониженной или низкой прочности порода. Так же она должна изображаться на геологических разрезах. К сожалению, понтические известняки, как и мезотические породы, часто показываются на графических приложениях в виде песка или легкого суглинка с обломками известняка! Такая интерпретация геологического разреза предполагает отсутствие в городе скальных понтических и мезотических пород, а это не соответствует истине. Чтобы не делать подобных ошибок, достаточно посмотреть на обнажения коренных пород, которых в г. Ростове предостаточно. При близком залегании скальных пород к дневной поверхности для правильного описания и опробования их желательнее вскрывать шурфами, а не скважинами.

Характеристики скальных пород по ГОСТ 25100-95 охватывают широкий спектр свойств и, конечно же, относятся ко всем видам инженерных сооружений, в том числе и гидротехническим. Изучение таких характеристик, как водопроницаемость и растворимость, безусловно, относится к последним. По СНиП 2.02.01-83\* «Основания зданий и сооружений» расчеты оснований, сложенных скальными грунтами, выполняются с использованием расчетного значения предела прочности на одноосное сжатие и коэффициента выветрелости породы. Следовательно, эти характеристики и должны определяться при инженерно-геологических изысканиях.

Кстати, по поводу использования ГОСТ 25100-95. Необходимо рассеять заблуждение в сознании даже опытных инженеров-геологов. Считается, что при любом проектировании должны определяться все количественные характеристики грунтов, перечисленные в ГОСТе, независимо от того, нужны ли они для расчетов фундаментов. ГОСТ не является нормативным документом, определяющим виды и объемы лабораторных работ, а представляет собой Государственный стандарт на классификацию грунтов. Это значит, что по количественным характеристикам, определенным для нужд проектирования, грунты должны классифицироваться по соответствующим таблицам ГОСТа, и не более того!

Объемы и виды лабораторных работ определяются соответствующими СП, СНиП и техническим заданием на инженерно-геологические изыскания.

### 6.1.2. Верхний неоген (плиоцен) $N_2$

#### 6.1.2.1. Хапровская серия осадков $aN_2hp$

**Хапровские пески.** По гранулометрическому составу пески являются преимущественно средними и крупными. Мелкие пески залегают в верхней части разреза. В подошве толщи в крупных песках местами прослеживается базаль-

ный горизонт из щебня, гальки и гравия коренных пород. Редкий, мелкий гравий содержится в средних и крупных песках. Как основание фундаментов пески используются редко. Близко к дневной поверхности хапровские пески залегают в ограниченной полосе уступа плиоценовой террасы в Западном жилом районе и в пос. Александровка вдоль железной дороги. Хапровские пески изучались статическим зондированием, как опорный слой для свай в местах их залегания под просадочными лёссовидными суглинками. В табл. 6.1.16 даны физико-механические характеристики хапровских песков. Пески однородные, средней плотности и плотные.

Таблица 6.1.16

Характеристики хапровских песков ( $aN_2hp$ )

Природная влажность, %	Размер фракций, мм					Сопротивление под конусом зонда, МПа	Модуль деформации, МПа	Угол внутреннего трения, град	Коэффициент неоднородности	
	Содержание фракций, %									
	>10	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05					<0,05
4-28,0	1-37,2	0,4-24,5	7,5-54,8	19,6-83,2	0,5-7,3	0,3-4,6	8-16	24-36	32-36	2-2,9

**Хапровские глины.** Чистые хапровские глины обладают довольно высокой дисперсностью и повышенными пределами пластичности. При переслаивании с песком пластичность глин снижается. В природном залегании глины имеют твердую и полутвердую консистенцию.

Показатель текучести их изменяется от минус 0,4 до плюс 0,1-0,2. Лишь в зонах разгрузки через них грунтовых вод показатель текучести повышается до плюс 0,3-0,4 (табл. 6.1.17). Как основание фундаментов зданий и сооружений хапровские глины встречаются редко.

Таблица 6.1.17

Обобщенные показатели физико-механических свойств хапровских глин ( $aN_2hp$ )

Значение показателей	Природная влажность, %	Плотность, $t/cm^3$			Пористость, %	Коэффициент пористости, %	Пластичность, %			Показатель текучести	Модуль деформации	Сопротивление срезу		
		при природной влажности	сухого грунта	частиц грунта			Предел текучести	Предел раскатыпания	Число пластичности			Коэффициент водонасыщения	Удельное сцепление, МПа	Угол внутреннего трения, град
От	21,71	2,01	1,65	2,72	39,34	0,648	42	24	18	0,69	-0,12	20	25	18
До	37	1,85	1,35	2,74	50,74	1,029	54	30	24	1	0,29	17	34	17
Средн.	28	1,92	1,5	2,73	45,05	0,82	48	26	22	0,55	0,09	18	30	17
Кэфф. вариации	0,13-0,15	0,035-0,05		0,002-0,04			0,12-0,15	0,08-0,12				0,15-0,2	0,15	0,05-0,1

## 6.2. Четвертичная система

### 6.2.1. Зоплейстоцен (QE)

#### 6.2.1.1. Проблематические субэдральные скифские глины (saQEskz)

Наши представления о том, что красно-бурые глины менее пластичны и тонкодисперсны и обладают меньшими прочностными и деформационными характеристиками, чем глины серые, претерпели изменения по мере накопления фактического материала по свойствам этих отложений. Теперь уже известно, что свойства скифских глин нельзя привязывать к их цвету. Кроме того, и само деление на красно-бурые и серые не совсем верно, так как встречается переслаивание серых, светло-серых, красно-бурых, желтых и желто-коричневых глин с переходными оттенками от одного цвета к другому. Целесообразнее различать тяжелые и легкие разности глин (по ГОСТ 25100-95).

Отличительной особенностью скифских глин, как легких, так и тяжелых, является повышенное значение предела раскатывания и высокое содержание частиц <0,005 мм (истинная глина), колеблющееся в пределах 35,6–60,3%.

От четвертичных лёссовидных глин, при одинаковых пределах пластичности, скифские глины отличаются высоким содержанием истинной глины. По нашему мнению, этим объясняется поведение скифских глин как водоупора, даже в тех случаях, когда они представлены легкими разностями.

Поверхность скифских глин размыта и во многих местах прикрыта красно-бурыми песками, супесями и суглинками, которые рассматриваются нами как делювий скифских глин или как горизонт размыва и относятся к нижнечетвертичным грунтам. В левых пологих бортах эрозионных долин скифские глины представлены, как правило, легкими разностями, преимущественно красно-бурыми.

В табл. 6.2.1 приведена характеристика легких и тяжелых глин. Скифские глины в природном залегании имеют высокую степень водонасыщения, равную 0,85–0,98. Проявление у них набухающих свойств незначительно. Свободное набухание тяжелых глин, несмотря на высокую дисперсность, не достигает 0,04 (0,004–0,035). Редко встречаются разности тяжелых глин с водонасыщением 0,8–0,85, которые дают свободное набухание в пределах 0,05–0,08, т.е. являются слабонабухающими грунтами. Это логично, так как, имея высокую природную влажность, глины практически исчерпали свой потенциал набухания. Если скифские глины являются основанием фундаментов, то при проектировании объектов, имеющих термическое воздействие на грунты (например, обжиговые печи) необходимо учитывать возможность потери влажности и усадки глин. В строительных котлованах глины надо защищать от высыхания и выветривания.

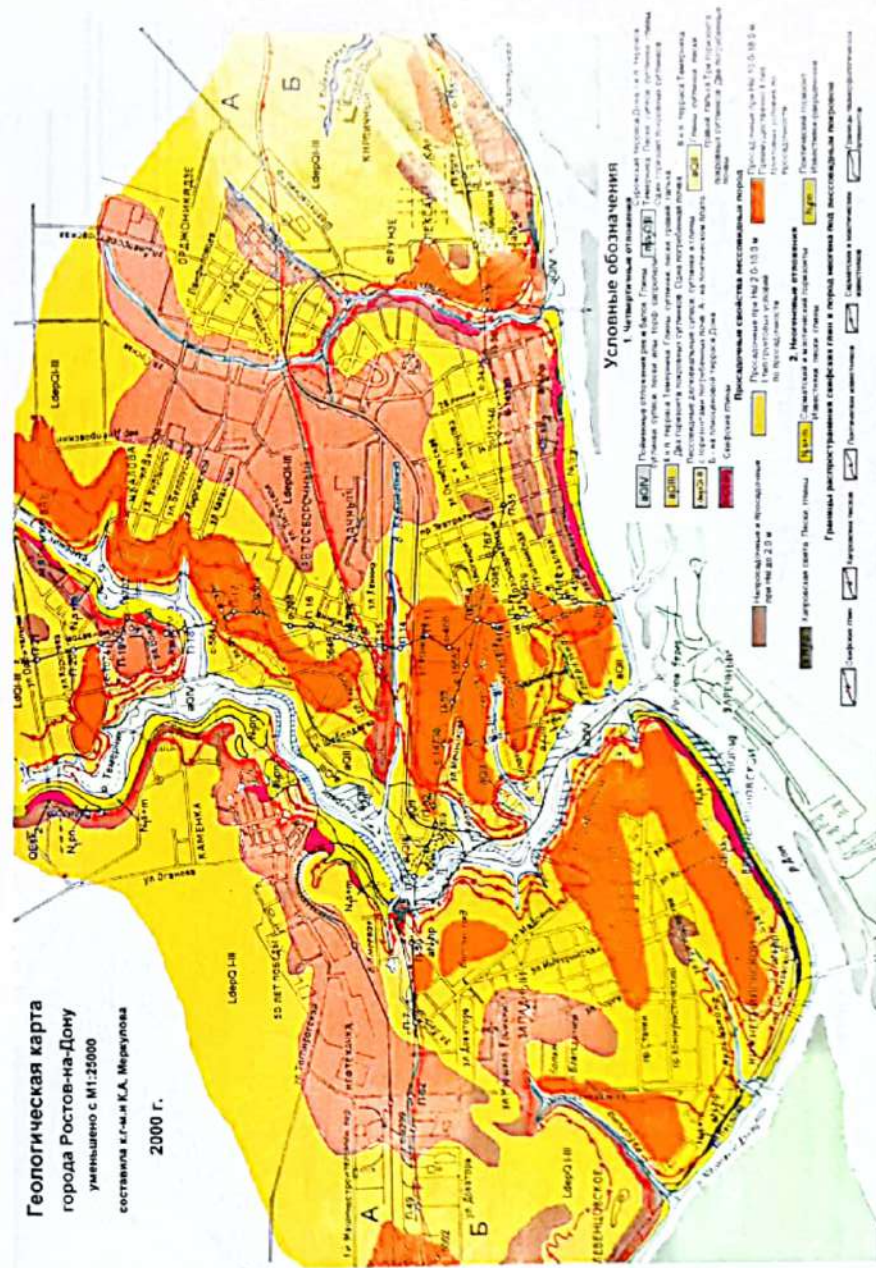


Рис. 1. Геологическая карта г. Ростов-на-Дону

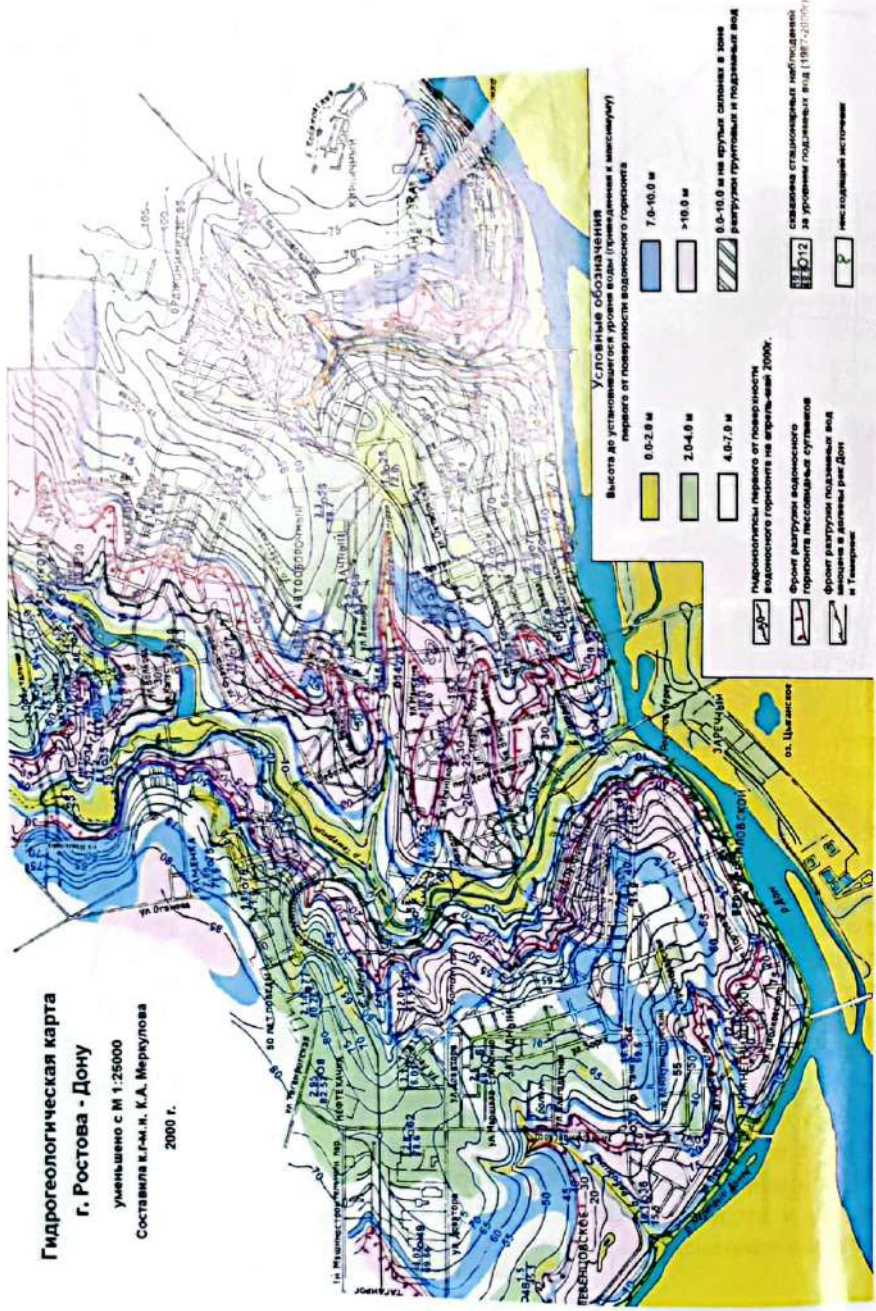


Рис. 2. Гидрогеологическая карта г. Ростов-на-Дону

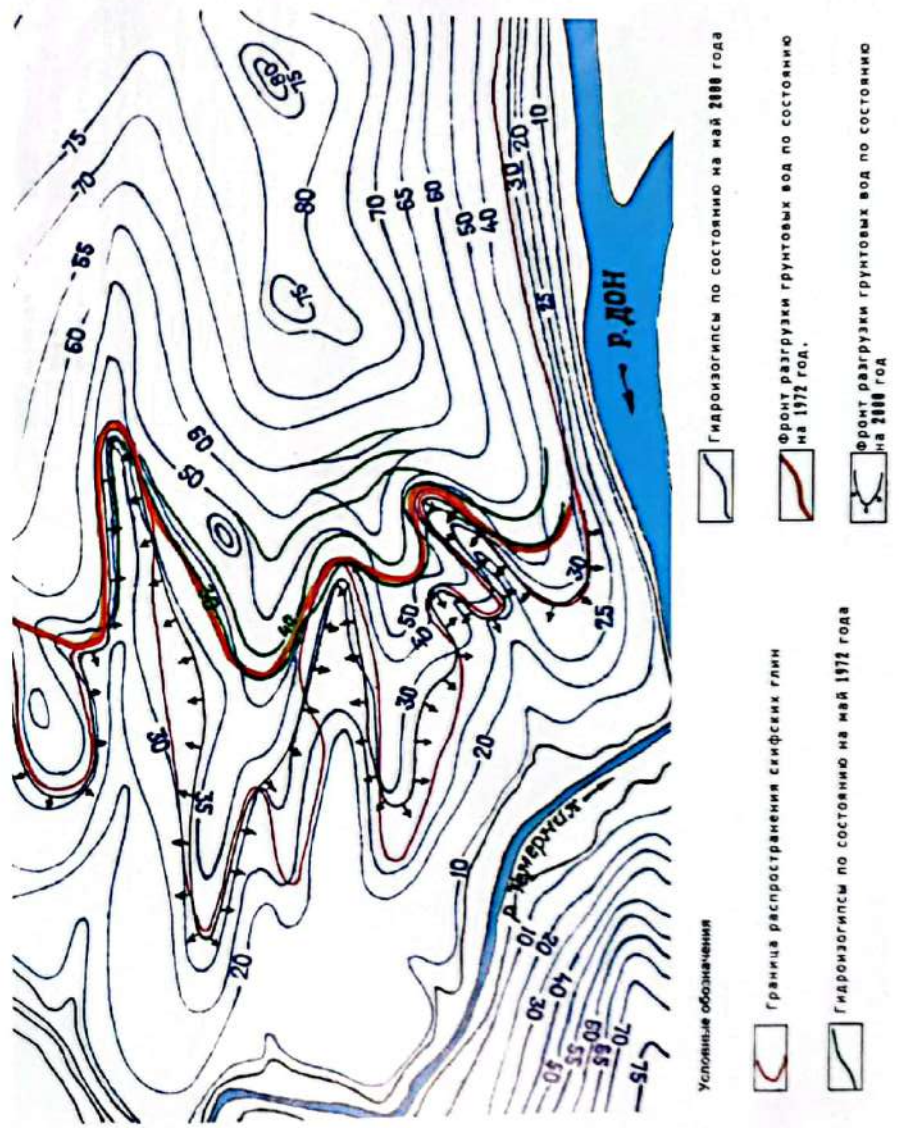


Рис. 3. Карта гидрогеоизогипсов центральной части города. Изменения фронта разгрузки грунтовых вод во времени

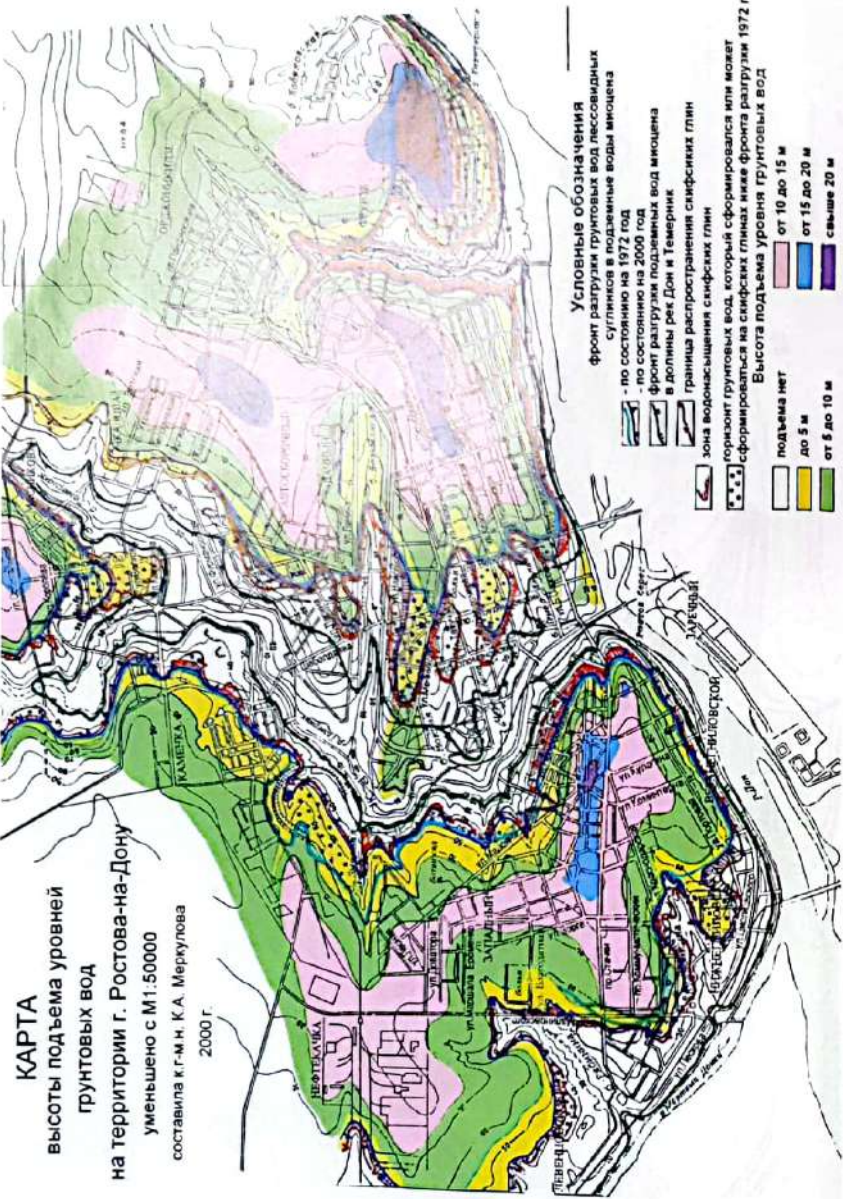


Рис. 4. Карта высоты подъема грунтовых вод



Рис. 5. 16-этажный дом на Лерассенетин ул., Пушкинской и пер. Крепостного



Рис. 6. Деформированный дом на пересечении ул. Социалистической и пер. Братского



Рис. 7. Деформированный дом по ул. Социалистической, 36



Рис. 8. Очерковая ремонт здания Панкратовского переулка



Карта отрицательных геологических процессов и явлений г. Ростова-на-Дону уменьшено с М1:25000 составлена в.г.-м и К.А. Меркулова 2000 г.

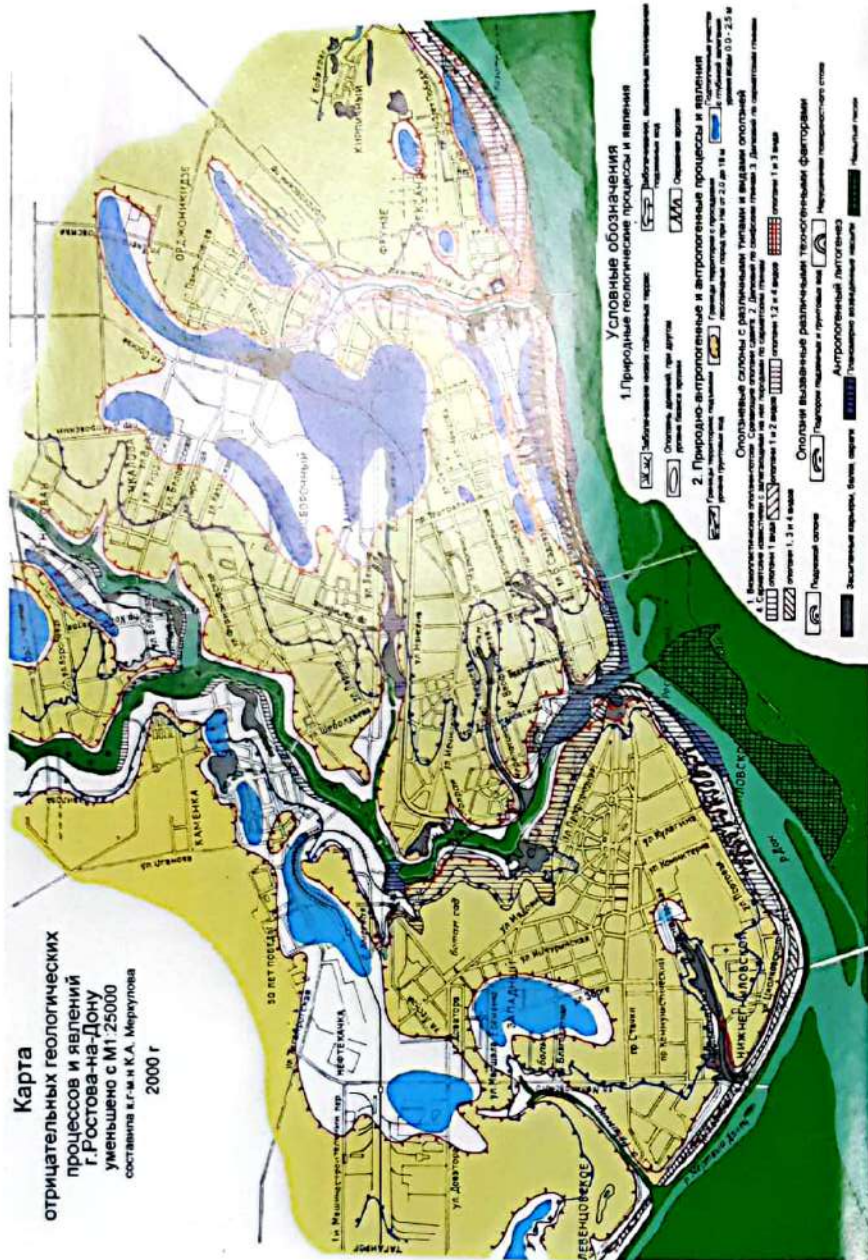


Рис. 9. Карта отрицательных геологических процессов и явлений

## 6. Инженерно-геологическая характеристика горных пород

Таблица 6.2.1  
Обобщенные показатели физико-механических свойств скифских глин

Вид характеристики	Легкие глины, преимущественно красно-бурые		Тяжелые глины (красно-бурые, желто-серые, желтые, серые, светло-серые)	
	от	до	от	до
Природная влажность, %	22	29	32	47
Плотность при природной влажности, г/см <sup>3</sup>	1,95	1,87	1,8	1,75
Плотность сухого грунта, г/см <sup>3</sup>	1,6	1,45	1,36	1,19
Плотность частиц грунта, г/см <sup>3</sup>	2,73	2,74	2,74	2,76
Пористость, %	41,39	47,09	50,38	56,89
Коэффициент пористости	0,706	0,889	1,014	1,319
Коэффициент влажности, д.е.	0,85	0,97	0,86	0,98
Влажность предела текучести, %	45	54	65	85
Влажность предела раскатывания, %	26	30	37	45
Число пластичности, %	19	24	28	40
Показатель текучести	-0,2	-0,03	-0,18	0,05
Модуль деформации, МПа	24	20	18	16
Удельное сцепление, кПа	29	34	36	43
Угол внутреннего трения, град.	20	18	18	17

### 6.2.2. Неоплейстоцен (Q<sub>1-ш</sub>)

#### 6.2.2.1. Делювиальные лёссовидные породы

Характеристика делювиальных лёссовидных пород всех горизонтов от окского до осташковского, включая и погребенные почвы, разделяющие их, изучена на различных геоморфологических элементах города. Проанализировано и обработано большое число (от 200 до 1800) определений физических, механических и прочностных свойств грунтов. Физические свойства грунтов показаны в таблицах для каждого горизонта на основе статистического анализа. Прочностные и деформационные характеристики грунтов получены по результатам корреляционного анализа.

Нижнечетвертичные суглинки и глины ( $dQ_1$ ,  $epQ_1$ ) выходят на дневную поверхность и являются основанием зданий и сооружений на береговом склоне плиоценовой террасы, в правых крутых склонах Темерника и крупных балок.

В табл. 6.2.2 приведены данные о свойствах нижнечетвертичных лёссовидных грунтов окского горизонта и подстилающей их погребенной почвы.

Нижнечетвертичные грунты не обладают просадочностью и набуханием. Глины при степени влажности  $< 0,8$  иногда дают свободное набухание в пределах  $0,008-0,035$ .

Среднечетвертичные лёссовидные грунты ( $dQ_{II}$ ) днепровского горизонта ( $dQ_{II}dn$ ) представлены преимущественно суглинками. На плато иногда встречаются глины. В табл. 6.2.3 даны их характеристики.

Таблица 6.2.2

## Физические свойства лёссовидных грунтов окского горизонта

Вид характеристики	Покров плато и плейстоценовой террасы				
	глины		суглинки		Погребенная почва (доледниковая)
	среднестатистическое	коэффициент вариации	среднестатистическое	коэффициент вариации	
Природная влажность, %	14–27		15–24		22
Плотность при природной влажности, г/см <sup>3</sup>	1,95	0,06	1,92	0,04	2,03
Плотность сухого грунта, г/см <sup>3</sup>	1,6		1,64		1,67
Плотность частиц грунта, г/см <sup>3</sup>	2,72	0,007	2,71	0,002	2,73
Пористость, %	41,17		39,49		39,57
Коэффициент пористости	0,700		0,652		0,655
Коэффициент водонасыщения, д.е.	0,7–0,9		0,5–1		0,9
Влажность предела текучести, %	44	0,071	36	0,16	44
Влажность предела раскатывания, %	24	0,092	21	0,19	24
Число пластичности, %	20		15		24
Показатель текучести	-0,3 – +0,2		-0,2 – +0,2		-0,08

Таблица 6.2.3

## Физические свойства лёссовидных суглинков днепровского горизонта

Вид характеристики	Покров плато				Покров плейстоценовой террасы	
	суглинки		глины		суглинки	
	среднестатистическое	коэффициент вариации	среднестатистическое	коэффициент вариации	среднестатистическое	коэффициент вариации
Природная влажность, %	0,18–0,25		20–29		12–27	
Плотность при природной влажности, г/см <sup>3</sup>	1,88	0,04	1,81	0,004	1,79	0,04
Плотность сухого грунта, г/см <sup>3</sup>	1,56		1,51		1,48	
Плотность частиц, г/см <sup>3</sup>	2,72	0,004	2,73	0,002	2,72	0,005
Пористость, %	41,2		44,71		45,00	
Коэффициент пористости	0,707		0,81		0,837	
Коэффициент водонасыщения, д.е.	0,6–0,9		0,5–0,8		0,5–0,9	
Влажность на пределе текучести, %	39	0,067	44	0,08	36	0,11
Влажность на пределе раскатывания, %	23	0,072	26	0,01	21	0,11
Число пластичности, %	16		18		15	
Показатель текучести	-0,3 – +0,3		-0,3 – +0,2		-0,2 – +0,4	

Днепровские суглинки и глины при водонасыщении менее 0,7 проявляют просадочность. Характеристики просадочности рассмотрены ниже.

**Среднечетвертичные лёссовидные породы московского горизонта (dQIIms).** Глины и тяжелые суглинки московского горизонта выходят на правом склоне р. Темерник и крупных балок, а также в средней части берегового склона плейстоценовой террасы, где они являются основанием фундаментов зданий и сооружений. На большей же части городской застройки они входят в активную зону и при свайных фундаментах являются опорным слоем. В табл. 6.2.4 даны характеристики пород московского горизонта.

Таблица 6.2.4

## Физические свойства лёссовидных суглинков и глин московского горизонта

Вид характеристики	Покров плато				Покров плейстоценовой террасы Дона и третьей надпойменной террасы Темерника			
	суглинки		глины		суглинки		глины	
	среднестатистическое	коэффициент вариации	среднестатистическое	коэффициент вариации	среднестатистическое	коэффициент вариации	среднестатистическое	коэффициент вариации
Природная влажность, %	17,24		17–26		15–27		18–23	
Плотность при природной влажности, г/см <sup>3</sup>	1,88	0,025	1,93	0,031	1,87	0,05	1,94	0,049
Плотность сухого грунта, г/см <sup>3</sup>	1,59		1,61		1,59		1,62	
Плотность частиц, г/см <sup>3</sup>	2,72	0,007	2,73	0,006	2,72	0,006	2,73	0,007
Пористость, %	41,7		40,6		41,2		40,66	
Коэффициент пористости	0,72		0,69		0,708		0,685	
Коэффициент водонасыщения, д.е.	0,6–0,8		0,7–0,9		0,6–0,8		0,7–0,9	
Влажность предела текучести, %	40	0,04	48	0,15	35	0,115	45	0,076
Влажность предела раскатывания, %	24	0,05	25	0,1	21	0,124	23	0,105
Число пластичности, %	16		23		15		22	
Показатель текучести	-0,4 – +0,2		-0,3 – +0,08		-0,4 – +0,4		-0,3 – -0,1	

Суглинки и глины московского горизонта не обладают просадочностью и набуханием. В разрезе лёссовидной толщи эти грунты наиболее прочные и надежные. При статическом зондировании сопротивление под конусом зонда изменяется от 2,5 до 4,5 МПа.

**Лёссовидные суглинки калининского (dQIIIk2) и осташковского (dQIIIos) горизонтов** при наличии первой погребенной почвы (мологосексинской) хорошо распознаются, разделены при изучении их физических свойств и просадочности. Если почва размыта и отсутствуют грунты (супеси, пески), замещающие ее, то оба горизонта суглинков изучены без деления.

В табл. 6.2.5–6.2.7 показаны физические характеристики верхнечетвертичных лёссовидных пород. Из приведенных данных следует, что верхнечетвертичные грунты в составе лёссовидных отложений обладают наименьшей плотностью сложения. Обычно грунты обоих горизонтов представлены суглинками,

редко встречаются супеси. В основании склонов наряду с суглинками появляются глины, прослойки песка, обломки коренных пород. Плотность сложения грунтов возрастает.

Лессовидные суглинки осташковского и калининского горизонтов выше уровня грунтовых вод и при коэффициенте водонасыщения  $< 0,8$  повсеместно обладают просадочными свойствами.

Таблица 6.2.5

Физические свойства верхнечетвертичных суглинков

Вид характеристики	Покров плато				Покров террас			
	калининский		осташковский		калининский		осташковский	
	средне-статистическое	коэффициент вариации	средне-статистическое	коэффициент вариации	средне-статистическое	коэффициент вариации	средне-статистическое	коэффициент вариации
Природная влажность, %	8,0-28,0		10-31		12-29		12-31	
Плотность при природной влажности, г/см <sup>3</sup>	1,82	0,04	1,75	0,044	1,78	0,054	1,74	0,06
Плотность сухого грунта, г/см <sup>3</sup>	1,56		1,49		1,52		1,47	
Плотность частиц грунта, г/см <sup>3</sup>	2,71	0,02	2,71	0,007	2,72	0,006	2,71	0,01
Пористость, %	42,85		44,9		44,12		45,94	
Коэффициент пористости	0,75		0,83		0,789		0,850	
Коэффициент водонасыщения, д.е.	0,3-1		0,3-1		0,4-0,9		0,3-1	
Влажность предела текучести, %	34	0,14	36	0,079	36	0,076	31	0,12
Влажность предела раскатывания, %	20	0,14	21	0,083	21	0,090	19	0,12
Число пластичности, %	14		15		15		13	
Показатель текучести	-0,6 - +0,5		-0,3 - +0,6		-0,4 - +0,5		-0,5 - +0,8	

Таблица 6.2.6

Физические свойства верхнечетвертичных нерасчлененных суглинков (калининские и осташковские)

Вид характеристики	Покров плато		Покров террас	
	средне-статистическое	коэффициент вариации	средне-статистическое	коэффициент вариации
Природная влажность, %	11,0-29		8,0-30	
Плотность при природной влажности, г/см <sup>3</sup>	1,78	0,004	1,75	0,043
Плотность сухого грунта, г/см <sup>3</sup>	1,52		1,5	
Плотность частиц грунта, г/см <sup>3</sup>	2,71	0,0075	2,71	0,005
Пористость, %	43,9		45	
Коэффициент пористости	0,783		0,818	
Коэффициент водонасыщения, д.е.	0,4-1		0,3-1	
Влажность предела текучести, %	36	0,087	33	0,101
Влажность предела раскатывания, %	21	0,097	20	0,112
Число пластичности	15		13	
Показатель текучести	-0,6 - +0,7		-0,5 - +0,9	

Физические свойства верхнечетвертичных суглинков и глин у основания склонов

Таблица 6.2.7

Вид характеристики	Глины с прослойками песка и обломками коренных пород		Суглинки с обломками коренных пород	
	средне-статистическое	коэффициент вариации	средне-статистическое	коэффициент вариации
Природная влажность, %	13,0-25		7-28	
Плотность при природной влажности, г/см <sup>3</sup>	1,92	0,052	1,88	0,062
Плотность скелета, г/см <sup>3</sup>	1,65		1,6	
Плотность минеральных частиц, г/см <sup>3</sup>	2,73	0,0045	2,71	0,059
Пористость, %	39,57		41,28	
Коэффициент пористости	0,654		0,703	
Коэффициент водонасыщения, д.е.	0,5-1		0,4-1	
Влажность предела текучести, %	42	0,06	35	0,118
Влажность предела раскатывания, %	22	0,116	21	0,131
Число пластичности, %	20		14	
Показатель текучести	-0,45 - +0,16		-0,6 - +0,3	

Погребенные почвы, разделяющие горизонты лёссовидных пород, почти всегда представлены глинами. В табл. 6.2.8-6.2.10 даны характеристики средне- и верхнечетвертичных ископаемых почв.

Таблица 6.2.8

Физические свойства среднечетвертичных погребенных почв

Вид характеристики	Лихвинская погребенная почва (epQlllv)		Одинцовская погребенная почва (epQlllod)	
	средне-статистическое	коэффициент вариации	средне-статистическое	коэффициент вариации
Природная влажность, %	18-29		21-30	
Плотность при природной влажности, г/см <sup>3</sup>	1,92		1,91	
Плотность сухого грунта, г/см <sup>3</sup>	1,58	0,046	1,57	0,047
Плотность частиц грунта, г/см <sup>3</sup>	2,72	0,007	2,73	0,023
Пористость, %	41,9		42,46	
Коэффициент пористости	0,721		0,738	
Коэффициент водонасыщения, д.е.	0,8-1		0,7-1	
Влажность предела текучести, %	45	0,076	45	0,073
Влажность предела раскатывания, %	25	0,064	24	0,092
Число пластичности, %	20		21	
Показатель текучести	-0,3 - +0,2		-0,2 - +0,3	

Таблица 6.2.9

## Физические свойства микулинской погребенной почвы и замещающих ее супесей и песков

Вид характеристики	Микулинский горизонт (ep,dQlllmk)					
	погребенная почва		супеси		пески	
	средне-статистическое	коэффициент вариации	средне-статистическое	коэффициент вариации	средне-статистическое	коэффициент вариации
Природная влажность, %	0,13–0,32		10–28		8–24	
Плотность при природной влажности, г/см <sup>3</sup>	1,98	0,057	1,85	0,035	1,82	0,04
Плотность сухого грунта, г/см <sup>3</sup>	1,55		1,53		1,62	
Плотность частиц грунта, г/см <sup>3</sup>	2,72	0,008	2,69	0,007	2,65	0,001
Пористость, %	43,18		43,12		38,87	
Коэффициент пористости	0,76		0,758		0,636	
Коэффициент водонасыщения, д.е.	0,4–0,9		0,4–1		0,4–1	
Влажность предела текучести, %	43	0,103	22	0,155		
Влажность предела раскатывания, %	24	0,103	18	0,162		
Число пластичности, %	20		4			
Показатель текучести, %	–0,3 – +0,2		–0,2 – +1,7			

Таблица 6.2.10

## Физические свойства молого-шекснинской погребенной почвы и замещающих ее супесей и песков

Вид характеристики	Молого-шекснинский горизонт (epdQlllmth)					
	погребенная почва		супеси		пески	
	средне-статистическое	коэффициент вариации	средне-статистическое	коэффициент вариации	средне-статистическое	коэффициент вариации
Природная влажность, %	11–32		8,7–25		7–22	
Плотность при природной влажности, г/см <sup>3</sup>	1,73	0,058	1,79	0,031	1,77	0,036
Плотность сухого грунта, г/см <sup>3</sup>	1,46		1,56		1,66	
Плотность частиц грунта, г/см <sup>3</sup>	2,71	0,0089	2,69	0,007	2,65	0,001
Пористость, %	46,1		42,7		37,41	
Коэффициент пористости	0,855		0,745		0,598	
Коэффициент водонасыщения, д.е.	0,5–0,8		0,4–0,9		0,3–1	
Влажность предела текучести, %	39	0,086	23,4	0,172		
Влажность предела раскатывания, %	22	0,108	17,1	0,177		
Число пластичности, %	17		6,3			
Показатель текучести	–0,5 – +0,4		–0,6 – +0,9			

Верхнечетвертичные погребенные почвы и замещающие их супеси и пески, как правило, обладают просадочностью.

Среднестатистические величины показателей физических свойств, приведенные в таблицах, дают возможность проследить изменение этих свойств по геоморфологическим элементам городской территории и, что особенно важно, по вертикальному разрезу лёссовидных пород г. Ростова. Наиболее показате-

тельная величина плотности породы – плотность сухого грунта – увеличивается вниз по геологическому разрезу от 1,47 до 1,63 г/см<sup>3</sup>. Это обстоятельство имеет непосредственное отношение к просадочности грунтов, которая уменьшается вниз по разрезу, следуя увеличению плотности грунтов. Исключение составляют суглинки днепровского горизонта, имеющие плотность сухого грунта 1,56 г/см<sup>3</sup>, т.е. меньшую, чем вышележащие грунты московского горизонта (1,59 г/см<sup>3</sup>).

**Просадочные свойства лёссовидных пород.** Просадочность суглинков самого верхнего осташковского горизонта была изучена давно, еще первыми исследователями лёссовидных пород Ростова (см. главу 1). Дальнейшее изучение строительных свойств грунтов, на которых возведена большая часть всех зданий и сооружений города, позволило установить просадочность суглинков и калининского, и днепровского горизонтов. Для выяснения количественных характеристик просадочности и изменения их по разрезу и площади проанализированы и обработаны значения относительной просадочности лёссовидных пород в различных районах города, на разных геоморфологических элементах. Для анализа выбраны участки с отсутствием грунтовых вод или с глубоким их залеганием. В табл. 6.2.11 приведены среднеминимальные и среднемаксимальные величины относительной просадочности по горизонтам лёссовидной толщи, а на рис. 6.1–6.7 показаны типовые графики изменения относительной просадочности по глубине просадочной толщи. Эти характеристики не могут быть использованы для проектирования, но дают наглядное представление о величине и распространении просадочности в толще лёссовидных пород.

Таблица 6.2.11

## Обобщенные значения относительной просадочности по горизонтам лёссовидной толщи

Горизонты лёссовидной толщи	Среднемаксимальные и среднеминимальные значения относительной просадочности, %					
	II тип грунтовых условий по просадочности при нагрузках, МПа			I тип грунтовых условий по просадочности при нагрузках, МПа		
	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3
	Плющеная терраса					
Осташковский	1,2/0,5	3,6/1,4	4,8/3,0	1,8/0,5	1,8/0,2	3,8/0,8
Молого-шекснинский	1,1/0,3	2,5/1,5	3,2/2,0	2,5/1,5	0,5/0,1	1,2/0,7
Калининский	1,3/0,1	2,8/1,0	3,5/2,2	2,7/1,0	0,5/0,2	1,0/0,5
Микулинский	0,7/0,2	1,4/1,0	2,2/1,0	2,0/0,9	0,2/0,0	0,5/0,4
Московский	0,6/0,1	0,8/0,5	1,0/0,5	0,8/0,0	0,1/0,0	0,5/0,1
Днепровский	0,9/0,2	1,1/0,4	1,8/0,6	3,0/1,1	0,4/0,0	0,9/0,2
	Понтическое плато					
Осташковский	1,4/0,6	1,8/1,0	3,5/1,2	1,2/0,8	1,0/0,2	1,6/1,0
Молого-шекснинский	1,3/0,7	1,5/1,0	2,3/2,0	2,0/1,0	1,0/0,1	1,3/1,0
Калининский	0,7/0,3	1,8/0,9	2,0/1,0	1,8/0,9	0,8/0,1	1,5/0,9
Микулинский	0,6/0,0	1,4/1,2	2,7/1,5	1,4/1,2	0,0/0,0	0,0/0,0
Московский	0,0/0,2	0,5/0,3	0,9/0,6	0,8/0,5	0,1/0,0	0,2/0,0
Днепровский	0,3/0,0	1,2/0,8	1,8/1,0	3,5/2,2	0,9/0,3	1,5/1,0

Примечание. В числителе – среднемаксимальные значения, в знаменателе – среднеминимальные.

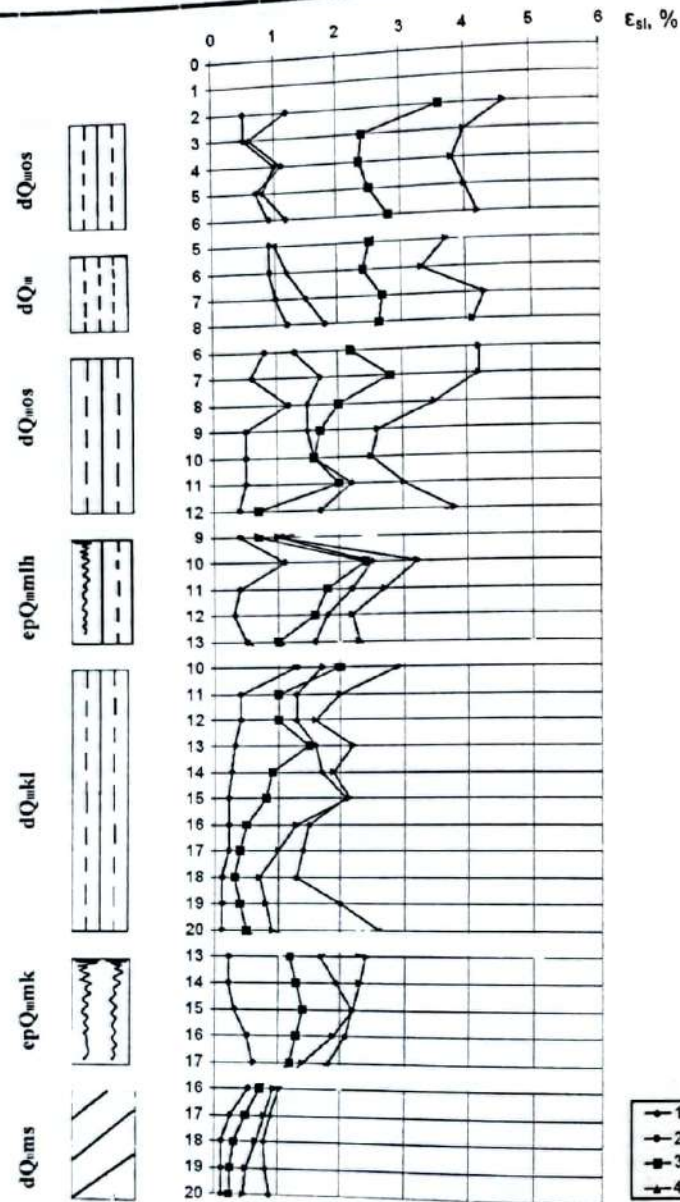


Рис. 6.1. Графики изменения относительной просадочности с глубиной: 1 – от собственного веса грунта; 2 – при нагрузке 0,1 МПа; 3 – при нагрузке 0,2 МПа; 4 – при нагрузке 0,3 МПа (тип грунтовых условий II. Плиocenовая терраса Дона, ЗЖР, западная промзона, р-н Холодильника № 3 и Молзавода)

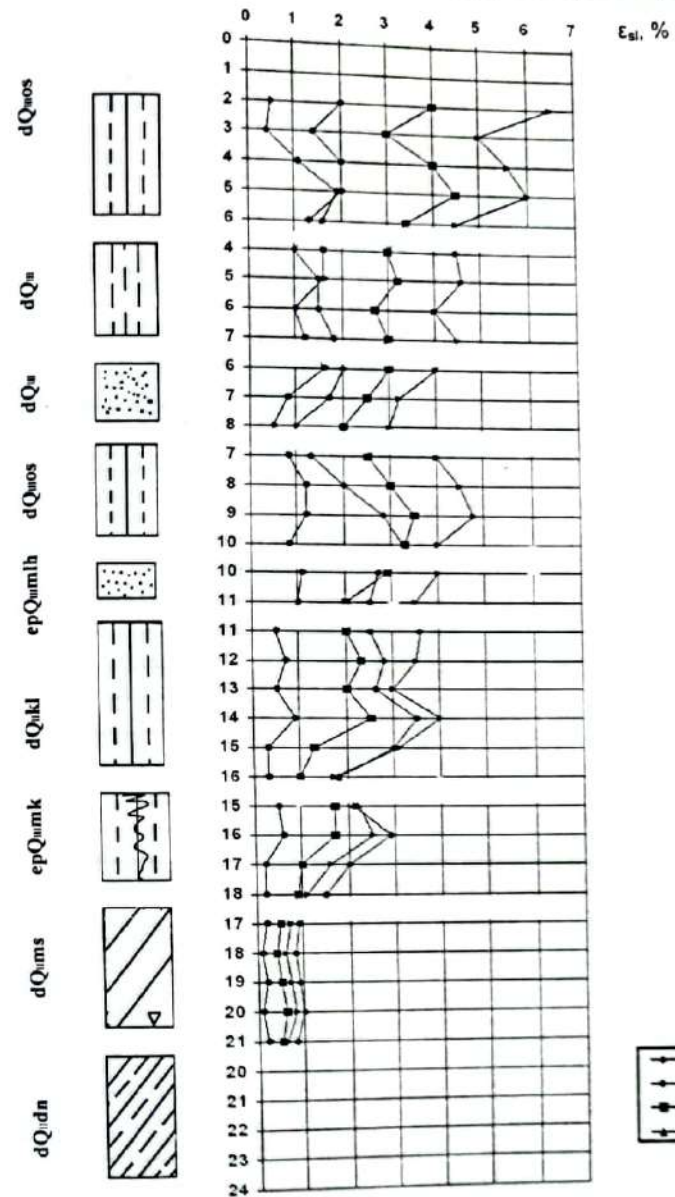


Рис 6.2. Графики изменения относительной просадочности с глубиной. 1 – от собственного веса грунта; 2 – при нагрузке 0,1 МПа; 3 – при нагрузке 0,2 МПа; 4 – при нагрузке 0,3 МПа (тип грунтовых условий по просадочности II. Плиocenовая терраса Дона, район ул. Портовой)

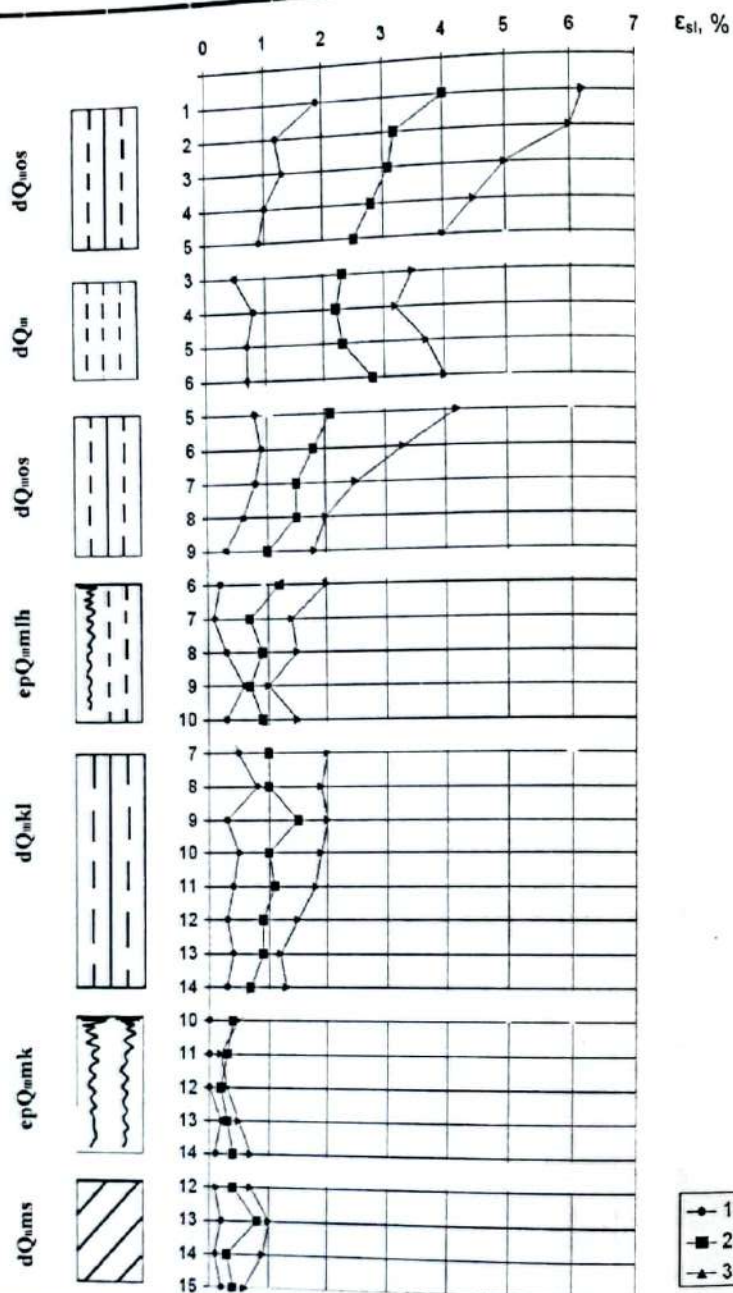


Рис. 6.3. Графики изменения относительной просадочности с глубиной: 1 – при нагрузке 0,1 МПа, 2 – при нагрузке 0,2 МПа, 3 – при нагрузке 0,3 МПа (тип грунтовых условий по просадочности I. Плиоценовая терраса Дона. Водораздел между р. Темерник и б. Рябинина)

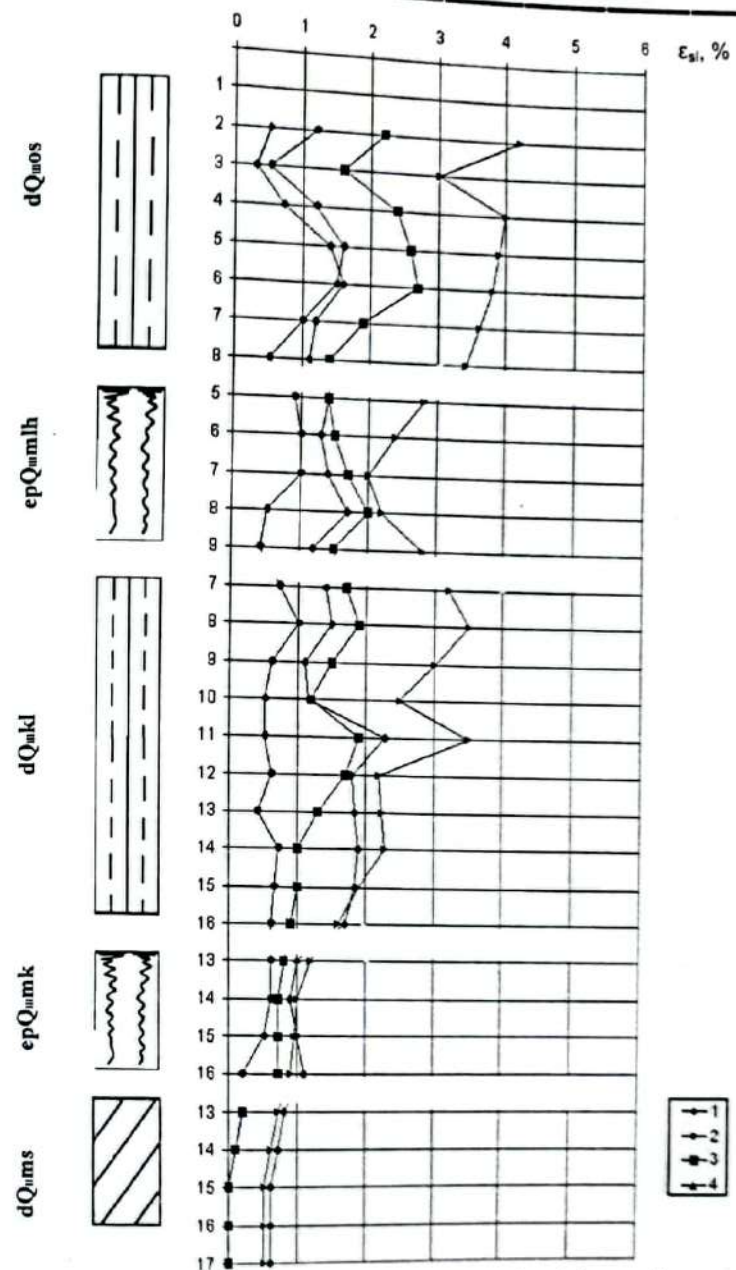


Рис. 6.4. Графики изменения относительной просадочности с глубиной. 1 – от собственного веса грунта, 2 – при нагрузке 0,1 МПа, 3 – при нагрузке 0,2 МПа, 4 – при нагрузке 0,3 МПа (тип грунтовых условий по просадочности II. Плиоценовая терраса Дона. Центральная часть города – район ЦГБ, ул. Варфоломеева, Мечникова)

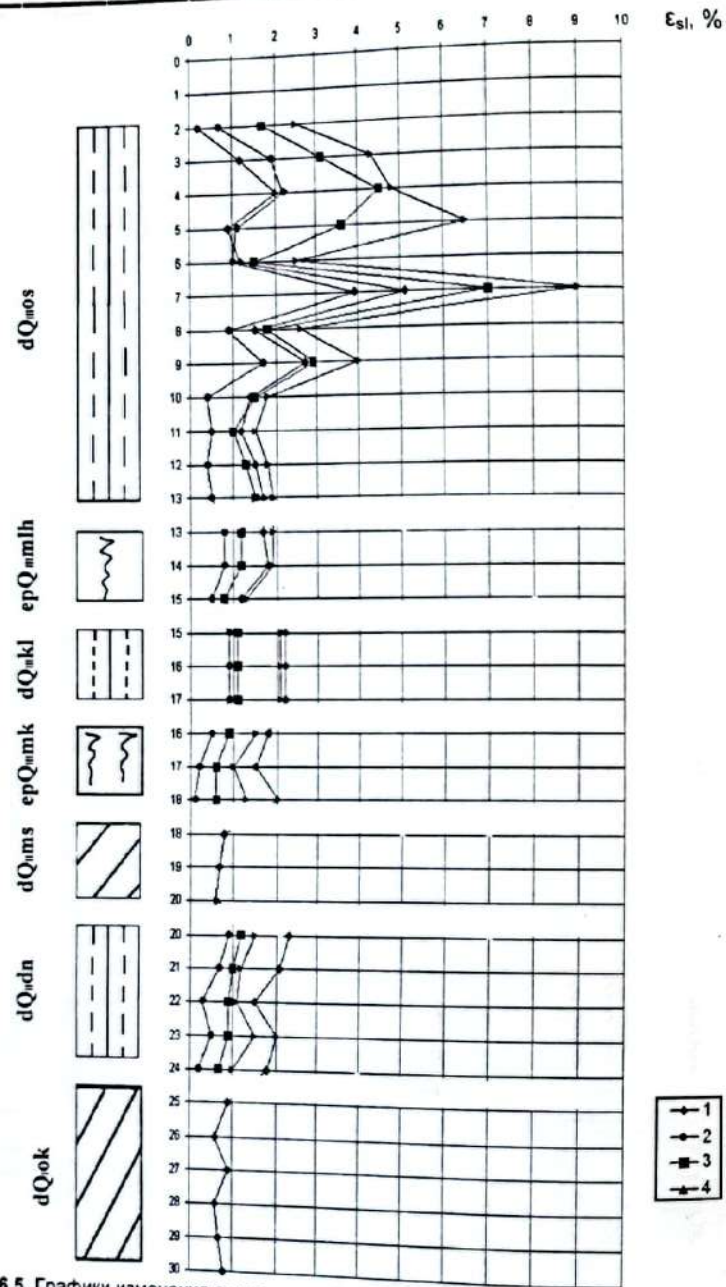


Рис. 6.5. Графики изменения относительной просадочности с глубиной: 1 – от собственного веса грунта; 2 – при нагрузке 0,1 МПа; 3 – при нагрузке 0,2 МПа; 4 – при нагрузке 0,3 МПа (тип грунтовых условий по просадочности II. Плиоценовая терраса Дона, ул. Мечникова, район НИИАП)

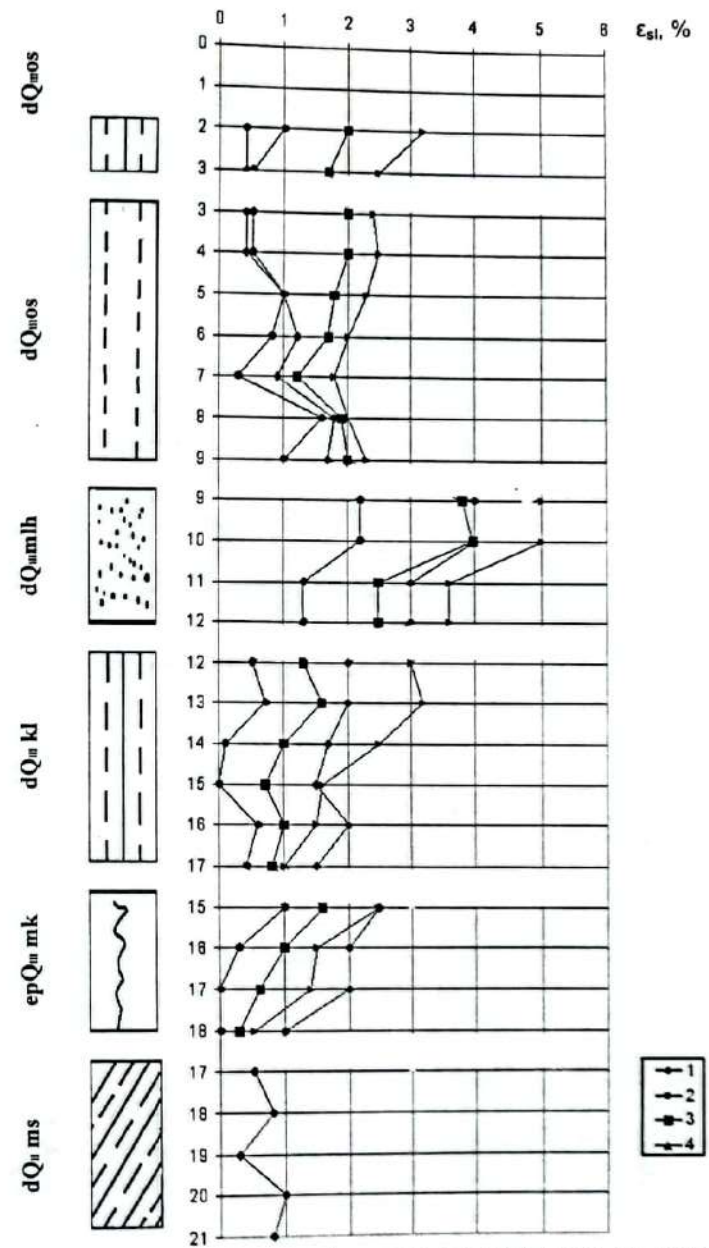


Рис. 6.6. Графики изменения относительной просадочности с глубиной: 1 – от собственного веса; 2 – при нагрузке 0,1 МПа; 3 – при нагрузке 0,2 МПа; 4 – при нагрузке 0,3 МПа (тип грунтовых условий по просадочности II. Плиоценовая терраса Дона, пос. Александровка, левый борт б. Кизитеринка)

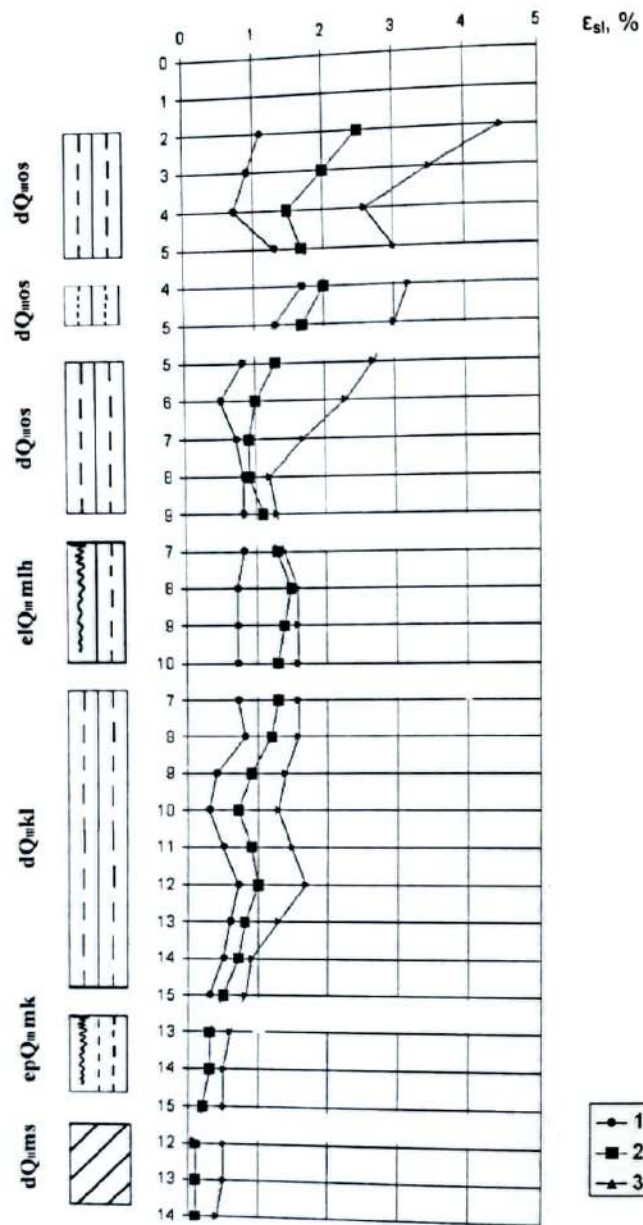


Рис. 6.7. Графики изменения относительной просадочности с глубиной: 1 – при нагрузке 0,1 МПа; 2 – при нагрузке 0,2 МПа; 3 – при нагрузке 0,3 МПа (тип грунтовых условий по просадочности I. Плиоценовая терраса Дона, пос. Александровка)

Анализ большого фактического материала позволяет сделать следующие выводы:

1. Просадочными свойствами обладают грунты ошашковского, калининского и днепровского горизонтов, а также молодого-шекснинская и микулинская погребенные почвы и замещающие их супеси и пески.
2. Большую просадочность имеют суглинки и супеси ошашковского горизонта. Самые большие значения относительной просадочности приурочены к кровле этого горизонта. Исключения составляют небольшие участки на склонах балок и плато, где самый верхний слой лёссовидных пород представлен тяжелыми плотными непросадочными красновато-бурыми суглинками и глинами (горизонт размыва). Просадочные грунты залегают здесь с глубины 3–7 м.
3. Из двух верхнечетвертичных погребенных почв наиболее просадочной является молодого-шекснинская.
4. Глины и суглинки московского горизонта просадочными свойствами не обладают.
5. Глины и суглинки днепровского горизонта проявляют просадочность, но меньшую, чем грунты вышележащих пород.
6. Лёссовидные породы, покрывающие плиоценовую террасу Дона и третью надпойменную террасу Темерника, при сравнительно одинаковых физических свойствах обладают большей просадочностью, чем суглинки плато.
7. Мощность просадочных грунтов контролируется положением уровня грунтовых вод. В подтопленных районах, с уровнем воды на глубинах 2–2,5 м, мощность просадочной толщи равна нулю и возрастает с увеличением глубины залегания грунтовых вод.
8. Наибольшая мощность просадочных грунтов приурочена к левым пологим бортам реки Темерник и крупных балок, к высоким участкам межбалочных водоразделов, где увеличивается мощность верхнечетвертичных грунтов, а также в ложах погребенных долин, где толщина просадочных грунтов возрастает за счет просадочных суглинков днепровского горизонта. В таких районах наблюдается II тип грунтовых условий по просадочности. Просадки от собственного веса грунта на таких участках изменяются:
  - плиоценовая терраса – в западном районе города (юго-западная промзона, Молзавод, Холодильник № 3, поршневого завод, завод велосипедных прицепов, левый борт балки Рябинина, район ул. Портовой, Профсоюзной) – от 6 до 55 см;
  - в центральной части города (район Центральной городской больницы, ул. Мечникова, Малюгиной, Варфоломеева, Студенческий парк, ул. Нансена) – от 6 до 45 см;
  - правый борт б. Генеральной и водораздел между балкой и р. Дон – от 6 до 15 см;
  - в пос. Александровка (левый борт б. Кизитеринка, западные склоны б. Кобяковской) – от 6 до 25 см;
  - понтическое плато – левый борт балки и реки Темерник – от 6 до 25 см;



– четвертый микрорайон СЖР (погребенная балочная долина) – от 6 до 30 см.

Как следует из приведенных данных, максимальные просадки лёссовидных грунтов от собственного веса в г. Ростове не превышают 55 см, но имеют очень большой разброс значений. Это связано не только с изменчивостью природной плотности грунтов, но, в большей степени, с нарушением режима влажности грунтов на застроенных территориях. Скважины, пробуренные на одном участке, могут дать очень разные результаты: от непросадочных грунтов до II типа грунтовых условий по просадочности.

Величина относительной просадочности, всегда тесно связанная с пористостью, очень чутко реагирует и на степень водонасыщения грунтов. На рис. 6.8 и 6.9 приведены найденные зависимости относительной просадочности от пористости и степени влажности. Из графиков видно, что большие значения относительной просадочности имеют суглинки с низкой степенью водонасыщения. Такие участки приурочены к хорошо дренированным районам, где суглинки лежат на сухих халпровских песках или известняках. В Западном жилом районе, на склоне плиоценовой террасы встречаются места, где при сравнительно небольшой мощности суглинков (7–8 м) установлен II тип грунтовых условий по просадочности. Относительная просадочность при давлении 0,1–0,3 МПа имеет здесь величины 0,04–0,1.

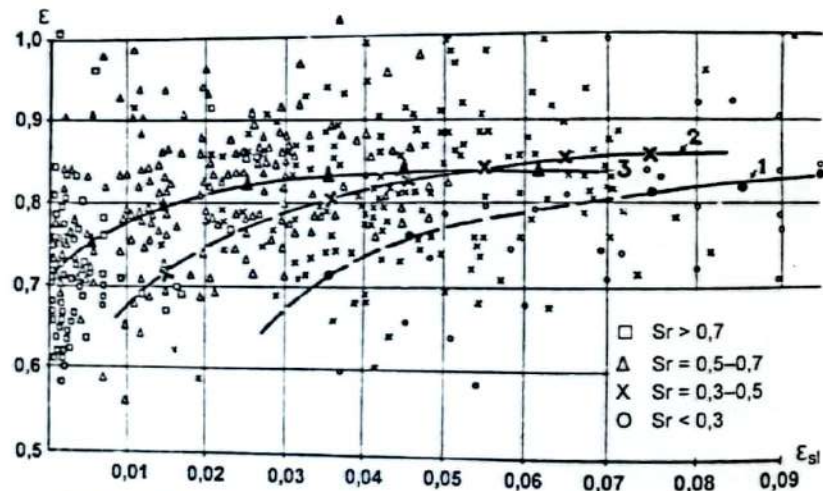


Рис. 6.8. Зависимость относительной просадочности от коэффициента пористости при различной степени влажности

На геологической карте города в соответствии с требованием нормативных документов в зонах развития лёссовидных грунтов выделены площади: 1) непросадочных грунтов; 2) просадочных с первым типом грунтовых условий по просадочности и 3) просадочных с преимущественно вторым типом грунтовых условий по просадочности.

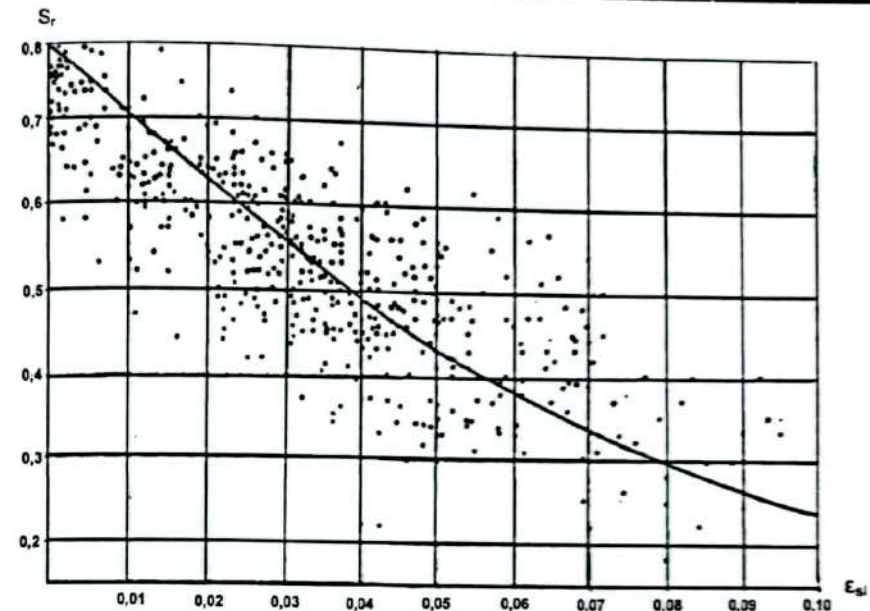


Рис. 6.9. Зависимость относительной просадочности от степени водонасыщения

Необходимо отметить еще одну особенность лёссовидных просадочных грунтов нашего региона: способность к набуханию. При недостаточном опыте факты набухания просадочных суглинков воспринимались как парадокс. Однако это вполне закономерное и объяснимое явление, если учесть повышенное содержание глинистых частиц (<0,005) в грунтах этой разновидности пород лёссовой формации (см. главу 4). В табл. 6.2.12 дана характеристика гранулометрического состава лёссовидных пород г. Ростова. Как видно из таблицы, количество глинистых частиц <0,005 мм при любой схеме подготовки грунтов к анализу увеличивается вниз по стратиграфическому разрезу. В верхнечетвертичных грунтах самое малое содержание этой фракции присуще ошашковским, наиболее просадочным суглинкам. В толще среднечетвертичных пород наименьшее количество глинистых частиц <0,005 мм имеют суглинки днепровского горизонта, которые также проявляют просадочность. Более высокое количество глинистых частиц предполагает и большее содержание гидрофильного глинистого минерала монтмориллонита, который вызывает набухание грунтов и снижает просадочность. На рис. 4.3 (кривая 5) видно увеличение содержания монтмориллонита по горизонтам лёссовидных пород от 11 до 19,8%. Свободное набухание просадочных лёссовидных суглинков и глин обычно не превышает 0,04, но может иногда достигать 0,045–0,08. Давление набухания, по компрессионным испытаниям, находится в пределах 0,05–0,08 МПа, редко достигая 0,1 МПа.

Таблица 6.2.12

## Изменения гранулометрического состава лёссовидных пород по стратиграфическим горизонтам (при различной подготовке к анализу)

Горизонты лёссовидных пород	Содержание фракций в процентах				
	Размеры фракций, мм				
	>0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	<0,005
Осташковский dQIIIos	0,73	15,1	25,49	10,76	40,16
	1,7	20,1	38,35	17,30	22,3
Молого-шекснинский epQIIImlth	0,26	10,62	33,99	9,60	53,55
	1,0	12,30	38,60	13,0	25,50
Калининский dQIIIkt	0,31	12,50	29,52	10,67	47,17
	1,5	25,50	35,15	11,95	25,60
Микулинский trQIIImlk	0,21	9,19	25,49	11,24	54,0
	2,0	16,40	38,35	17,05	26,20
Московский dQIIms	0,32	8,92	26,48	12,18	51,80
	0,82	10,40	36,50	13,4	38,80
Одинцовский dQIIod	0,52	8,05	21,00	12,80	56,10
	0,95	14,25	29,45	14,30	35,10
Днепровский dQIIpn	1,13	13,4	28,71	11,30	45,46
	2,5	17,5	34,30	21,60	24,30
Лихвинский epQIIlv	-	15,2	21,00	10,0	54,00
	-	17,30	29,45	18,05	35,25
Окский dQIok	1,84	2,20	30,50	11,52	53,88
	2,40	8,50	35,40	15,55	39,30

Примечание. В числителе дисперсный состав, в знаменателе – микроагрегатный.

Повышенное содержание монтмориллонита в отдельных пробах также может быть причиной разной просадочности образцов при их одинаковых физических характеристиках. Это иллюстрирует табл. 6.2.13.

Таблица 6.2.13

## Зависимость относительной просадочности от содержания монтмориллонита (скв. 2788)

Глубина отбора, м	Плотность сухого грунта, г/см <sup>3</sup>	Коэффициент пористости	Коэффициент водонасыщения, д.е.	Относительная просадочность при давлении, МПа				Содержание монтмориллонита, % от глинистой фракции
				0,05	0,1	0,2	0,3	
1	1,35	0,985	0,47	0,000	0,034	0,049	0,051	11
3	1,39	0,924	0,56	0,000	0,010	0,027	0,029	9
5	1,40	0,927	0,60	0,000	0,006	0,009	0,019	18
6	1,47	0,835	0,64	0,000	0,001	0,006	0,010	20

По этой же причине отдельные образцы в просадочной толще вместо просадки дают набухание. Способность к набуханию лёссовидных грунтов Ростова является неоспоримым фактом. Эта проблема изучалась на кафедре инженер-

ной геологии РИСИ. Результаты исследований изложены в работе Л.В. Передельского «Влияние гидрофильных глинистых минералов на набухание и усадку лёссовых пород» (1976).

При анализе материалов изысканий не следует забывать, что лёссовидные породы вследствие длительности накопления осадка имеют природную неоднородность. Поэтому чередование плотных и менее плотных грунтов не обязательно связано с уплотнением первых при опробовании. Необходимо учитывать геоморфологическую принадлежность района работ и опыт изысканий в этих районах. Например, неоднородность по плотности и чередование просадочных и непросадочных грунтов является отличительной чертой делювиального шлейфа на левом склоне р. Темерник в V и VI микрорайонах СЖР.

## 6.2.2.2. Аллювиальные осадки (аQII-IV)

Средне- и верхнечетвертичными аллювиальными осадками сложены надпойменные террасы Темерника (aQII, aQIII, a2QIII), современный аллювий составляет пойменные террасы Дона, Темерника и крупных балок (aQIV).

Морские осадки сурожской и древнечерноморской террас Дона (mQIIIsg, mQIVdr) имеют близкий к аллювию состав грунтов, и это позволяет рассматривать совместно их физико-механические характеристики.

**Среднечетвертичные аллювиальные грунты (aQII).** Этими грунтами сложена третья надпойменная терраса Темерника. В табл. 6.2.14 дана характеристика аллювиальных суглинков и глин террасы.

Таблица 6.2.14

## Физико-механические свойства среднечетвертичных отложений (третья надпойменная терраса Темерника (aQII))

Вид характеристики	Глины		Суглинки	
	среднестатистическое	коэффициент вариации	среднестатистическое	коэффициент вариации
Природная влажность, %	21,78	0,059	20,5	0,026
Плотность при природной влажности, г/см <sup>3</sup>	2	0,007	1,98	0,009
Плотность сухого грунта, г/см <sup>3</sup>	1,64		1,64	
Плотность частиц грунта, г/см <sup>3</sup>	2,73	0,002	2,7	0,001
Пористость, %	39,37		39,26	
Коэффициент пористости, %	0,65		0,65	
Коэффициент влажности, д.е.	0,91		0,85	
Влажность предела текучести, %	42,08	0,068	35,67	0,046
Влажность предела раскатывания, %	23,33	0,074	22	0,05
Число пластичности, %	18,75		13,67	
Показатель текучести	-0,08		-0,11	
Удельное сцепление, кПа	30,5	0,069	24,5	0,1
Угол внутреннего трения, град.	18	0,028	20	0,031
Модуль деформации, МПа	15–18		23–26	
Сопротивление под конусом зонда, МПа	2,2–2,6		3,3–3,8	

**Верхнечетвертичный аллювий.** Этими грунтами сложены первая и вторая надпойменные террасы Темерника и правобережная сурожская терраса Дона. В табл. 6.2.15 дана их характеристика.

Таблица 6.2.15

**Физико-механические свойства верхнечетвертичных аллювиальных и морских осадков (первая и вторая надпойменные террасы Темерника, сурожская правобережная терраса Дона, а<sub>2</sub>QIII, а<sub>1</sub>QIII, mQIIIsg)**

Вид характеристики	Глины				Суглинки	
	легкие		тяжелые		средне-статистическое	коэффициент вариации
	средне-статистическое	коэффициент вариации	средне-статистическое	коэффициент вариации		
Природная влажность, %	29	0,16	43	0,1	25	0,14
Плотность при природной влажности, г/см <sup>3</sup>	1,93	0,08	1,7	0,04	2,01	0,06
Плотность сухого грунта, г/см <sup>3</sup>	1,50		1,19		1,61	
Плотность частиц грунта, г/см <sup>3</sup>	2,73	0,008	2,75	0,002	2,72	0,008
Пористость, %	45,3		56,75		40,79	
Коэффициент пористости	0,828		1,31		0,689	
Коэффициент влажности, д.е.	0,95		0,9		0,98	
Влажность предела текучести, %	42	0,23	66	0,069	35	0,098
Влажность предела раскатывания, %	22	0,18	34	0,074	20	0,12
Число пластичности, %	20		32		15	
Показатель текучести	0,35		0,28		0,33	
Удельное сцепление, кПа	22	0,11	37	0,24	25	0,2
Угол внутреннего трения, град.	16	0,03	14	0,08	16	0,1
Модуль деформации (пенетрационный каротаж), МПа	16	0,18	10	0,25	16	0,28

**Отложения левобережной первой надпойменной сурожской террасы** Дона представлены желто-серыми и серыми суглинками, высокодисперсными зеленовато-серыми глинами и среднезернистыми песками плотного сложения. В табл. 6.2.16 и 6.2.17 даны характеристики этих грунтов.

Таблица 6.2.16

Характеристики верхнечетвертичных песков (mQIIIsg)						
Гранулометрический состав, %					Степень неоднородности	Сопротивление под конусом зонда, МПа
Размер фракций, мм						
>10	10-0,5	0,5-0,25	0,25-0,20	<0,1		
1,80	1,68	62,84	30,49	3,19	1,73	16,6

**Обобщенные характеристики верхнечетвертичных морских отложений Дона (снивелированные останцы левобережной сурожской террасы, mQIIIsg)**

Таблица 6.2.17

Вид характеристики	Глины		Суглинки	
	средне-статистическое	коэффициент вариации	средне-статистическое	коэффициент вариации
Природная влажность, %	31,87	0,081	23,35	0,1
Плотность при природной влажности, г/см <sup>3</sup>	1,91	0,045	1,99	0,032
Плотность сухого грунта, г/см <sup>3</sup>	1,45		1,61	
Плотность частиц грунта, г/см <sup>3</sup>	2,74	0,001	2,71	0,003
Пористость, %	47,04		40,55	
Коэффициент пористости	0,89		0,68	
Коэффициент влажности, д.е.	0,98		0,93	
Влажность предела текучести, %	53,05	0,085	32,16	0,134
Влажность предела раскатывания, %	31,03	0,086	21,12	0,109
Число пластичности, %	22,03		11,04	
Показатель текучести	0,04		0,2	
Удельное сцепление, кПа	34,15	0,039	19,54	0,059
Угол внутреннего трения, град.	18	0,019	20	0,014
Модуль деформации, МПа	18	0,201	13	0,203
Сопротивление под конусом зонда, МПа	2,62	0,21	1,8	0,43

### 6.2.3. Голоцен QIV

#### 6.2.3.1. Современные аллювиальные и древнечерноморские отложения (а<sub>2</sub>QIV, mQIVdс)

Характеристики пойменных глинистых осадков даны в табл. 6.2.18 и 6.2.19. Заиленные и зарастающие неглубокие пойменные озера, ерики, протоки заполнены иловатыми, часто высокодисперсными глинами и илами в различной степени заторфованными. Среднезаторфованные глинистые илы с коэффициентом пористости >3,0, показателем текучести >1,0 и содержанием органического вещества >30% относятся к среднеминеральным сапропелям. Иловатые глинистые грунты и илы залегают в верхней части разреза пойменных осадков и подстилаются песками. Пойменные пески преимущественно мелкие, редко встречаются линзы и прослой средних песков. В табл. 6.2.20 даны обобщенные характеристики песков поймы Дона и Темерника. Пески мелкие, однородные, средней плотности.

Таблица 6.2.18

**Физико-механические свойства современных аллювиальных и древнечерноморских морских осадков (пойменная терраса Дона и Темерника, древнечерноморская терраса Дона – а2QIV, mQIVdč)**

Вид характеристики	Иловатые глины		Иловатые суглинки		Иловатые супеси		Илы	
	среднестатистическое	коэффициент вариации	среднестатистическое	коэффициент вариации	среднестатистическое	коэффициент вариации	среднестатистическое	коэффициент вариации
Природная влажность, %	36	0,16	31	0,14	2,5	0,12	46	0,18
Плотность при природной влажности, г/см <sup>3</sup>	1,86	0,126	1,94	0,093	1,89	0,06	1,76	0,1
Плотность сухого грунта, г/см <sup>3</sup>	1,37		1,48		1,51		1,21	
Плотность частиц грунта, г/см <sup>3</sup>	2,66	0,017	2,67	0,004	2,66	0,002	2,65	0,005
Пористость, %	48,48		44,57		43,24		54,34	
Коэффициент пористости	0,941		0,804		0,761		1,19	
Коэффициент водонасыщения, д.е.	1		1,0		1		1	
Влажность предела текучести, %	46	0,116	35	0,116	24	0,12	39	0,16
Влажность предела раскатывания, %	25	0,21	21	0,127	18	0,1	23	0,17
Число пластичности, %	21		14		6		16	
Показатель текучести	0,52		0,71		1,16		1,43	
Удельное сцепление, кПа	27	0,20	20	0,18	8	0,23	10	0,2
Угол внутреннего трения, град.	11	0,08	16	0,06	23	0,12	4	0,08
Модуль деформации (пенетрационное каротажное зондирование, штамп-опыты), МПа	8	0,24	10	0,29	12	0,28	2	0,3
Содержание органических веществ, %	5,6–10		3,5–12				3–5	

Таблица 6.2.19

**Физико-механические свойства современных аллювиальных заторфованных грунтов пойменной террасы Дона а2QIV**

Вид характеристики	Глины иловатые слабозаторфованные		Илы глинистые	
	среднестатистическое		среднестатистическое	
	легкие	тяжелые	слабозаторфованные	среднезаторфованные
Природная влажность, %	29	69	59	210
Плотность при природной влажности, г/см <sup>3</sup>	1,96	1,24	1,65	1,18
Плотность сухого грунта, г/см <sup>3</sup>	1,52	1,03	1,04	0,38
Плотность минеральных частиц, г/см <sup>3</sup>	2,73	2,2	2,58	1,89
Пористость, %	44,32	53,2	59,71	79,87
Коэффициент пористости	0,796	1,135	1,48	3,97
Коэффициент водонасыщения, д.е.	0,99	1	1	1

Окончание табл. 6.2.19

Вид характеристики	Глины иловатые слабозаторфованные		Илы глинистые	
	среднестатистическое		среднестатистическое	
	легкие	тяжелые	слабозаторфованные	среднезаторфованные
Влажность предела текучести, %	43	72	51	80
Влажность предела раскатывания, %	22	40	31	62
Число пластичности	21	32	20	18
Показатель текучести	0,33	0,91	1,4	3,6
Удельное сцепление, кПа	40	30	18	
Угол внутреннего трения, град.	17	10	8	
Модуль деформации (пенетрационное каротаж, зондирование), МПа	8	5	4	1
Содержание органических веществ, %	12	15	25	33,4

Таблица 6.2.20

**Физико-механические характеристики песков поймы Дона (аQIV)**

Гранулометрический состав, %						Коэффициент неоднородности	Сопротивление под конусом зонда, МПа	Модуль деформации, МПа	Угол внутреннего трения, град.
Размер фракций, мм									
>2,0	2–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	<0,1				
0,0	1,9	6,9	25,3	56,5	9,4	2,1–2,9	4,9–12,5	21–30	30–34

**6.2.3.2. Техногенные грунты (tQIV)**

**Природные образования, измененные в условиях естественного залегания.** С этими грунтами изыскатели сталкиваются при инженерно-геологическом изучении пород, залегающих под фундаментами существующих зданий при их реконструкции либо при восстановлении эксплуатационной пригодности в связи с деформациями.

Улучшение строительных свойств грунтов может быть предпостроечным, что характерно для современного строительства, либо после того, как начались деформации надземной части зданий.

Закрепление грунтов иногда происходит неоднократно, разными методами. В основу всех методов преобразования грунтов положено увеличение плотности породы, улучшение ее прочностных и деформационных характеристик. Задачей инженерно-геологических изысканий на таких объектах является детальное объективное отображение свойств преобразованного грунтового массива.

**Природные перемещенные образования.** К этой подгруппе техногенных грунтов относятся намывные пески и однородные насыпи дорог, путепроводов, дамб и т.д. Необходимость изучения этих грунтов может возникнуть лишь при восстановлении таких насыпей в связи с деформациями.

По мере расширения селитебных зон в больших городах начинают осваиваться бывшие окраинные территории, занятые карьерными разработками строительных материалов (известняки, пески, суглинки). Однородные породы,

которыми засыпались карьеры, очень редко, но все же встречаются. В этих случаях их можно рассматривать как природные перемещенные образования.

Одна из таких насыпей была изучена при изысканиях под строительство зеркально-фурнитурного комбината в устье б. Климова (см. главу 4). Карьер засыпался в разные годы (с 1928 по 1969 г.). В насыпи были выделены два горизонта, различные по давности отсыпки и плотности сложения.

Таблица 6.2.21

Характеристика физико-механических свойств насыпных (перемещенных) лёссовидных суглинков

Наименование показателя	Возраст насыпи 5–10 лет				Возраст насыпи более 10 лет			
	минимальное	максимальное	среднее	коэффициент вариации	минимальное	максимальное	среднее	коэффициент вариации
Природная влажность, %	18	25	22		11	28	20	
Плотность при природной влажности, г/см <sup>3</sup>	1,7	1,84	1,76	0,04	1,76	2,09	1,92	0,038
Плотность скелета грунта, г/см <sup>3</sup>	1,37	1,5	1,44	0,028	1,38	1,83	1,61	0,044
Плотность частиц грунта, г/см <sup>3</sup>			2,7				2,7	
Пористость, %	44,6	49,1	46,5		32	48,9	40,2	
Коэффициент пористости	0,805	0,964	0,868		0,47	0,957	0,675	
Удельное сцепление, кПа	33	72	40	0,25	37	90	60	0,15
Угол внутреннего трения, град.	17	19	18	0,1	10	22	17	0,05
Модуль деформации по полевым испытаниям: статическая нагрузка на штамп, МПа при Sr < 0,8	7	13					19	

Как видно из таблицы, плотность грунтов увеличивается с возрастом насыпи. Судя по коэффициентам вариации плотности, они имеют достаточную однородность и вполне могут служить естественными грунтами основания. Есть факты, свидетельствующие о восстановлении просадочных свойств лёссовидных суглинков в таких насыпях (перемещенные суглинки в выработанных карьерах известняков на б. Змеевой, на Каменке).

В подгруппу природных перемещенных образований входят и **намывные пески**. Намыв осуществляется из пойменных аллювиальных песков. Физико-механические свойства намывных песков хорошо изучены в промзоне «Заречная» (табл. 6.2.22).

## Характеристики намывных песков

Таблица 6.2.22

Содержание фракций, %					Плотность частиц, г/см <sup>3</sup>	Плотность сухого грунта, г/см <sup>3</sup>	Коэффициент пористости	Коэффициент неоднородности	Сопротивление под конусом зонда, МПа	Модуль деформации, МПа
Размер фракций, мм										
2–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	<0,1						
0,3–20,8	0,88–11,2	0,5–50,7	34,2–69,13	1,55–16,7	2,65	1,52–1,6	0,749–0,656	2	4,2–12,8	19–30

Пески преимущественно мелкие, средней плотности, однородные.

Намывные пески являются хорошим основанием для фундаментов зданий и сооружений в промзоне «Заречная».

**Антропогенные образования – отходы производственной и хозяйственной деятельности человека.** Это самые распространенные и чрезвычайно неоднородные насыпи (см. главу 4). Изучение их обязательно, даже в тех случаях, когда они полностью прорезаются фундаментами. В состав насыпных грунтов входят бытовые отходы с большим содержанием органических веществ в различной стадии разложения, что является причиной образования газов и накопления их в различных концентрациях. Иногда это приводит к смертельному исходу, как и случилось при проходке насыпи на б. Безымянной (изыскания под общежитие мединститута). Этот случай выдвинул проблему изучения газообразования в насыпных грунтах и защиты жилых и промышленных помещений от скопления газов вредной для человека концентрации. В табл. 6.2.23 приведены результаты химических анализов проб воздуха, отобранного из скважин в насыпных грунтах при строительстве общежития обувной фабрики на б. Безымянной (трест «Ростовдонтисиз»).

Таблица 6.2.23

## Химический состав проб воздуха, %

Номер выработки	Глубина, м	Дата отбора	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
207	5,5	28 окт. 1974 г.	0,87	нет	нет	нет	нет	3,8	13
208			1,8	нет	нет	нет	нет	12,4	6,4
209			0,6	нет	нет	нет	нет	1,4	14,4
210			0,15	нет	нет	нет	нет	5,6	7,8
211			0,12	нет	нет	нет	нет	6,6	8,2
207	4,5	13 нояб. 1974 г.	1,2	нет	нет	нет	нет	7,4	9,6
208			3,2	нет	нет	нет	нет	5,2	14,2
209			0,8	нет	нет	нет	нет	4,2	12,7
210			0,5	нет	нет	нет	нет	6,4	11,6
211			2,2	нет	нет	нет	нет	5,8	9,8

Содержание CO<sub>2</sub> в пробах воздуха имеет вредную для человека концентрацию. Увеличение через две недели содержания метана в пробах свидетельствует о накоплении и увеличении концентрации газов. Повышенное содержание метана в воздухе само по себе не опасно для жизни человека, но при увеличе-

нии его процентное содержание кислорода падает ниже допустимой нормы. Кроме того, метан является взрывоопасным газом. Наблюдения за газообразованием в насыпных грунтах осуществлялись при изысканиях в 1978–1980 гг. под строительство 9–17-этажных домов по Театральному спуску. Донской склон здесь изрезан глубокими оврагами, заполненными промышленными и хозяйственно-бытовыми отходами с большим содержанием органического вещества. Содержание метана в пробах воздуха из насыпи колеблется от 0,0027 до 0,064%, углекислого газа – от 0,06 до 1,99%. Такая концентрация газов не угрожает жизни человека, но поскольку имеется опасность их накопления, строительство жилых домов выполнено здесь с вентиляционными шахтами.

### 6.3. Корреляционный анализ с рекомендациями нормативных значений прочностных и деформационных характеристик грунтов

Нормативные значения угла внутреннего трения, удельного сцепления и модуля деформации пылеватоглинистых грунтов, представленные в табл. 2 и 3 СНиП 2.02.01-83\*, не распространяются на лёссовидные породы и рассчитаны на использование их в любой точке России, а следовательно, не учитывают местные особенности грунтов.

Разработка местных таблиц прочностных и деформационных характеристик основных генетических типов глинистых грунтов, развитых на территории г. Ростова, являлась частью инженерно-геологического изучения природных условий, которое было выполнено в 1971–1972 гг. трестом «Ростовдонтисиз». Составление таблиц начиналось с разделения отобранного для анализа материала по геолого-генетическому принципу. Выделены:

- верхнечетвертичные лёссовидные делювиальные супеси, суглинки и глины (I комплекс);
- средне- и нижнечетвертичные лёссовидные суглинки и глины (II комплекс);
- современные и верхнечетвертичные аллювиальные суглинки и глины (III комплекс);
- зоплейстоценовые скифские глины (IV комплекс);
- миоценовые сарматские глины (V комплекс).

#### 6.3.1. Составление таблиц нормативных значений параметров сдвига

Первым этапом работы было выявление связи параметров сдвига с физическими характеристиками грунтов: влажностью и плотностью. Для этого были исследованы связи  $C$  и  $tg \varphi$  с влажностью на границе раскатывания, коэффициентом пористости и степенью влажности. Испробована парная и многомерная корреляция по универсальной программе Дукарского. Проверены различные модели связи, и прямолинейная связь оказалась наиболее приемлемой, хотя и она далеко не совершенна, а для комплексов III, IV и V – неудовлетворительна.

Получены уравнения линейной регрессии типа

$$C = a + b_1x_1 - b_2x_2 - b_3x_3; \quad tg \varphi = a - b_1x_1 - b_2x_2 - b_3x_3.$$

Оценка тесноты связи дана в табл. 6.3.1.

Таблица 6.3.1

Статистические оценки уравнений линейной регрессии, связывающие сдвиговые параметры с физическими характеристиками грунтов (множественная корреляция  $W_p$ ,  $\epsilon$  и  $S_f$ )

Геолого-генетические комплексы	Параметры сдвига	Коэффициент корреляции	Критерий Стьюдента	Критерий Фишера–Снедекора	Дисперсионное отношение	Число определений
Верхнечетвертичные делювиальные супеси, суглинки и глины	$C$	0,535	5,2 –4,6 12,4	61,3	1,4	467
	$tg \varphi$	0,145	<0 <0 <0	4,32	1,02	467
Средне- и нижнечетвертичные делювиальные суглинки и глины	$C$	0,400	4,9 <0 <0	20	1,19	293
	$tg \varphi$	0,214	0,55 <0 <0	5,7	1,04	293
Современные и верхнечетвертичные аллювиальные суглинки и глины	$C$	0,000	0,08 0,76 –0,81	0,62	0,98	142
	$tg \varphi$	0,182	0,29 0,75 <0	1,46	1,03	142
Скифские глины	$C$	0,000	0,63 <0 <0	0,62	0,98	74
	$tg \varphi$	0,364	1,5 <0 <0	5,2	1,17	74
Сарматские глины	$C$	0,000	0,3 0,89	0,094	0,97	165
	$tg \varphi$	0,123	0,24 1,3	1,16	1,02	165

Как видно из приведенных данных, коэффициенты корреляции получены невысокие, и найденные уравнения не были использованы для вычисления параметров сдвига. Парная корреляция по группам серий проводилась на ЭВМ «Урал-11» по программе «Сдвиговые параметры». Получены уравнения линейной регрессии типа  $C = b - ax$ ;  $tg \varphi = ax + b$ ; Наибольшую связь сдвиговые параметры проявляют со степенью влажности.

С влажностью на границе раскатывания и коэффициентом пористости получена невысокая связь (табл. 6.3.2).

Корреляционный анализ отражает природу глинистых грунтов, выявляет степень взаимосвязи сдвиговых параметров с различными показателями их физических свойств. Поскольку в природе такая связь сложна и зависит от множества не учтенных при анализе факторов (тип структурных связей, степень литификации, минералогический состав, гранулометрический состав и т.д.), то получение не очень высоких коэффициентов корреляции, на наш взгляд, является закономерным.

Таблица 6.3.2

Статистические оценки уравнений линейной регрессии, связывающие сдвиговые параметры с физическими характеристиками (парная корреляция)

Геолого-генетические комплексы	Определяемая зависимость	Коэффициент корреляции	Стандартный коэффициент корреляции	Число определений
Верхнечетвертичные делювиальные супеси, суглинки и глины	$C = f(Wp)$	0,537	0,079	79
	$C = f(\epsilon)$	0,105–0,274	0,071–0,096	106–165
	$C = f(Sr)$	0,840 – 0,853	0,017–0,032	72–296
	$tg \varphi = f(Wp)$	0,231	0,106	79
	$tg \varphi = f(\epsilon)$	0,164–0,205	0,094–0,102	106–165
	$tg \varphi = f(Sr)$	0,145–0,472	0,078–0,133	72–296
Средне- и нижнечетвертичные делювиальные суглинки и глины	$C = f(Wp)$	0,604–0,606	0,101–0,105	36–39
	$C = f(\epsilon)$	0,529–0,746	0,092–0,107	27–60
	$C = f(Sr)$	0,713–0,806	0,068–0,092	28–57
	$tg \varphi = f(Sr)$	0,628	0,131	40
Четвертичные аллювиальные глинистые грунты без разделения возраста (супеси, суглинки, глины)	$C = f(Wp)$	0,680	0,037	200
	$C = f(\epsilon)$	0,568	0,022	427
	$C = f(Sr)$	0,528	0,032	433
Скифские глины	$C = f(Wp)$	0,629	0,118	26
	$C = f(\epsilon)$	0,264	0,148	39
	$C = f(Sr)$	0,346	0,144	37
	$tg \varphi = f(Sr)$	0,628	0,131	40

В связи с этим для вычисления нормативных значений прочностных характеристик была проведена обработка большого количества фактического материала по программе «Сдвиговые параметры». Внутри выделенных комплексов сдвиговые параметры разбиты на серии по значениям коэффициента пористости и влажности грунтов на границе раскатывания.

Для каждой серии нормативные значения  $C$  и  $tg \varphi$  определялись как коэффициенты линейной регрессии  $\tau = p \cdot tg \varphi + C$  по всем парам значений  $\tau$ ,  $p$  (нагрузка – сдвигающее усилие). Для каждой серии получены нормативные значения, их стандарт; величина коэффициента корреляции, его стандарт (табл. 6.3.3). Малые стандартные отклонения коэффициентов корреляции свидетельствуют о достаточно хорошем подборе материала. Математическая обработка проводилась на ЭВМ «Урал-11».

Статистические оценки уравнений линейной регрессии при определении параметров сдвига

Таблица 6.3.3

Геолого-генетические комплексы	$\sigma_{сн}$	$\sigma_{tg \varphi}$	R	$\sigma_{сн}$
Верхнечетвертичные делювиальные супеси, суглинки и глины	0,024 0,089	0,014 0,037	0,831 0,939	0,014 0,027
Средне- и нижнечетвертичные делювиальные суглинки и глины	0,033 0,122	0,015 0,054	0,807 0,926	0,014 0,064
Современные и верхнечетвертичные аллювиальные суглинки и глины	0,101 0,200	0,050 0,091	0,534 0,716	0,083 0,148
Субазральные эоплейстоценовые скифские глины	0,077 0,147	0,036 0,068	0,535 0,919	0,034 0,093
Морские среднесарматские глины	0,052	0,025	0,800	0,041

Результаты вычисления нормативных характеристик сдвиговых параметров представлены в табл. 6.3.4.

Таблица 6.3.4

Нормативное значение удельного сцепления  $C_n$  (кПа) и угла внутреннего трения  $\varphi_n$  (град.) глинистых грунтов четвертичных и неогеновых отложений (консолидированно-дренированный срез под водой) (составители: К.А Меркулова, Л.И. Нянченко, А.Н. Паленая, С.Н. Путяткина)

Геолого-генетические комплексы грунтов	Влажность на границе раскатывания, %	Характеристика $C$ (кПа) и $\varphi$ (град.) при коэффициенте пористости					
		0,51–0,60	0,61–0,70	0,71–0,80	0,81–0,90	0,91–1,00	1,01–1,100
Верхнечетвертичные делювиальные супеси, суглинки и глины	11–14	17/22	15/22	11/22	10/22	7/22	
	15–18		22/20	20/19	19/19	19/18	18/18
	18–22		25/19	22/19	21/19	18/18	16/18
	23–26		37/18	35/18	29/17		
Средне- и нижнечетвертичные делювиальные суглинки и глины	15–18	30/21	25/21	24/20	20/20		
	19–22	42/21	35/20	33/20	31/19		
	23–26		44/18	42/18	40/18		
Современные и верхнечетвертичные аллювиальные суглинки и глины	19–22		30/16				
	23–26				23/14		
	33–40					84/15	
Эоплейстоценовые субазральные скифские глины	19–22		52/23				
	23–26		67/22		57/22		
	27–39				60/18		
Морские среднесарматские глины	27–45						33/15

Примечание. В числителе –  $C_n$ , кПа, в знаменателе –  $\varphi_n$ , град.

### 6.3.2. Составление таблиц нормативных значений модулей деформации

Для статистической обработки использованы лабораторные определения коэффициентов сжимаемости как наиболее показательной характеристики деформируемости грунтов, с последующим сравнением полученных результатов со штампоопытами (штамп площадью 5000 см<sup>2</sup>).

Использованы около 2500 определений коэффициента уплотнения глинистых грунтов с различными значениями естественной влажности и пористости. Разделение материала по геолого-генетическим комплексам и инженерно-геологическим видам грунтов было сделано так же, как при вычислении нормативных значений сдвиговых параметров. Только в лёссовидных грунтах выделены не два, а три комплекса: делювиальные лёссовидные верхнечетвертичные, среднечетвертичные и нижнечетвертичные грунты. Предварительным анализом исходного материала было выявлено, что деформируемость грунтов в основном зависит от пористости и влажности. Для выбора входов в таблицу нужно было установить, с какой из характеристик влажности (степенью влажности или показателем текучести) коэффициент уплотнения имеет более близкую связь. При исследовании зависимости  $a$  от  $S_r$  и  $a$  от  $IL$  были использованы методы корреляционного и регрессивного анализа на ЭВМ «Минск-32» по универсальной программе Дукарского. Статистические оценки линейной регрессии даны в табл. 6.3.5. По результатам математического анализа установлено, что коэффициент уплотнения имеет более тесную связь с консистенцией грунтов и реагирует на степень водонасыщения только тогда, когда последняя приводит к изменению консистенции. В качестве входов в таблицу приняты показатель текучести и коэффициент пористости. Коэффициент уплотнения вычислялся как среднеарифметическое значение для каждой серии с оценкой однородности слоя.

Таблица 6.3.5

Статистические оценки уравнений линейной регрессии, связывающие коэффициент уплотнения с физическими характеристиками грунтов

Вид уравнения регрессии	Коэффициент корреляции	Критерий Стьюдента	Критерий Фишера-Снедекора	Дисперсионное отношение	Количество определений
$a = e^k \cdot S_r^k$ (степенная модель)	0,311–0,362	5,1–14,9	27,1–125,6	1,25–1,3	80
$a = e_0 + e_1 \cdot S_r$ (линейная модель)	0,262–0,702	Не проход.	20,7–145,7	1,07–1,97	70–150
$a = e_0 + e_1 S_r - e_2 S_r^2$ (параболическая модель)	0,284	Не проход.	Не проход.		90
$a = e_0 + e_1 B$ (линейная модель)	0,637–0,762	7,37–14,42	54,3	1,68–2,39	79–150
$a = e_0 + e_1 B + e_2 \epsilon$ (линейная модель)	0,600–0,727	4,69–6,81	18,18–23,4	1,56–2,12	62–452

Общий модуль деформации вычислялся по формуле:

$$E = \beta \cdot \frac{1 + \epsilon_0}{a_{1-3}} \cdot m,$$

где  $\beta$  – коэффициент, зависящий от коэффициента бокового распора, равный для супесей – 0,72, суглинков – 0,57 и глин – 0,43;  $a_{1-3}$  – средний коэффициент уплотнения на прямолинейном участке компрессионной кривой для интервалов

давления 0,1–0,3 МПа;  $\epsilon$  – коэффициент пористости грунта;  $m$  – коэффициент, показывающий соотношение полевого и лабораторного модулей

$$m = \frac{E_n}{E_1}$$

где  $E_n$  – модуль деформации, определенный по испытанию грунтов статическими нагрузками на штамп площадью 5000 см<sup>2</sup>;  $E_1$  – модуль деформации, определенный по компрессионным испытаниям.

Коэффициент  $m$  определен для 86 штамповых испытаний. Найдена зависимость  $m$  от коэффициента пористости  $\epsilon$

$$m = 0,618 \epsilon^{-3,28} + 1,2,$$

$$\eta = 0,67; S_\eta = 0,063; F_p = 10,86 > 2,5; F_p = (0,05; 4,73).$$

Графическое выражение этой зависимости показано на рис. 6.10. Нормативные значения модулей деформации даны в табл. 6.3.6.

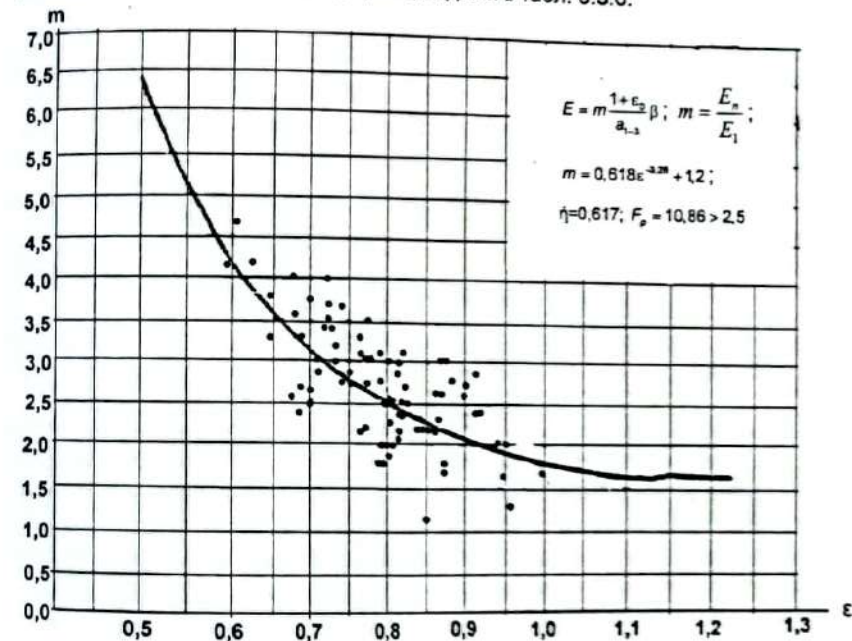


Рис. 6.10. Зависимость коэффициента  $m$  от коэффициента пористости

Таблицы рассмотрены и одобрены научно-техническим советом Госстроя РСФСР (протокол № 17-2 от 12 марта 1974 г.).

Для скифских глин в ростовском «ПромстройНИИпроекте» на основе параллельных лабораторных и штамповых испытаний (79 опытов) получена корреляционная связь  $m$  с коэффициентом пористости, имеющая вид:

$$m = 2,03 - 3 \ln \epsilon \pm 0,15.$$

Работа выполнена к.г.-м.н. С.М. Алешиным.



Таблица 6.3.6

Нормативные значения модуля деформации лёссовидных грунтов г. Ростова, МПа  
(составители: К.А. Меркулова, Л.И. Нянченко, А.Н. Паленая, С.Н. Путятин)

Геолого-генетические комплексы	Наименование грунтов (инженерно-геологическая разновидность)	Показатель текучести IL	Значения E при коэффициенте пористости					
			0,51–0,6	0,61–0,7	0,71–0,80	0,81–0,90	0,91–1,00	1,01–1,0
Верхнечетвертичные делювиальные	супеси	$0 \leq IL \leq 0,25$	–	19	13	–	–	–
	– // –	$0,25 < IL \leq 1,0$	21	–	–	–	–	
	суглинки	$0 \leq IL \leq 0,25$	26	18	14	12	9	7
	– // –	$0,25 < IL \leq 0,50$	–	15	10	8	6	–
	– // –	$0,5 \leq IL \leq 1,0$	–	13	8	6	5	–
	глины	$0 \leq IL \leq 0,25$	29	19	14	12	10	5
Среднечетвертичные делювиальные	– // –	$0,25 < IL \leq 0,50$	–	–	11	8	6	–
	суглинки	$0 \leq IL \leq 0,25$	26	20	15	12	–	–
	глины	$0,0 \leq IL \leq 0,25$	–	25	20	16	–	–
Нижнечетвертичные делювиальные	суглинки	$0,0 \leq IL \leq 0,25$	35	26	17	12	–	–
	– // –	$0,25 < IL \leq 0,5$	–	–	13	–	–	–
	глины	$0,0 \leq IL \leq 0,25$	44	28	22	18	–	–

В табл. 6.3.7 показаны величины  $m$  при различном значении коэффициента пористости, рассчитанные по уравнению корреляционной связи.

Таблица 6.3.7

Зависимость  $m$  от коэффициента пористости скифских глин

$\epsilon$	0,4	0,45	0,5	0,55	0,60	0,65	0,7	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10
$m$	5,45	5,09	4,76	4,47	4,20	3,96	3,73	3,52	3,32	3,13	2,96	2,79	3,63	2,48	2,34

Деформационные характеристики аллювиальных отложений и сарматских глин, для которых нет достаточного количества полевых испытаний, с введением СП 11-105-97 могут быть оценены по статическому зондированию. В таблицах к соответствующим разделам модули деформации указанных грунтов даны по результатам статистической обработки сопротивления грунтов под конусом зонда при статическом зондировании.

## 7. АНТРОПОГЕННЫЕ И ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ЯВЛЕНИЯ

Процесс изменения человеком окружающей среды особенно ярко проявляется в условиях крупных городов. Воздействия человека на природу, пишет Ф.В. Котлов (1962), «могут быть целенаправленными и стихийными, прямыми и косвенными, вековыми и кратковременными, локальными и региональными». Эти воздействия в конечном итоге изменяют природную геологическую среду. Несмотря на относительную молодость г. Ростова-на-Дону, некоторые антропогенные процессы, присущие древним городам, проявляются здесь в широком масштабе.

Современная энергия рельефа уменьшается вследствие выполаживания и планировки, стихийной и целенаправленной засыпки оврагов и балок.

Преобразование рельефа, наряду с изменением почвенного и растительного покрова, уменьшает энергию поверхностного и подземного стока, приводит к перераспределению и усилению инфильтрации, оказывающей существенное влияние на химический состав поверхностных и подземных вод, на подъем уровня грунтовых вод и подтопление застроенных территорий. Большая группа антропогенных геологических процессов связана с передачей на грунты статических и динамических нагрузок от зданий и сооружений города. Происходит уплотнение и осадка грунтового массива, а для лёссовидных пород – и просадка грунтов основания. Классификация геологических процессов и явлений, развитых на территории города, приведена в табл. 7.1. Изменения природного ландшафта детально описаны в монографии В.В. Приваленко и О.С. Безугловой (2003).

В нашей работе рассматриваются геологические процессы, имеющие наибольшее влияние на инженерно-геологические условия города.

### 7.1. Подъем уровня грунтовых вод и подтопление территорий

В г. Ростове-на-Дону проблема борьбы с грунтовыми водами возникла еще в довоенное время, когда начали затопливаться глубокие подвалы цехов завода «Ростсельмаш», подвалы жилых домов и промышленных предприятий на береговом склоне Дона в Пролетарском районе города. С тех пор процесс подтопления детально изучен, известны его причины, обусловленность развития и распространения.

Сразу скажем, что сенсаций не будет, не поднимутся снизу водные хляби и не затопят город. Согражданам не надо бояться наступления часа «Х» («Ростов ждет часа «Х»» (газета «Наше время», 30 августа 1998 г.)). Все имеет вполне прозаические причины. Некую тайну вносит геологическое строение территории, но разберемся по-порядку.

Таблица 7.1  
Классификация антропогенных (А) и природно-антропогенных (ПА) геологических процессов и явлений, развитых на территории г. Ростова-на-Дону

Класс	Тип	Вид	Категория	Факторы, способствующие развитию геологических процессов и явлений	
I. Геологические процессы и явления, связанные с изменением напряженности в массивах пород	1. Процессы и явления, вызванные статическими нагрузками	Осадки пород в результате сжатия	А	Сжимаемые породы оснований всех геолого-геотехнических комплексов	
		2. Процессы и явления, вызванные динамическими нагрузками	Гравитационные оползни и обвалы	ПА	Оползневые, обваловые склоны и откосы
			Вибрационное уплотнение пород и оседание поверхности	ПА	Недоуплотненные песчано-глинистые породы всех геолого-геотехнических комплексов
II. Геологические процессы и явления, вызванные изменением подземной гидрофосферы	3. Процессы и явления, вызванные вскрытием массива пород, открытыми выработками	Выветривание пород	ПА	Тонко- и мелкодисперсные породы, водонасыщенные, обладающие трисотропными свойствами	
		1. Процессы и явления, вызванные повышением уровня грунтовых вод и обводнением пород	Сдвиговые явления в откосах выемок оползней, обвалы, осыпи, оплывания	А	Глинистые и скальные породы
			Эрозионный разрыв пород с образованием рытвин, оврагов	А	Песчано-глинистые и скальные породы
III. Геологические процессы и явления, вызванные изменением подземной гидрофосферы	2. Процессы и явления, вызванные понижением уровня грунтовых вод и обводнением пород	Пучение дна котлован при промерзании	А	- II -	
		1. Процессы и явления, вызванные понижением уровня грунтовых вод	Затопление выемок, траншей, котлованов грунтовыми водами	А	Глинистые породы выше уровня грунтовых вод
			Появление локальных водоносных горизонтов	А	Близкое залегание уровня грунтовых вод
IV. Антропогенные	1. Процессы и явления, вызванные нарушением естественного стока атмосферных вод	Подтопление территории, затопление подвалов	А	Близкое залегание водоупора	
		2. Процессы и явления, вызванные нарушением естественного стока атмосферных вод	Заболачивание	А	Наличие водоупорных слоев глины в основании толщ лесовидных пород
			Просадки лесовидных грунтов	ПА	Близкое залегание водоупора, слабый отток грунтовых вод
V. Антропогенные	2. Процессы и явления, вызванные нарушением естественного стока атмосферных вод	Поднятие и опускание оснований при сезонных колебаниях уровня грунтовых вод, деформация зданий на береговых склонах	А	Просадочные свойства лесовидных пород	
		1. Процессы и явления, вызванные нарушением естественного стока атмосферных вод	Набухание глинистых пород, поднятие легких зданий	А	Глинистые гумусированные грунты (сезонное увлажнение грунтов)
			Высокое положение уровня грунтовых вод	А	Высокое положение уровня грунтовых вод
VI. Антропогенные	2. Процессы и явления, вызванные нарушением естественного стока атмосферных вод	Оползни различных видов: от оползней-потоков до срезающих оползней сдвига	ПА	Наличие в геологическом разрезе пластичных глин, выходы грунтовых и подземных вод на контакте с потенциальными плоскостями скольжения, обводнение пород на склонах и их увлажнение	
		1. Процессы и явления, вызванные нарушением естественного стока атмосферных вод	Просадки лесовидных пород (замачивание сверху)	ПА	Высокое положение уровня грунтовых вод
			Оползни на склонах	ПА	Наличие в геологическом разрезе пластичных глин, выходы грунтовых и подземных вод на контакте с потенциальными плоскостями скольжения, обводнение пород на склонах и их увлажнение
VII. Антропогенные	2. Процессы и явления, вызванные нарушением естественного стока атмосферных вод	Стихийное образование антропогенных отложений на поверхности земли	А	Застроенная и обжитая территория города	
		1. Процессы и явления, вызванные искусственным замачиванием грунтов	Регулируемое накопление техногенных отложений на поверхности земли	А	Застроенная и обжитая территория города
			Образование массивов намывных песков	А	Низкие участки донской левобережной поймы, заталкиваемые при высоких паводках и нагонных ветрах

Окончание табл. 7.1

Класс	Тип	Вид	Категория	Факторы, способствующие развитию геологических процессов и явлений	
III. Геологические процессы и явления, вызванные изменением напряженности в массивах пород	1. Процессы и явления, вызванные нарушением естественного стока атмосферных вод	Антропогенная эрозия с образованием промоин и оврагов	ПА	Природные склоны и искусственные откосы, сложенные различными породами	
		2. Процессы и явления, вызванные искусственным замачиванием грунтов	Заболачивание	А	Выходы на поверхность слабифицирующих глин
			Оползни на склонах	ПА	Оползневые склоны
IV. Антропогенные	2. Процессы и явления, вызванные искусственным замачиванием грунтов	Просадки лесовидных пород (замачивание сверху)	ПА	Просадочные свойства лесовидных пород	
		1. Процессы и явления, вызванные искусственным замачиванием грунтов	Стихийное образование антропогенных отложений на поверхности земли	А	Застроенная и обжитая территория города
			Регулируемое накопление техногенных отложений на поверхности земли	А	Застроенная и обжитая территория города
V. Антропогенные	2. Процессы и явления, вызванные искусственным замачиванием грунтов	Образование массивов намывных песков	А	Низкие участки донской левобережной поймы, заталкиваемые при высоких паводках и нагонных ветрах	
		1. Процессы и явления, вызванные искусственным замачиванием грунтов	Дефекты вертикальной планировки и регулирование стока поверхностных вод	ПА	Дефекты вертикальной планировки и регулирование стока поверхностных вод
			Отсутствие ливневой канализации, отсутствие нагорных канав, переулаженние пород на склонах	ПА	Отсутствие ливневой канализации, отсутствие нагорных канав, переулаженние пород на склонах
VI. Антропогенные	2. Процессы и явления, вызванные искусственным замачиванием грунтов	Утечки воды из подземных сетей и резервуаров, увеличение инфильтрации атмосферных осадков	ПА	Утечки воды из подземных сетей и резервуаров, увеличение инфильтрации атмосферных осадков	
		1. Процессы и явления, вызванные искусственным замачиванием грунтов	Накопление антропогенных образований, представляющих собой отходы производственной и хозяйственной деятельности человека	ПА	Накопление антропогенных образований, представляющих собой отходы производственной и хозяйственной деятельности человека
			Устройство долговременных сооружений из отсыпанных слоев и уплотненных грунтов (насыпи дорог, дамбы, трубопроводов и т.д.)	ПА	Устройство долговременных сооружений из отсыпанных слоев и уплотненных грунтов (насыпи дорог, дамбы, трубопроводов и т.д.)
VII. Антропогенные	2. Процессы и явления, вызванные искусственным замачиванием грунтов	Намытые площадки для застройки, намытые насыпью автомобильных и железных дорог	ПА	Намытые площадки для застройки, намытые насыпью автомобильных и железных дорог	
		1. Процессы и явления, вызванные искусственным замачиванием грунтов	Понижение уровня грунтовых вод	ПА	Понижение уровня грунтовых вод
			Понижение уровня грунтовых вод	ПА	Понижение уровня грунтовых вод

Еще из школьной программы мы знаем, что подземные водоносные горизонты питаются за счет просачивания (инфильтрации) атмосферных осадков через толщу пород.

Атмосферные осадки образуются вследствие испарения с открытой водной поверхности рек, озер, морей, океанов (извините за прописные истины, но это важно для понимания сути процесса подтопления). Выпавшие осадки, просочившись через горные породы, в виде грунтовых и подземных вод вновь попадают в дренирующие их реки, озера, моря. Помните: круговорот воды в природе? Так вот, каждая территория обладает своим местным кругом влагооборота, своим водным балансом. В самом простом понятии баланс – это равенство притекающего количества воды сверху и ее объема, расходующегося на питание водоносных горизонтов и отток (в реки, озера и т.д.). Приходная часть водного баланса (приток) определяется количеством выпадающих на данной местности атмосферных осадков, а его расходная часть (отток) обусловлена эрозивной расчлененностью рельефа и составом слагающих его пород. Установившийся в течение многих сотен лет природный гидрогеологический баланс является величиной постоянной для данной территории, для данного географического региона. Грунтовые воды при этом имеют постоянный уровень, который изменяется лишь по сезонам года. Но если приток воды увеличивается, а отток остается прежним, то баланс нарушается и начинается подъем уровня. Медленно и неуклонно просочившаяся сверху вода, в объеме большем, чем при природном балансе, увеличивает толщину водосодержащих пород. Процесс идет незаметно, подспудно, пока, наконец, вода не заявит о себе, появившись в подвалах. Откуда же берется эта «лишняя» вода? Хозяйственное освоение любой территории связано со строительством разветвленной сети коммуникаций, в том числе и водонесущих. Это неизбежно нарушает сложившийся природный водный баланс. Многочисленные утечки воды из трубопроводов являются источником дополнительного питания грунтовых вод. Большие порции воды поступают в водоносный горизонт и на территориях всех городских поселков, где есть водопровод, но нет централизованной канализации. Вся потребляемая водопроводная вода (донская) сбрасывается в поглощающие ямы, просачивается вниз и пополняет грунтовые воды. Когда поселки снабжались водой из колодцев, все было в порядке. Грунтовая вода, взятая из колодца, в конечном итоге вновь возвращалась в водоносный горизонт, и баланс сохранялся. Поучительна история подтопления частной застройки по ул. Можайской, Грамши I и II в пос. Орджоникидзе II. Поселок снабжался водой из колодцев. Вода находилась на глубине 8–9 м. Потом провели водопровод. В каждом дворе появилась водопроводная колонка, и вода полилась без ограничения. С 1957 по 1974 г. уровень воды поднялся до глубины 0,5–2 м, а местами вода вышла на дневную поверхность, образуя заболачивание. Вымокли сады, потекли по поверхности туалеты, вода заплескалась под полами домов, сырость и плесень покрыла их стены. А жители искренне удивлены тем, что это не природные катаклизмы, а дело их собственных рук.

Кроме указанных источников, грунтовые воды получают дополнительное питание и за счет увеличения объема инфильтрации атмосферных осадков. При ненарушенном рельефе часть атмосферной воды стекала по поверхности земли в Дон и Темерник. Засыпка оврагов и балок, быстро сбрасывавших дождевые и талые воды, наличие многочисленных, долго стоящих открытыми траншей, котлованов, выемок способствуют попаданию в грунт воды, которой перекрыты пути стока. Можно перечислить еще много причин, влияющих на увеличение объема грунтовой воды, но уже ясно, что она попадает в грунт только сверху, что подтопление является спутником хозяйственной деятельности человека, оно спровоцировано им и набирает обороты по мере расширения города. На развитие этого негативного процесса влияет и геологическое строение территории. Природная геологическая среда имеет не меньшее значение, чем техногенные условия. На карте высоты подъема грунтовых вод видно, что подъем уровня происходит на площадях, где лёссовидные суглинки лежат на водоупорных скифских глинах, т.е. выше фронта разгрузки грунтовых вод в сарматско-мэотический водоносный горизонт (см. главу 5). За пределами развития скифских глин, где лёссовидные суглинки залегают на водопроницаемых песках и известняках, подъем уровня отсутствует. Грунтовая вода поглощается известняками. Подземные воды, заключенные в известняках, дренируются долинами Дона, Темерника и крупных балок. Многочисленные родники известны на крутых коренных склонах этих долин. В далекие времена известняки поили наших предков чистой родниковой водой, а сейчас спасают большие территории города от подтопления. Известняки в этих районах являются природной дренажной системой.

Первые очаги подтопления в Пролетарском и Первомайской районах города были отмечены еще до Великой Отечественной войны, а в нижней части берегового склона борьба с водой велась еще в дореволюционное время. На этой территории расположены наиболее старые промышленные предприятия города. В.П. Ананьев в своей работе «Исследование причин подъемов уровня грунтовых вод на территории г. Ростова-на-Дону и их влияние на устойчивость сооружений» (1962) дает описание старых дренажных систем, построенных еще в 1912–1913, 1920-х и 1930-х гг. на береговом склоне в Нахичесани ниже ул. Советской и частично в Кировском районе. Все дренажи представляют собой траншеи закрытого типа с выпуском воды в ливневую канализацию или со свободным выпуском в Дон по уличным кюветам. Ростовская гидрогеологическая станция, которая была создана для наблюдений за подъемом уровня грунтовых вод, в 1938–1940 гг. имела в восточной части города три наблюдательных поста:

- пост № 1 – из 8 наблюдательных скважин на территории завода «Ростсельмаш»;
- пост № 2 – из 6 наблюдательных скважин на береговом склоне Пролетарского района;
- пост № 3 из 2 скважин в Кировском районе.

Наблюдения велись в течение 2 лет, затем работы были приостановлены Великой Отечественной войной и больше уже не возобновлялись. Имеющиеся

сведения о глубине залегания уровней воды в старой части города в довоенные годы, а в новых районах – до их застройки, позволяют судить о динамике процесса подтопления и высоте подъема уровней. Наиболее крупный очаг подтопления приурочен к заводу «Ростсельмаш». В табл. 7.1.1 показаны изменения уровней воды во времени на его территории.

Таблица 7.1.1

Изменения уровней воды на территории «Ростсельмаша»

Годы наблюдений	Глубина залегания грунтовых вод, м	Годы наблюдений	Глубина залегания грунтовых вод, м
северная часть территории		южная часть территории	
1929–1930	30	1929–1930	10–15
1938	20	1938	4–6
1955–1958	6–8	1948	3–4
1964	6–8	1961–1965	3–4,5
1972	5–6	1972	2,8–3
1987	3,5–3,8	1987	1,9–2
2000	3,5–3,8	2000	1,9–2

На так называемом «Сельмашевском» куполе самые высокие абсолютные отметки уровня воды на 1972 г. были равны 86,7 м, а гидроизогипса с абсолютной отметкой 85 м замыкала этот купол севернее завода (район машиноиспытательной станции). Глубина залегания воды на вершине купола была 5–6 м. На весну 2000 г. вода здесь установилась на глубине 3,5–3,8 м, купол распространился выше по водоразделу в сторону завода «Алмаз» и очерчен (но не замкнут!) гидроизогипсой 90 м. Наибольшие абсолютные отметки грунтовой воды в настоящее время приурочены к подтопленной территории завода «Алмаз» и равны 100–103 м. Глубина залегания воды на этом куполе 2–3,7 м. На прилегающих к заводу «Ростсельмаш» территориях давно установилось высокое положение грунтовых вод. Замеры в пьезометрах, установленных в 1972 и 1987 гг., показывают, что в восточной части пос. Чкаловского стабилизация уровней грунтовой воды наблюдается с 1987 г., а на площадях южнее завода уровни воды мало изменились с 1972 г. (табл. 7.1.2).

Таблица 7.1.2

Глубина залегания грунтовых вод, м

Территория	по годам наблюдений					
	1938 г.	1948 г.	1966–1968 гг.	1972 г.	1987 г.	2000 г.
Парк им. Островского		3,5	2,2–2,4	1,9	1,9	1,9
Улица страны Советов		3,5–4,5	2,8	2,5	2,3	2,3
Дворец культуры завода «Ростсельмаш»	6,0	3,9	–	2,2	1,9	1,9
Восточная часть пос. Чкаловского			5,0–7,3	5,7	2,4	2,4

На водоразделе Дона и б. Безымянной еще один очаг высокого залегания воды находится в районе драматического театра им. Горького. Подтоплены подвалы театра и строений, расположенных к югу от него. Здесь подъем уровня грунтовых вод произошел за счет систематических утечек воды из отстойников и резервуаров горводопровода, расположенных севернее театра (территория «Водоканала»). По неофициальным данным [Ананьев, 1962] потери воды составляют около 7000 м<sup>3</sup>/сут. На 1972 г. «Театральный» купол был замкнут гидроизогипсой 78 м. В табл. 7.1.3 приведены данные об изменении уровня грунтовых вод на территории театра им. Горького.

Таблица 7.1.3

Глубина залегания грунтовых вод на территории театра им. Горького

Годы наблюдений	Глубина залегания, м
1930–1934	17,5
1938	8,0
1947–1948	5,3
1951–1959	4,5–5,0
1960–1965	2,5–3,5
1972	2,5
2000	1,6–2,2

На этом же водоразделе в районе машиностроительного завода (ул. Буйнакская и Лекальная) отмечался еще один купол воды – «Заводской», очерченный гидроизогипсами 78 и 80 м. На май 2000 г. оба купола слились, образуя общую вершину зеркала грунтовых вод. Гидроизогипса 80 м замыкает эту протяженную вершину с наибольшими отметками 80,6–81,9 м.

Как следует из приведенных данных, в восточной части города (пос. Чкаловский, завод «Ростсельмаш», пос. Дачный, береговой склон Дона) процесс подтопления близок к завершению. Здесь уровни воды с 1938 г. (береговой склон), 1972 и 1987 гг. мало изменились и испытывают лишь сезонные колебания (табл. 7.1.4). Только на самых высоких участках водоразделов происходит медленное (0,1 м в год) повышение уровня и расширение куполов по площади. Купол «Театральный» имеет тенденцию к растеканию в сторону пр. Ворошиловского по ул. Б. Садовой, где уровни воды до пр. Чехова находятся уже на глубине 1,9–3 м.

В Западном жилом районе на высоком водоразделе (абсолютные отметки поверхности более 80 м) в середине 1960-х гг. грунтовая вода в лёссовидных суглинках залегала на глубинах 29–30 м. В настоящее время уровень воды поднялся до глубины 7–12 м. Здесь сформировался купол, оконтуренный гидроизогипсой 75 м. Высота подъема уровня 18–20 м. Процесс подтопления еще не завершен.

В пос. Александровка самый большой подъем уровня – более 20 м – наблюдается на вершине водораздела, севернее пр. 40 лет Победы. В СЖР повторяются те же закономерности. Купол с наибольшей высотой подъема уровня грунтовой воды приурочен к самым высоким отметкам рельефа на водоразделе реки и балки Темерник.

Таблица 7.1.4  
Положение грунтовых вод на давно подтопленной территории города (Пролетарский и Первомайский районы)

Максимальные весенние уровни воды											
1939 г.				1972 г.				1998 г.			
Местоположение пункта наблюдения	Абс. отм. устья, м	Глубина залегания воды, м	Абс. отм. устья, м	Местоположение пункта наблюдений	Абс. отм. устья, м	Глубина залегания воды, м	Абс. отм. устья, м	Местоположение пункта наблюдений	Абс. отм. устья, м	Глубина залегания воды, м	Абс. отм. устья, м
Режимная скв. 1, парк им. Фрунзе	66,74	2	64,74	Режимная скв. 6183, ул. Советская и 16-я линия	68	1,8	66,2	Режимная скв. 56, ул. Ереванская	67,33	1,14	66,19
Режимная скв. 2, ул. 1-я Инженерная, 35	56,68	3,15	53,53	Режимная скв. 6166, парк им. В. Черевичкина	63,9	4,1	59,8	Режимная скв. 23, ул. Сарьяна и 25-я линия	60,71	2,46	58,25
Режимная скв. 2, ул. 2-я Инженерная, 10	61,92	3,6	58,32	Режимная скв. 6295, ул. 2-я Комсомольская и 25-я линия	64,5	2,3	61,9	Режимная скв. 22, ул. Богданова и 25-я линия	46,22	0,41	45,8
Режимная скв. 4, ул. 1-я Рабковская, 71	35,03	0,93	34,1	Режимная скв. 6492, з-д «Красный Аксай»	34,3	1,1	33,2	Режимная скв. 26, ул. Страны Советов	80,5	2,3	79,2
Режимная скв. 5а, ул. 1-я Рабковская и 21-я линия	40	0,43	39,57	Режимная скв. 5612, ул. Страны Советов	79,98	2,48	77,5	Режимная скв. 25, ул. 1-й Конной Армии	74,4	1,9	72,5
				Режимная скв. 3630, ул. Казахская	76,16	3,06	73,1	Режимная скв. 28, ул. Вятская	76,49	3,29	73,2

Таким образом, условия дренирования определяют и само развитие процесса подтопления, и высоту подъема уровня: она увеличивается по мере удаления от фронта разгрузки и достигает максимальных величин на водоразделах.

Небольшие куполки образуются на участках с постоянно действующими источниками инфильтрации, независимо от их гипсометрического положения (мойки на территории автопарка по пер. Автобусному, мойки трамвайно-троллейбусного парка по пер. Иртышскому, отстойники Ростовского водозабора по ул. Вересаева, выше пр. 40 лет Победы).

Скорости подтопления так же наибольшие на водоразделах и наименьшие у зон разгрузки. На скорость подъема оказывает влияние и глубина залегания грунтовых вод. При глубине залегания уровня на водоразделах более 10 м темп его роста достигает 0,5–1 м в год. По мере формирования все более высоких уровней скорость замедляется до 0,1–0,3 м в год.

На склонах у зон разгрузки при любых глубинах залегания воды скорость подъема уровня не превышает 0,1–0,2 м в год (табл. 7.1.5 и 7.1.6).

Анализ гидрогеологических материалов за 28 лет (1972–2000 гг.) свидетельствует о том, что антропогенная нагрузка на природную среду увеличивается. Это неизбежно приводит к дальнейшему изменению гидрогеологических условий. В центральной части города на скифских водоразделах между балками Безымянной и Черепихина, между б. Генеральной и р. Дон фронт разгрузки грунтовых вод уже почти полностью повторяет границы распространения скифских глин, в то время как в 1972 г. он пересекал эти водоразделы (см. карту высоты подъема уровня грунтовых вод, рис. 4 вкладки). А ведь эти районы характеризуются самыми большими мощностями просадочных грунтов с наибольшими величинами просадочных деформаций.

На гидрогеологической карте города видно, что подтопленные районы с глубиной залегания воды до 4 м составляют уже примерно половину территории, где возможно развитие подтопления. Можно ли остановить или хотя бы замедлить этот процесс в дальнейшем? Геологические условия, влияющие на подъем уровня грунтовой воды, изменить нельзя, а вот негативное воздействие техногенных факторов, приведших к печальным последствиям, вполне можно либо ликвидировать, либо значительно уменьшить. Причины подтопления были сформулированы Ростовской гидрогеологической станцией еще 1938–1940 гг., затем детально изложены в отчете кафедры инженерной геологии РИСИ [Ананьев, 1962] и еще позже, в 1972 и 1987 гг., в специальных исследованиях треста «Ростовдонтисиз». Зная эту проблему (а городские коммунальные службы должны ее знать досконально), не трудно сформулировать необходимые мероприятия по защите города от подтопления:

- правильная планировка территории и водоствод не только в пределах районов, микрорайонов, но и вокруг отдельных зданий и сооружений;
- запрещение свалок на склонах, в оврагах и балках; расчистка уже засыпанных наиболее опасных мест;
- всеобщая борьба с потерями из водонесущих трубопроводов;

Таблица 7.1.5  
Высота и скорость подъема уровня воды в зависимости от расстояния от фронта разгрузки (центральная часть города)

Местоположение пункта наблюдений	Расстояние от зоны разгрузки, м	Годы наблюдений												Общая высота подъема уровня воды, м	Средняя скорость подъема уровня воды, м/год		
		1930-1934		1938		1946		1964		1972		1998					
		Глубина залегания воды, м	Глубина залегания воды, м	Глубина залегания воды, м	Глубина залегания воды, м	Глубина залегания воды, м	Глубина залегания воды, м	Глубина залегания воды, м	Глубина залегания воды, м	Глубина залегания воды, м	Глубина залегания воды, м	Глубина залегания воды, м	Глубина залегания воды, м			Скорость подъема, м/год	Скорость подъема, м/год
Режимная св. 8 (1938 г.), северо-восточная часть Дома Советов	150	-	11,03	-	11,03	-	Нет	Нет	Нет	11	7,7	0,50	0,02	8	3	0,12	0,12
Госбанк	250	17,5	-	8,2	0,58	-	-	-	-	-	-	-	-	6,75	0,95	0,04	0,17
Режимная св. 7 (1938 г.), ул. Социалистическая, 151, р-н м/т «Ростов»	750	-	11,35	-	6,6	4,75	0,2	Нет	6,4	Нет	Нет	Нет	3	3,4	0,12	0,14	
Гостиница «Интурист»	130	18	-	-	-	-	-	-	4,6	13,4	0,35	3	3	1,6	0,06	0,23	
Драмтеатр им. Горького	200	17,5	-	-	1,2-2,5	15	0,5	1,9-2,5	Нет	Нет	Нет	-	-	-	-	15	0,5

Таблица 7.1.6.

Высота и скорость подъема уровня воды в зависимости от расстояния от фронта разгрузки (Западный жилой район, северо-западная промзона)

Местоположение пункта наблюдения	Расстояние от зоны разгрузки, м	Годы наблюдений												Общая высота подъема уровня, м	Средняя скорость подъема уровня м/год
		1960-1964		1972		1987		1998							
		глубина залегания воды, м	глубина залегания воды, м	глубина залегания воды, м	глубина залегания воды, м	глубина залегания воды, м	глубина залегания воды, м	глубина залегания воды, м	глубина залегания воды, м	глубина залегания воды, м	глубина залегания воды, м	глубина залегания воды, м	глубина залегания воды, м		
Склон водораздела к р. Темерник, Режимная св. 41 (1987-1998)	200	25	25	Нет	Нет	23,4	1,6	0,1	19,68	3,72	0,34	5,12	0,15		
Водораздел Рабочая площ., св. 4100 (1964)	900	29,6	22,3	7,3	1,1	14,3	8	0,53	11	3,3	0,3	18,60	0,54		
Западный жилой район															
Северо-западная промзона															
Склон водораздела к р. Темерник, Режимная св. 50 (р-н балки Змеиной)	160	13	13	Нет	Нет	13,0	Нет	Нет	12	1	0,09	1	0,09		
Водораздел хлебозавод, Режимная св. 155 (1972 г.)	3000	15	9,6	5,4	0,7	5,9	3,7	0,25	2,8	3,1	0,3	12,2	0,36		
Режимная св. 62 (1987-1998)															

- восстановление существующей и строительство новой ливневой канализации во всех городских районах;
- строительство бытовой канализации в поселках, где есть водопровод;
- повышение культуры строительных работ, связанных с разрытием земли;
- расчистка и благоустройство родников;
- устройство дренажей в подтопленных районах.

Существование природного дренажа, исключаящего подтопление обширных территорий, создает определенный соблазн создания региональных дрен, имитирующих природные. Но природный дренаж имеет масштабы и по площади, и по глубине, которые невозможно осуществить искусственно. Кроме того, природный дренаж, в отличие от искусственного, с годами не теряет своей эффективности. В подтопленных районах только местный дренаж может дать эффект понижения уровня до санитарной нормы. На площадях с близким залеганием водоупора возможны радикальные меры борьбы с подтоплением путем создания совершенного дренажа для отдельных зданий или их групп.

## 7.2. Антропогенные изменения горных пород и связанные с ними геологические процессы и явления

**Изменения свойств пород под влиянием обжатия весом городской застройки.** Долгое время все здания г. Ростова-на-Дону были саманными и деревянными. Первый 2-этажный кирпичный дом-лавка построен в начале XIX в. в районе Центрального рынка. Он сохранился до настоящего времени (ул. Московская, № 52/54. К середине XIX в. Ростов оставался еще деревянным. Так, в 1836 г. из общего числа зданий 1278 только 42, или 3,2%, были каменными. Здания имели один, редко два этажа, и нагрузки на грунты основания не превышали 0,10–0,125 МПа. В конце XIX – начале XX в. центр города начал интенсивно застраиваться. Здания уже имели 3–4, редко 5 этажей. Почти все старые здания имеют ленточные фундаменты из блоков пиленого известняка-ракушечника. Ширина блоков 0,85–1,6 м. В более позднее время появляются железобетонные ленты. Действующие нагрузки на грунты основания составляют 0,12–0,15 МПа. Это позволяло при реконструкции городского центра широко практиковать надстройку зданий. Под влиянием статических нагрузок на грунты происходит их уплотнение и меняются показатели физико-механических свойств. Обжатые статической нагрузкой грунты увеличивают свою несущую способность. Угол внутреннего трения практически остается постоянным, но удельное сцепление возрастает в 1,5–2 раза. Этот процесс представляет собой антропогенную фазу эпигенеза осадочных пород). В табл. 7.2.1 приведены данные об изменении свойств лёссовидных суглинков под фундаментами 2–4-этажных зданий, надстройки которых осуществлялись проектной конторой Горжилуправления в 1970–1974 гг. Из таблицы видно, что уплотнение естественновлажных грунтов под фундаментами зданий с невысокими действующими нагрузками, в

Таблица 7.2.1  
Изменение физико-механических свойств грунтов оснований под влиянием длительного обжатия весом зданий

№	Местоположение	Характеристика объекта	Грунты основания	Глубина отбора из-под фундамента, м	Показатели свойств грунтов (числитель – обжатый грунт, знаменатель – необжатый)				Параметры сдвига				
					Плотность, г/см <sup>3</sup>	Природная влажность, %	Пористость, %	Коэффициент пористости	Степень водонасыщения	Угол внутреннего трения, град.	Удельное сцепление, МПа		
1	Пер. Комсомольский, № 5-7	Производственные здания, кирпичные, на ленточных фундаментах, построены в конце XIX – начале XX в. 2-этажные жилые дома, кирпичные, на ленточных фундаментах, построены в конце XIX – начале XX в. Лёссовидные суглинки, просадочные	Лёссовидные суглинки, просадочные	1,60	1,87/1,83	14,0/15,0	39,0/40,5	0,640/0,680	0,59/0,6	22/19	0,040/0,035		
2	27-я линия, № 3				1,0	1,84/1,73	15,0/15,0	40,5/44,0	0,682/0,793	0,59/0,51	22/22	0,029/0,018	
3	Ул. Пушкинская, № 80-82				1,70	1,62/1,60	13,0/15,0	47,0/47,9	0,887/0,916	0,40/0,44	22/21	0,030/0,018	
4	Ул. 1-я Комсомольская, № 28/23				1,7	1,71/1,69	19,0/19,0	46,9/47,2	0,883/0,894	0,58/0,58	21/21	0,020/0,014	
5	Ул. Общары, № 7				3,5	1,59/1,50	19,0/23,0	50,30/54,4	1,02/1,188	0,51/0,52			
6	Пр. Бурденковский, № 53				0,9	1,65/1,63	11,0/12,0	44,4/46,0	0,821/0,844	0,36/0,38			
7	Ул. Круглая, № 43				2	1,63/1,55	11,0/12,0	45,3/48,7	0,831/0,949	0,36/0,34			
8	Пр. Бурденковский, № 10				1,5	1,63/1,65	12,0/16,0	45,7/47,2	0,842/0,894	0,39/0,48			
9	Ул. Баумана, № 20				1,1	1,68/1,70	9,0/12,0	42,5/43,0	0,740/0,755	0,33/0,43			
10	Ул. Шаумана, № 63				0,85	1,61/1,60	18,0/21,0	49,3/60,7	0,972/1,030	0,50/0,55			
11	Завод радиоаппаратуры, ул. 2-я Комсомольская, № 4				1,8	1,85/1,87	22,0/19,0	43,5/47,9	0,769/0,922	0,78/0,56	26/25	0,023/0,012	
12	Адыгейская, № 12				1,7	1,73/1,64	15,0/15,0	43,8/46,8	0,782/0,882	0,52/0,46			
13	Стоматологическая поликлиника, ул. Пушкинская, № 211				3	1,75/1,72	18,0/17,0	45,0/45,3	0,817/0,830	0,60/0,56			
14	Детская туберкулезная больница, ул. 14-я линия, № 15				2,1	1,80/1,78	15,0/15,0	42,0/42,4	0,725/0,735	0,56/0,55			0,018/0,010

общем, незначительно и больше проявляется при увеличении степени влажности грунтов (без замачивания). Это подтверждает наше представление о прочности лёссовидных пород в условиях сохранения их природной влажности. Из 14 объектов в двух случаях (2-й и 11-й, табл. 7.2.1), где повысилось водонасыщение грунтов, произошло довольно ощутимое изменение плотности с 1,67–1,73 до 1,84–1,85 г/см<sup>3</sup>, а коэффициент пористости уменьшился с 0,793–0,922 до 0,682–0,769. Удельное сцепление грунта, зависящее от коэффициента пористости и характеризующее прочность грунта, увеличилось почти вдвое: с 0,010–0,018 до 0,023–0,028 МПа. Надстроенные 1–2-этажные старые здания имели осадки, не превышающие 3–5 см, что не сказывалось на их конструкциях.

Совсем по-другому ведут себя в основаниях фундаментов водонасыщенные лёссовидные суглинки. Осадки их увеличиваются в 5–10 раз. Показательны в этом отношении наблюдения за осадками 16-этажного жилого дома УКС Обл-исполкома по ул. Пушкинской и пер. Крепостному. Дом строился с применением скользящей опалубки на фундаментной плите  $h = 3,5$  м. Удельная нагрузка на грунты основания 0,19 МПа. Вес здания 11 000 т, площадь 24×24 м. Уровень грунтовых вод находился на глубине 4,5 м. Грунты под фундаментами – непроемчатые лёссовидные суглинки. Часть котлована длительное время была залита дождевой водой, и грунты приобрели здесь полное водонасыщение. Наблюдения за осадками при строительстве дома проводила ПСК «Главсевкав-строй». Еще в процессе строительства осадки стали протекать неравномерно. За время наблюдений с 3 марта 1973 г. по 9 декабря 1974 г. осадки марок составляли 169,7–476,1 мм. Здание накренилось в сторону ул. Пушкинской с отклонением по верху от вертикали на 0,84 м. Только наличие фундаментной плиты спасло конструкции от разрушения. Чтобы выровнять крен в основании здания, пробурено до 600 наклонных (15–30°) скважин  $d = 108$ –130 мм и длиной 4–6 и 11–13 м.

Выбранный грунт позволил выровнять осадку по всему периметру здания. Спасательные работы проводило предприятие «Элеваторспецстрой» (рис. 5 вкладки).

Но главные деформации зданий и сооружений в городе происходили и происходят вследствие **просадок лёссовидных суглинков**. Строительство на любых грунтах предполагает обязательный учет особенностей грунтов основания. Не является исключением и строительство на просадочных грунтах, которые в городе занимают не менее 80% всей площади. Проанализировав природную обстановку в местах широкого распространения деформаций, приходим к выводу, что последние возникают только в том случае, когда специфические особенности лёссовидных пород либо не учтены совсем, либо учтены не в полном объеме. Сейчас мы умеем строить адекватно свойствам грунтов, но в прошлом это было не так. Наши знания о свойствах, мощности и распространении просадочных суглинков накапливались постепенно, по мере приобретения опыта. Совершенствовались нормативные документы на изыскания, проектирование и строительство. В старом Ростове, как уже упоминалось выше, все строительство велось на ленточных фундаментах. Такие же фундаменты продолжа-

ли оставаться главными до конца 50-х – начала 60-х гг. прошлого века. Единственной защитой при строительстве было уменьшение действующих нагрузок на грунты основания, что достигалось большим заглублением фундаментов и увеличением их ширины. Даже 1–2-этажные особняки, как правило, имели глубину заложения фундаментов 1,5–2,5 м при ширине ленты 0,85–1,6 м. В восточной части старого города (Пролетарский, Первомайский районы) мощность просадочных грунтов и до общего подъема уровня грунтовых вод была относительно небольшой (8–10 м), тип грунтовых условий по просадочности – первый. Нагрузки на фундаменты были близки к начальному просадочному давлению, и большинство построек имеет удовлетворительное состояние. В более тяжелых природных условиях находится наиболее старая часть г. Ростова (исторический центр), расположенная между пр. Соколова и пер. Доломановским на водоразделе между б. Генеральной и Доном. Здесь мощность просадочных грунтов 12–17 м, тип грунтовых условий по просадочности преимущественно второй. Меры защиты от просадочных деформаций снижением давления на грунты в этих условиях уже недостаточны.

Просадки грунтов под действием собственного веса в нижней части просадочной толщи приводят к деформациям даже легких зданий. На этом участке находится самое большое число деформированных зданий старой застройки (ул. Социалистическая, Серафимовича, Темерницкая, рис. 6, 7 вкладки). Деформации при просадках основания проявляются в виде трещин в наружных и внутренних стенах. В зависимости от источника увлажнения (линейный или очаговый) и продолжительности поступления воды в грунт меняется и внешний характер трещин, и ширина их раскрытия. Трещины начинают развиваться чаще по швам кладки в наиболее ослабленных сечениях стен (оконные проемы) и распространяются по этажам здания вплоть до подошвы фундамента. До полного разрушения зданий в Ростове дело обычно не доходит, но деформации бывают значительные. Примером могут служить два наиболее старых здания города: Центральный почтамт и Госбанк.

Здание Госбанка построено в 1910 г. на просадочных суглинках. Уровень грунтовых вод находился на глубине 17,5 м. Тип грунтовых условий по просадочности – второй (предположительно). Наблюдения за осадками здания банка проводил институт «Ростоблпроект» в 1933–1946 гг. Наблюдениями установлено, что осадки протекали под влиянием двух факторов: эпизодического замачивания грунтов сверху (1931 г.) и систематического подъема уровня грунтовых вод в просадочную толщу основания. Наибольшие осадки за год имели место в центральной части здания (1,62 см) и в крыле его по ул. Энгельса (1,87 см). К 1946 г. осадка отдельных марок достигала 56 см. До конца 1946 г. подъем уровня воды имел скорость 0,58 м в год, а затем, после капитального ремонта и замены всех водопроводящих труб, скорость подъема упала до 0,02–0,04 м в год. Но осадки здания продолжались. В 1981 и 1986 гг. установлены новые стенные репера (марки) и проведен годичный цикл наблюдений. Стенной репер, установленный в юго-западном углу здания, за период 1981 по 1986 г. дал



осадку 70 мм. В настоящее время (2005 г.) здание Госбанка продолжает деформироваться.

Центральный почтамт по пер. Соборному, 24, построен во второй половине XIX столетия на месте старого кладбища, показанного на плане города 1872 г.

Фундаменты ленточные, на участках слабых грунтов уширенные или укрепленные подводкой на сваях Штрауса. Грунтовые воды в лёссовидных суглинках отсутствовали. Тип грунтовых условий по просадочности – второй.

Замачивание и просадки грунтов вызваны порывами водопровода и канализации по ул. Книжной (Серафимовича) и Социалистической. Пути распространения замачивания и очагами аккумуляции влаги под зданием послужили насыпные и нарушенные грунты старого кладбища. Величина просадки основания, по данным нивелировок цоколя здания (Ростоблпроект, 1948 г.), составила по улицам: Социалистической – 27–56 см, Книжной – 16–42 см, Соборному – 29–54 см. Со стороны двора просадка была равна 11–23 см (рис. 7.1). В результате неравномерных осадок фундаментов в стенах Почтамта возникли многочисленные трещины, уходящие в подвальной части здания. По ул. Социалистической, в месте наибольших проявлений просадок, фундамент был рассечен трещиной шириной 5–6 см и нижний деформированный карниз его имел криволинейное очертание. Утечки воды были устранены. После ремонта здание взято на стяжки. В 1974–1975 гг. Почтамт полностью реконструирован. Грунты основания закреплены силикатизацией, но в 1985–1987 гг. стабилизация грунтов была вновь нарушена. В здании появились трещины не только на старых деформированных участках, но и на новых. Здание продолжает деформироваться (рис. 8 вкладки).

В этом районе и в таких же условиях находятся 4-этажное здание городской Думы и дом Бруевича (магазин «Океан»), построенные в середине XIX в. Эти здания прекрасно сохранились. Изучение фундаментов и лёссовидных суглинков под ними показывает, что грунты на протяжении своей долгой истории не подвергались ни систематическому, ни залповому замачиванию сверху. Сохранена их природная влажность и высокая пористость. Этот феномен может быть объяснен только особым статусом этих зданий, которые являются охраняемыми памятниками истории и архитектуры. Водонесущие трубопроводы здесь находятся под систематическим строгим контролем, исключаям утечки.

На площадях развития II типа грунтовых условий по просадочности до 60-х гг. прошлого века построены на ленточных фундаментах корпуса городской больницы скорой помощи № 1 (ул. Текучева, пр. Ворошиловский), дома по ул. Филимоновской в районе больницы, корпуса Донского государственного технического университета, 5-этажные дома по ул. Мечникова, здания Научно-исследовательского института акушерства и педиатрии. Все эти здания имеют деформации. Особенно сильно были деформированы 2-этажные корпуса БСМП-1. Некоторые из них имели деформированы 2-этажные корпуса шириной 3–5 см. Сделанный ремонт не дает гарантии прекращения деформации, поскольку не ликвидирована просадочность грунтов основания.

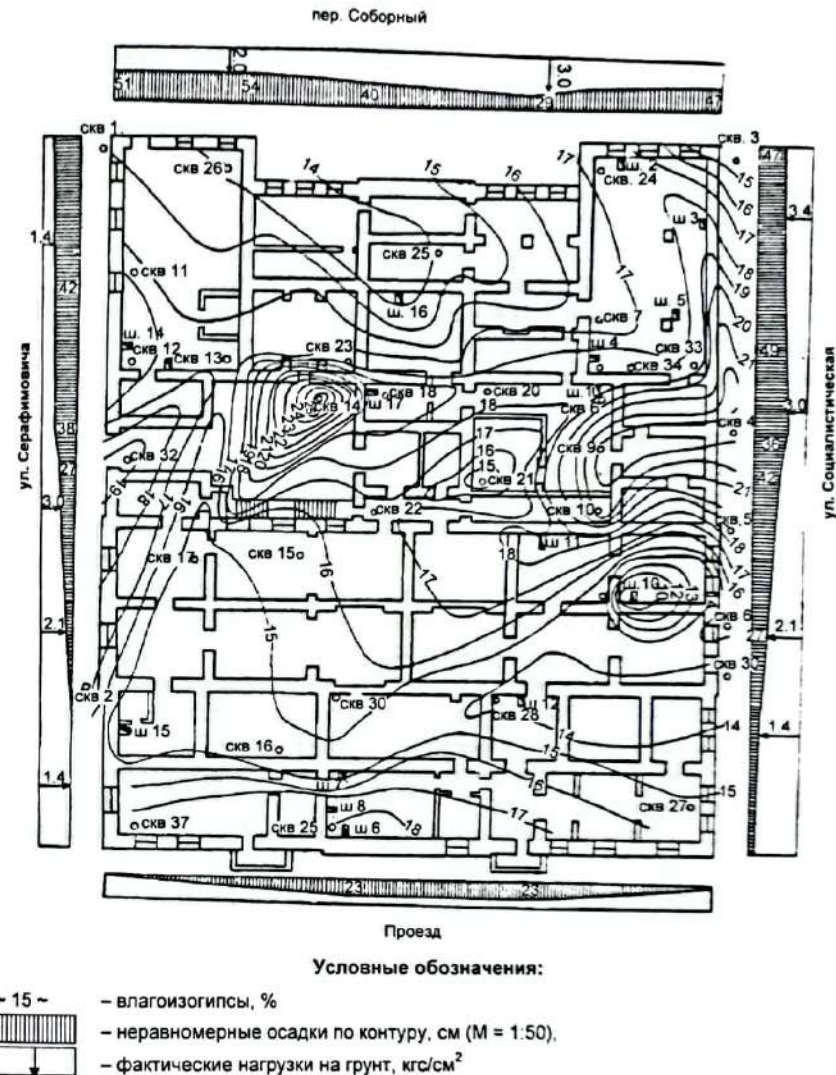


Рис. 7.1. План фундамента здания Почтамта

Нормативными документами, регламентирующими строительство на просадочных грунтах, в эти годы учитывались деформации грунтов основания только в «активной зоне», т.е. до глубины влияния нагрузки от проектируемых сооружений. По величине просадок в этой зоне лёссовидные просадочные грунты разделялись на три категории: I категория – до 5 см), II категория – 5–50 см, III категория – более 50 см. О необходимости учета просадочных дефор-

маций под действием собственного веса грунта в нижней части просадочной толщи впервые было заявлено в СНиП II.Б.2.-62, и сформулировано понятие о втором типе грунтовых условий по просадочности. Застройка Западного жилого района осуществлялась уже при действии этих нормативов. Тем не менее и здесь не были полностью учтены просадочные свойства грунтов. При втором типе грунтовых условий и мощности просадочных грунтов 12–18 м большинство зданий было поставлено на ленточные фундаменты и короткие (5–7 м) сваи, не прорезающие полностью просадочную толщу. Замачивание грунтов сверху и подъем уровня грунтовых вод, который здесь происходил со скоростью 0,5–1 м в год, вызвали деформации зданий, расположенных на высокой части водораздела с наибольшей мощностью просадочных грунтов (пр. Стачки, 190/1, 199/3, 205, 215, 215/2, 217, 219, 229 и др.). Наиболее деформированы были 5-этажный крупнопанельный дом по ул. Тружеников, 4, во II МКР и кирпичный 5-секционный жилой дом по пр. Стачки, 199/3, в IV микрорайоне. Здесь деформации были настолько значительными, что состояние домов признано аварийным с отселением жильцов для полного капитального ремонта. В Западном жилом районе и в начале 1970-х гг. местами продолжалось строительство на ленточных фундаментах при втором типе грунтовых условий, что неизбежно приводило к деформациям зданий. Показательны в этом отношении большие разрушения в 5-этажном доме по ул. Портовой, 80/2, и школе № 77. Состояние этих зданий было аварийным и требовало восстановительных работ в большом объеме.

При многообразии природных условий Ростова найденные на каком-то этапе удачные проектные решения в одних случаях были адекватными, а в других – недостаточными. На участках развития первого типа грунтовых условий по просадочности, даже при подтоплении грунтовыми водами, вполне оправдали себя фундаменты мелкого заложения (ленточные, столбчатые, плитные), часто комбинируемые с методами преобразования грунтов под фундаментами в верхней части геологического разреза (грунтовая подушка, уплотнение тяжелыми трамбовками).

Большая мощность просадочных грунтов и второй тип грунтовых условий требуют других, более сложных проектных решений. Ростовский «Промстрой-НИИпроект» в 1987 г. проводил работы по теме: «Исследование динамики осадок и несущей способности оснований зданий и сооружений, в том числе имеющих сверхнормативные осадки, на лёссовых просадочных грунтах в условиях подтопления и разработка предложений по выбору оптимальных решений по усилению оснований». Для второго типа грунтовых условий по просадочности были рекомендованы следующие виды фундаментов с полной прорезкой просадочных грунтов:

- сваи составные забивные;
- сваи составные забивные с поворотом верхнего звена;
- сваи забивные с опорным слоем из закрепленного грунта;
- буронабивные сваи;
- элементы повышенной жесткости для армирования всей просадочной толщи.

Нужно отметить, что в настоящее время большую популярность приобрели разработанные НИИОСП фундаменты из элементов повышенной жесткости, которые в условиях плотной городской застройки являются особенно эффективными.

Необходимо упомянуть еще об одном взгляде на эту проблему. Странники его видят дальнейшие перспективы строительства не в поисках наиболее оптимальных методов ликвидации просадочности, а, наоборот, в сохранении исходной природной влажности просадочных грунтов, являющихся в том виде, в каком их создала природа, отличным основанием для возводимых зданий. Это, конечно, очень заманчиво (помните здание городской Думы?), но романтики от инженерной геологии забывают о непрерывности и неуклонности протекания экзогенных геологических процессов, формирующих лицо любой территории, даже той, которой не касалась рука человека. Что же говорить о селитебных зонах, где и природные, и техногенные процессы так тесно переплелись, что говорить о неизменности чего-то просто нереально.

В последние годы в районах, где уровень грунтовых вод в лёссовидных суглинках поднялся до подошвы фундаментов, отмечается новая волна деформаций, которая уже не связана с просадками грунтов. Находясь в зоне колебания уровня грунтовых вод, ленточные фундаменты периодически испытывают всплытие при сезонном подъеме уровня и опускание при гидростатическом обжатии грунтов в период годового минимума. Такие «раскачивания» фундаментов, по мнению автора, и приводят к деформации зданий.

### 7.3. Оползни

Оползни на территории селитебных зон по своему генезису, как правило, относятся либо к антропогенным, либо к природно-антропогенным геологическим процессам. Оползни на территории г. Ростова-на-Дону по механизму оползневого процесса разделяются на вязко-пластические (оползни-потоки) и срезающие оползни-сдвиги. Кроме того, на крутых склонах, сложенных однородными лёссовидными суглинками, иногда возникают специфические нарушения устойчивости склона – обвалы.

#### 7.3.1. Вязко-пластические оползни

Могут развиваться на любых крутых склонах в насыпных и делювиальных грунтах при условии  $\alpha > \varphi$ , где  $\alpha$  – угол склона, а  $\varphi$  – угол внутреннего трения пород. При водонасыщении и снижении угла внутреннего трения ( $\varphi$ ) смещение происходит в виде вязкого или вязко-пластического течения. При сползании большой массы насыпи она может захватывать верхнюю часть склоновых пород. Такие оползни по своему генезису целиком относятся к антропогенным, т.е. связанным с изменением природных условий при различных видах инженерно-хозяйственной деятельности человека. Большой оползень такого вида произошел в 1990-х гг. в верховье оврага на донском склоне в районе ст. Кизитеринка. Верховье оврага длительное время беспорядочно засыпалось отхо-

дами литейного производства (формовочные пески) и грунтовыми отвалами (суглинки, глины). Как в любой свалке, здесь присутствовали и бытовые отходы. До засыпки овраг был местом быстрого естественного сброса атмосферных осадков. Но и после засыпки оврага поверхностная вода «по-привычке» устремлялась к своей дрене. Несмотря на подпор, вода значительно медленнее, но все же проникала через рыхлую насыпь, водонасыщая ее. Наступил наконец момент, когда искусственные грунты, потеряв устойчивость, потекли по крутым бортам оврага, увлекая за собой построенные на них гаражи. Такой же оползень, но значительно меньшего объема, произошел в конце 1980-х гг. на донском склоне в районе пер. Газетного и ул. Донской. Сползла насыпь с поставленной на ней жилой пристройкой, прихватив с собой склоновый делювий и частично подстилающие сарматские глины. Насыпь постепенно насыщалась разгружающейся на склоне подземной водой. Небольшие оползневые подвижки происходят в пос. Александровка в средней части склона: сползают (текут) подсыпанные огороды на приусадебных участках.

### 7.3.2. Срезающие оползни сдвига

По генезису относятся к природно-антропогенным явлениям. Развитию срезающих оползней сдвига способствуют следующие основные природные и техногенные факторы:

- крутизна склона: чем выше уступ, тем больше разница давлений у его основания и опасность возникновения в грунтах деформаций сдвига, приводящая к выдавливанию пород, развитию плоскостей скольжения и трещин отрыва вверх по склону;
- наличие в геологическом разрезе высокодисперсных пластичных глин, в которых развиваются плоскости скольжения (скифские и сарматские глины);
- выклинивание подземных и грунтовых вод на склоне, на контакте с потенциальными плоскостями скольжения;
- обводнение пород, слагающих склон;
- нагрузка склона насыпными грунтами;

В Ростове из срезающих оползней сдвига известны:

- оползни лёссовидных суглинков по скифским глинам;
- оползни лёссовидных суглинков по сарматским глинам;
- оползни мезотических и сарматских известняков с залегающими на них породами по сарматским глинам.

Срезающие оползни сдвига возникают на склонах, где глины, по которым происходит смещение, находятся гипсометрически выше базиса эрозии, куда сползают породы. Чем выше по отметкам положение потенциальных плоскостей скольжения, тем неустойчивее склон.

#### 7.3.2.1. Оползни суглинков по скифским глинам

Происходят на крутых участках берегового донского уступа, на правых крутых склонах р. Темерник и б. Кизитеринки. Головная часть оползня обычно при-

урочена к местам близкого залегания глин к дневной поверхности, к абсолютным отметкам склона 28–30 м. Крупный оползень лёссовидных суглинков по скифским глинам произошел в 1967 г. в верховье б. Климова (ул. Профсоюзная). На рис. 7.2 хорошо видны ступень срыва высотой до 6 м и тело оползня, имеющее размеры в плане 150×100 м. На мемориале «Змеевая балка» небольшой оползень суглинков по красно-бурым глинам произошел в 1977 г.; оползень на береговом спуске пр. Ворошиловского произошел при строительстве автодорожного моста – оползли суглинки по красно-бурым глинам при подрезе и пригрузке склона. Оползневые подвижки суглинков по красно-бурым глинам широко известны в пос. Александровка в районе ж/д ст. Кизитеринка. Береговой склон здесь имеет типичный оползневый рельеф. Контуры старых оползней хорошо видны даже без топографической съемки. Активизация оползней произошла в 1996–1997 гг. в связи с обводнением склона при подъеме уровня грунтовых вод, который в пределах города имеет здесь самую большую высоту.

#### 7.3.2.2. Оползни суглинков по сарматским глинам

Происходят в нижних частях склонов (на абсолютных отметках от 3–4 до 10–12 м), где сарматские глины выходят под делювиальный суглинковый покров.

Наиболее крупный оползень этого вида произошел в 1958 г. в районе ж/д ст. Красный Аксай, в левом борту б. Кизитеринки. Здесь насыпь железной дороги Москва–Ростов перегородила обширный древний оползень, отделив его от тальвега балки, куда свободно стекала атмосферная и грунтовая вода. Переувлажненные лёссовидные суглинки сместились по плоскости сарматских глин, образовав новый обширный оползневый цирк. Размеры его в плане 300×150 м, ступень срыва до 15–18 м. Дренажные прорезы под насыпью дороги, обеспечивающие выпуск атмосферных и грунтовых вод в балку, стабилизировали обстановку.

В результате нарушения поверхностного стока и пригрузки склона насыпью автодороги по ул. Локомотивной (левый берег б. Темерник) в 1975 г. активизировался старый оползень суглинков по сарматским глинам. Оползень подобного вида имел место по правому берегу Темерника при строительстве дороги у памятника Стачке 1902 г. Перегруженный насыпью откос, вместе с подстилающими лёссовидными суглинками, сполз по сарматским глинам. Ступень срыва оползня – до 20 м.

#### 7.3.2.3. Оползни мезотических и сарматских известняков и глин по сарматским глинам

Наиболее известны в пределах города на уступе плиоценовой террасы. Эти оползни имели место и в геологическом прошлом, когда Дон подмывал высокий берег и естественные контрфорсы сползших пород размывались рекой. В пойменном аллювии при бурении встречаются крупные глыбы сарматских известняков и перемятые пласты сарматских глин. Сползшие и запрокинутые пачки известняков и глин наблюдаются и вдоль современного подножья донского



Рис. 7.2. Оползень суглинков по скифским глинам по ул. Профсоюзной, на б. Климова

уступа. Особенно активно оползневые процессы в сарматских известняках протекали и протекают в пос. Александровка, вдоль железнодорожного полотна. С этими оползнями борьба ведется с дореволюционного времени.

К известнякам приурочен региональный водоносный горизонт. В крутых береговых обрывах происходит разгрузка подземных вод в виде мощных родников, таких как Богатый, Гремучий, а также более мелких ключей и высачиваний вдоль выхода известняков на дневную поверхность. Под пачкой известняков на сарматских глинах залегает пласт мелких водонасыщенных песков мощностью 1–2 м. Выветривание известняков, их трещиноватость, суффозионный вынос частиц песка из подстилающего слоя приводят к откалыванию пачек известняка, их оседанию и сползанию. При этом обрушиваются породы, залегающие сверху (насыпь, суглинки, иногда скифские глины и хапровские пески), и захватываются нижележащие сарматские глины, в которых образуются идеальные плоскости скольжения. Как показывают визуальные наблюдения и результаты бурения на оползневых склонах («Ростовдонгисиз» 1996–1997 гг.), захват пород вглубь берега незначительный, изменяется от 3–5 до 10–12 м, поскольку интенсивному выветриванию подвергаются присклонные участки пласта известняков, где они либо выходят на дневную поверхность, либо прикрыты небольшим слоем пород. Примеры оползания известняков в настоящее время известны практически на всем протяжении донского берега от б. Кобяковской до б. Рябинина и далее до самого Таганрога на абсолютных отметках от 9–16 до 25–30 м. Исключение составляет часть склона от пер. Соборного до устья Темерника, где известняки размыты (третья надпойменная терраса Темерника).

Древние и современные оползни сарматских известняков известны и по правому крутому склону Темерника. При бурении на трассе метрополитена в районе ул. Вагулевской и пер. Вагонного на абсолютных отметках 16–24 м вскрыто мощное тело древнего оползня, которое в рельефе выражено как выположенный выступ склона. Подошва оползневых масс опускается под современные пойменные отложения реки до абсолютных отметок минус 6 м. Размеры оползня в плане – 150×250 м. Породы оползневых масс представляют собой беспорядочно перемешанные суглинки, красно-бурые глины, пачки известняков и черных сарматских глин. Это свидетельствует о том, что оползание пород происходило в два этапа и по времени относится к позднему плейстоцену, когда базисом эрозии служила поверхность верхнечетвертичной поймы Темерника. Верхняя часть древнего оползневого тела, для которого базисом теперь является современная пойма, может активизироваться при нарушении поверхностного и подземного стока. Выше по течению реки на правом склоне в выемке железной дороги на 757-м км пути еще в довоенное время имел место крупный оползень известняков по сарматским глинам. Оползень вызван подпором подземных вод и был стабилизирован дренажными галереями, пройденными через тело, с выпуском воды в Темерник. По результатам обследования этой ветки железной дороги в 2000 г. установлено, что весь участок склона от Ботанического сада до б. Змеевой находится в предельном равновесии. Рельеф склона бугристый, носит следы оползневых смещений. Языки оползневых масс по-

дошли вплотную к железнодорожным путям, и вода, собирающаяся в них со всего вышележащего склона, высачивается и заливают железнодорожное полотно. Имеются признаки деформации путей [Приваленко, Безуглова, 2003].

Проанализировав все виды оползней на территории г. Ростова-на-Дону, можно сформулировать главные техногенные факторы, приводящие к этим неблагоприятным геологическим процессам:

- подпор подземных и грунтовых вод;
- неорганизованный сброс поверхностных и бытовых вод;
- свалки бытового, строительного мусора и промышленных отходов;
- подрезка и пригрузка склона без комплекса необходимых противооползневых мероприятий.

В этой связи полезно вспомнить опыт наших недавних предков. В старом Ростове строительство в нижней части склона (ул. Береговая) обязательно сопровождалось возведением капитальных подпорных стенок с застенным дренажем: завод «Красный моряк» (новое название), холодильник рыбозавода, склады купца Парамонова. Эти подпорные стенки до сих пор выполняют свои функции. При обследовании фундаментов купеческих складских помещений (институт «Гипропищепром») выяснено, что последние выполнены из толстых дубовых пластин, сложенных в клеть. Такой фундамент не подпирал ни подземные, ни грунтовые воды, свободно проходившие со склона через окна в клеть. Метод свободных пропусков воды через фундамент был, по-видимому, в обычае старых строителей. Подтверждением может служить следующий пример: при ремонте здания филармонии (бывший купеческий клуб с банями, ул. Б. Садовая, 170) были заделаны «дыры» в старых, но еще крепких фундаментах, после чего началось быстрое подтопление подвалов филармонии!

В настоящее время береговой склон начал застраиваться высотными зданиями, но не всегда при этом он укреплялся подпорными стенками. Если проектирование объектов ведется местными проектными организациями, знающими специфику природных условий Ростова, то подпорные стенки обязательно сопровождают строительство (новое здание ПромстройНИИпроекта, ресторан «Балканы»). Сторонние же организации полагаются на расчет устойчивости склона, и при  $K_u > 1$  подпорные стенки носят лишь косметический характер. Примером может служить 10-этажное здание, построенное на ул. Донской, 24, на бровке берегового уступа между пр. Семашко и пер. Газетным по проекту АПСНИК «Город». Здесь нет подпорной стенки, укрепляющей склон. Склон же находится в напряженном состоянии. В его средней части в насыпи и делювии, лежащих на сарматских глинах, еще в начале 1990-х гг. были зафиксированы оползневые трещины; внизу, во дворе дома по ул. Береговой, 27а, примитивная подпорная стенка уже деформирована выпирающим грунтом.

Что же касается расчета устойчивости склона, то об этом следует говорить особо. Здесь автор не вступает в спор с нормативными документами, а высказывает собственное мнение. Склон с благоприятным для развития оползней геологическим строением, на котором время от времени возникают оползни, является оползнеопасным. Расчет устойчивости такого склона ненужен и даже

вреден. Положительный коэффициент устойчивости лишь усыпляет бдительность. Предположим, что удалось очень точно определить количественные параметры для расчета устойчивости и получен  $K_u > 1$ . На оползнеопасном склоне этот расчет характеризует устойчивость склона лишь на определенный момент времени и не гарантирует его в будущем. Напряжение в породах накапливается постепенно, и может пройти немало времени, пока «последняя капля» не приведет к быстрому, стремительному сползанию пород. На оползнеопасных склонах инженерно-геологические изыскания под объекты должны осуществляться одновременно с изысканиями для проектирования противооползневых сооружений. Не следует тратить ни средства, ни время для расчета устойчивости склона. Строительство на таких склонах возможно только с комплексом противооползневых мероприятий, независимо от значения коэффициента устойчивости на данный момент времени.

Есть еще один аспект в устойчивости склонов, на который следует обратить внимание геологов и проектировщиков. На неоползнеопасных склонах, сложенных однородными лёссовидными породами (уступы надпойменных террас, стенки карьеров и глубоких котлованов, крутые борта оврагов при отсутствии глин, по которым могут происходить срезающие оползни сдвига), необходим расчет устойчивости, который выполняется по методу профессора Н.Н. Маслова. Определяется профиль устойчивого равновесия склона, т.е. рассчитывается ширина призмы обрушения, за пределами которой склон устойчив.

Критическая крутизна склона и ширина призмы обрушения при определенной высоте уступа могут быть рассчитаны и по графику А.М. Демина (1965) или по графику Г.Л. Фисенко (1973).

Эти графики можно найти в «Рекомендациях по количественной оценке устойчивости оползневых склонов» ПНИИИС ГОССТРОЯ СССР (М., 1984).

На карте отрицательных геологических процессов и явлений (рис. 9 вкладки), кроме описанных в этой главе, отражены оврагообразование, заболачивание, антропогенный литогенез. Более мелкие, локальные процессы и явления, приводящие к изменению природной геологической среды (см. табл. 7.1) и влияющие на инженерно-геологическую оценку участков строительства, должны также рассматриваться в технических отчетах по инженерно-геологическим изысканиям. Например, выветривание грунтов в строительных котлованах, набухание и усадка глинистых грунтов, тиксотропное разупрочнение при динамических нагрузках и т.д.

## ПОСЛЕСЛОВИЕ

Итак, мы с вами познакомились с инженерно-геологическими условиями города и увидели много интересного. Город имеет собственное инженерно-геологическое «лицо».

Изыскатели сталкиваются с самыми разными инженерно-геологическими задачами, решение которых зависит от их опыта и добротных знаний геологической среды своего обитания.

Хочу предостеречь от распространенного мнения, которого придерживаются даже опытные геологи. Они считают, что для инженерно-геологической оценки пород не имеет значения ни возраст, ни генезис, достаточно изучить их физико-механические характеристики. Это заблуждение!

Интерпретация исходных полевых и лабораторных данных, их критический анализ тесно связаны с геологической основой. Пренебрежение возрастом и генезисом пород нередко влечет за собой их ошибочную инженерно-геологическую оценку. Не надеясь на внимание уже сложившихся специалистов, обращаюсь к молодым инженерам-геологам.

Дорогие коллеги! Свой путь в инженерной геологии начинайте с внимательного изучения геологии. Только твердые знания геологического строения территории, на которой вы работаете, дадут вам свободу профессионального мышления, уверенность в себе и избавят от непростительных ошибок.

Инженерная геология – это прежде всего геология, которая изучается с позиции пригодности пород как основания возводимых зданий и сооружений.

Избегайте шаблонов, каждый объект рассматривайте как новую интересную задачу, от правильного решения которой зависит успех проектирования и строительства.

Если вы последуете этому совету, поверьте мне, вас ожидает интересная жизнь с любимой работой.

*К.А. Меркулова*

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Абелев Ю.М.** Явление просадки и ее закономерности для макропористых глинистых грунтов // Вопросы строительства на макропористых просадочных грунтах: Сб. НИОСП. М., 1959. № 37.
2. **Ананьев В.П.** Исследование причин подъема уровня грунтовых вод на территории г. Ростова-на-Дону: Рукопись // РИСИ, 1962.
3. **Ананьев В.П.** Лёссовидная толща территории г. Ростова-на-Дону // Строительство сооружений на лёссовых породах: Труды проблемной лаборатории РИСИ. Вып. 1. Воронеж, 1961.
4. **Ананьев В.П.** Минералогия лёссовых отложений юго-востока Русской платформы и Предкавказья в связи с их инженерно-геологической характеристикой: Дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. М., 1964.
5. **Балаев Л.Г.** О подразделении отложений лёссовой формации на лёссы и лёссовидные породы / ПНИИС // Проблемы инженерной геологии Северного Кавказа. Ставрополь, 1973. Вып. 4.
6. **Богачев В.В.** Краткий геологический очерк Ростовского округа. Ростов н/Д, 1914.
7. **Водяницкая Е.И.** Объяснительная записка к сводной гидрогеологической карте г. Ростова-на-Дону: Рукопись // Фонды ВДТГУ, 1946.
8. **Воляник В.Е.** Исследование лёссовидных суглинков г. Ростова-на-Дону как оснований для фундаментов зданий: Дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Ростов н/Д, 1953.
9. Геология СССР. Т. 46. Ростовская, Волгоградская, Астраханская области и Калмыцкая АССР. М., 1970.
10. **Герасимов И.П.** К вопросу о генезисе лёссов и лёссовидных отложений // Изв. АН СССР. Сер. География и геофизика. 1939. № 1.
11. **Герасимов И.П., Марков К.И.** Ледниковый период на территории СССР // Труды института географии. М.; Л., 1939. Вып. 33.
12. Гидрогеология СССР. Т. 28. Нижний Дон и Северо-Восточное Приазовье. М., 1972.
13. **Горецкий Г.И.** О великих пра-реках антропогена Русской равнины // Материалы Всесоюзного совещания по изучению четвертичного периода. М., 1961. Т. 1.
14. **Горецкий Г.И.** О соотношении морских и континентальных осадков Приазовья, Приманычья и Нижнего Придонья // Труды КИПЧ, АН СССР. 1957. Т. 13.
15. **Демин Г.Л.** Устойчивость бортов карьеров и отвалов. М., 1965.
16. **Денисов Н.Я.** Физическая сущность деформации лёссовых грунтов при увлажнении // Вопросы исследований проектирования и строительства зда-

- ний и сооружений на лёссовых грунтах Северного Кавказа: Материалы территориального совещания. Ростов н/Д, 1966.
17. **Егоров А.И., Емельянова Е.П., Русаков Б.Д., Попов Г.И.** Константин Иванович Лисицын. М., 1982.
  18. **Елагин С.И.** История русского флота. Период Азовский. СПб., 1864. Ч. 1.
  19. **Заленский В.М.** Отчет об изучении морфолого-генетических типов грунтов г. Ростова-на-Дону, г. Таганрога и г. Шахт: Рукопись // Фонды ВДТГУ, 1939.
  20. **Зурнаджи В.А., Дежин Ю.В.** Крупнопанельные дома на коротких сваях в просадочных грунтах г. Ростова-на-Дону // Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура. 1965.
  21. **Комаров И.С.** Накопление и обработка информации при инженерно-геологических исследованиях. М., 1972.
  22. **Котлов Ф.В.** Геологические процессы и явления на территории городов и их влияние на градостроительство. М., 1973.
  23. **Котлов Ф.В.** Изменение природных условий на территории Москвы. М., 1962.
  24. **Котлов Ф.В.** Классификация инженерно-геологических процессов и явлений // Материалы к научно-технической конференции по инженерным изысканиям. М., 1967.
  25. **Кригер Н.И.** Просадочные свойства лёсса и лёссовидных пород как зональное географическое явление // Доклады АН СССР. 1967. Т. 17. № 1.
  26. **Кулишов В.И.** В низовьях Дона. М., 1987.
  27. **Курдюмов В.И.** Краткий курс оснований и фундаментов. СПб., 1897.
  28. **Ларионов А.К., Приклонский В.А., Ананьев В.П.** Лёссовые породы и их строительные свойства. М., 1959.
  29. **Лунин Б.В.** Очерки истории Подонья-Приазовья. Ростов н/Д, 1949. Кн. 1.
  30. **Меркулова К.А.** Анализ и оценка инженерно-геологических условий г. Ростова-на-Дону и их изменений в связи с хозяйственной деятельностью человека: Дис. ... канд. геол.-минерал. наук. М., 1976.
  31. **Меркулова К.А.** Изменение гидрогеологических условий г. Ростова-на-Дону под влиянием хозяйственной деятельности человека // Вопросы исследований лёссовых грунтов, оснований и фундаментов: Межвузовский сборник. Ростов н/Д, 1978.
  32. **Меркулова К.А.** Инженерно-геологические условия г. Ростова-на-Дону: Справочное пособие: Рукопись. Ростов н/Д, 1998.
  33. **Меркулова К.А.** К вопросу о крупномасштабном инженерно-геологическом картировании г. Ростова-на-Дону // Проблемы инженерной геологии Северного Кавказа. Ставрополь, 1973. Вып. 4.
  34. **Меркулова К.А.** К вопросу о прогнозе изменения гидрогеологических условий территории г. Ростова-на-Дону // Инженерно-строительные изыскания. М., 1974.

35. **Меркулова К.А.** Методика крупномасштабного картирования городских территорий (на примере г. Ростова-на-Дону) // Инженерно-геологические проблемы градостроительства. М., 1971.
36. **Меркулова К.А.** О подъеме уровня грунтовых вод в г. Ростове-на-Дону // Инженерные изыскания в строительстве. Защита застроенных территорий от подтопления. Киев, 1972.
37. **Меркулова К.А.** Стратиграфия лёссовых пород г. Ростова-на-Дону // Труды межвузовской конференции по строительству на лёссовых грунтах. М., 1973.
38. **Меркулова К.А.** Учет, систематизация и обобщение материалов инженерно-геологических изысканий в Ростовском отделении «Севкавтисиз» // Информационный бюллетень центрального треста инженерно-геологических изысканий. М., 1970.
39. **Меркулова К.А., Ананьев В.П., Мозговой О.И.** О грунтовых водах лёссовых толщ г. Ростова-на-Дону // Строительные конструкции и механика. Ростов н/Д, 1971.
40. **Меркулова К.А., Ходня В.В., Никитина Н.Н.** К вопросу определения типа грунтовых условий по просадочности // Инженерные изыскания в строительстве. М., 1981.
41. **Передельский Л.В.** Влияние гидрофильных глинистых минералов на набухание и усадку лёссовых пород // Лёссовые породы как основания зданий и сооружений. Ростов н/Д: РГУ, 1976.
42. **Петров П.М.** Геологическое описание планшетов L-37-32-A и Б // Фонды ВДТГУ. Ростов н/Д, 1940.
43. **Попов Г.И.** О возрасте и генезисе скифских глин юга Европейской части СССР // Труды Новочеркасского политехнического института. Новочеркасск, 1948. Т. 27.
44. **Попов Г.И.** Плейстоцен черноморско-каспийских проливов. М., 1983.
45. **Попов Г.И.** Четвертичные и континентальные плиоценовые отложения Нижнего Дона и Северо-Восточного Приазовья // Материалы по геологии и полезным ископаемым Азово-Черноморья. М., 1947. Сб. 22.
46. **Попов Г.И., Грищенко М.И., Деев Ю.О., Терещенко Н.П.** К сводной стратиграфо-генетической схеме четвертичных отложений бассейнов рек Дона и Нижней Волги // Геология и минеральные ресурсы территории Нижнего Дона и Нижнего Поволжья. Ростов н/Д, 1964.
47. **Попов И.В.** Значение учения о формациях для инженерной геологии (хроника) // Известия АН СССР. Сер. Геологическая. 1956. Вып. 3.
48. **Приваленко В.В., Безуглова О.С.** Экологические проблемы антропогенных ландшафтов Ростовской области. Т. 1. Экология города Ростова н/Д. Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2003.
49. **Приклонский В.А.** Грунтоведение. М., 1952. Ч. 2.
50. **Ралль Ю.М.** Донские степи. Ростов н/Д, 1946.

51. Самохин А.Ф. Дон и его притоки. Ростов н/Д, 1948.
52. Статистическое описание Земли Войска Донского. СПб., 1862.
53. Фисенко А.М. Устойчивость открытых горных выработок и отвалов. М., 1973.
54. Шамрай И.А. Минералогический состав лёссовидных пород Нижнего Дона и Северного Предкавказья как показатель их золотого происхождения // Ученые записки РГУ. 1955. Т. 38. Вып. 6.
55. Шамрай И.А., Кохановский И.И., Коптелова С.Н. Минералогические и структурно-петрографические провинции лёссовидных пород Нижнего Дона, Южных Ергеней и Северного Предкавказья // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. М., 1965. № 30.
56. Швецов С.Д. В старом Ростове. Ростов н/Д, 1970.
57. Архивные материалы треста «Ростовдонтисиз» и других изыскательских организаций по инженерно-геологическим изысканиям на территории г. Ростова-на-Дону за 1938–2005 гг.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
<b>1. КРАТКИЙ ОБЗОР ИСТОРИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ</b> .....	5
<b>2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ</b> .....	8
2.1. Рельеф .....	8
2.2. Гидрография .....	12
<b>3. ГЕОМОРФОЛОГИЯ</b> .....	14
3.1. Понтическое плато .....	14
3.2. Террасы Дона .....	14
3.3. Террасы р. Темерник .....	15
<b>4. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ</b> .....	18
4.1. Неогеновая система (N1-2) .....	18
4.1.1. Сарматский горизонт N1S1-3 .....	18
4.1.2. Мэотический горизонт N1m .....	23
4.1.3. Понтический горизонт N1рп .....	23
4.1.4. Хапровская свита N2hp .....	24
4.2. Четвертичная система .....	24
4.2.1. Эоплейстоцен QE .....	25
4.2.1.1. Скифские глины saQEsk2 .....	25
4.2.2. Неоплейстоцен (QI-III) .....	26
4.2.2.1. Лёссовые породы (LQ1-III) .....	26
4.2.2.2. Аллювиальные отложения неоплейстоцена (aQII-III) .....	33
4.2.3. Голоцен (QIV) .....	36
4.2.3.1. Пойменная терраса реки Дон (высокий и низкий уровень tQIV, aQIV) .....	36
4.2.3.2. Аллювиальные отложения пойменной террасы р. Темерник (aQIV) .....	37
4.2.3.3. Аллювиальные и аллювиально-делювиальные отложения пойменной террасы балок (a,adQIV) .....	37
4.2.3.4. Техногенные отложения (tQIV) .....	38
<b>5. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ</b> .....	42
5.1. Подземные воды неогеновых отложений (сармат, мэотис, понт миоцена и хапровские слои плиоцена) .....	42
5.1.1. Нижнесарматский водоносный горизонт .....	42
5.1.2. Водоносный горизонт в среднесарматских темноцветных сланцеватых глинах .....	42
5.1.3. Верхний водоносный горизонт сармата .....	42
5.1.4. Подземные воды, содержащиеся в трещиноватых, кавернозных мэотических известняках .....	43
5.1.5. Подземные воды в известняках понта .....	45
	129



МЕРКУЛОВА Калистра Андреевна

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ  
УСЛОВИЯ г. РОСТОВА-НА-ДОНУ**

Редактор *Н.В. Бирюкова*

Инженер-картограф *Н.А. Журавлева*

Компьютерная верстка *Е.А. Солоненко*

Дизайн обложки *Е. Скрыпниковой*

5.1.6. Водоносный горизонт в хапровских песках .....	45
5.2. Грунтовые воды четвертичных отложений.....	46
5.2.1. Грунтовые воды в скифских глинах.....	46
5.2.2. Грунтовые воды в лёссовидных породах .....	46
5.2.3. Водоносный горизонт в аллювиальных отложениях рек Дона и Темерника .....	52
<b>6. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРНЫХ ПОРОД</b> .....	<b>54</b>
6.1. Неогеновая система N1-2.....	54
6.1.1. Нижний неоген (миоцен) N1.....	54
6.1.1.1. Сарматский горизонт N1S1-3.....	54
6.1.1.2. Мэотический горизонт N1m.....	59
6.1.1.3. Понтический горизонт N1pn.....	61
6.1.2. Верхний неоген (плиоцен) N2.....	64
6.1.2.1. Хапровская серия осадков aN2hp .....	64
6.2. Четвертичная система.....	66
6.2.1. Эоплейстоцен (QE).....	66
6.2.1.1. Проблематические субазральные скифские глины (saQEsk2) .....	66
6.2.2. Неоплейстоцен (QI-III) .....	67
6.2.2.1. Делювиальные лёссовидные породы .....	67
6.2.2.2. Аллювиальные осадки (aQII-IV).....	85
6.2.3. Голоцен QIV.....	87
6.2.3.1. Современные аллювиальные и древнечерноморские отложения (a2QIV, mQIVdč) .....	87
6.2.3.2. Техногенные грунты (tQIV).....	89
6.3. Корреляционный анализ с рекомендациями нормативных значений прочностных и деформационных характеристик грунтов.....	92
6.3.1. Составление таблиц нормативных значений параметров сдвига .....	92
6.3.2. Составление таблиц нормативных значений модулей деформации.....	95
<b>7. АНТРОПОГЕННЫЕ И ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ЯВЛЕНИЯ</b> .....	<b>99</b>
7.1. Подъем уровня грунтовых вод и подтопление территорий .....	99
7.2. Антропогенные изменения горных пород и связанные с ними геологические процессы и явления .....	110
7.3. Оползни.....	117
7.3.1. Вязко-пластические оползни .....	117
7.3.2. Срезающие оползни сдвига.....	118
7.3.2.1. Оползни суглинков по скифским глинам.....	118
7.3.2.2. Оползни суглинков по сарматским глинам .....	119
7.3.2.3. Оползни мэотических и сарматских известняков и глин по сарматским глинам.....	119
<b>Послесловие</b> .....	<b>124</b>
<i>Литература</i> .....	<i>125</i>

Лицензия ЛР № 65-43 от 22.11.99

Сдано в набор 04.03.2006. Подписано в печать 07.06.2006.  
Формат 60×84 1/8. Гарнитура Arial. Офсетная печать.  
Уч.-изд. л. 10,23. Тираж 500 экз. Заказ № 2-124.

ИПО РГПУ:  
344082, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 33

