

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



На правах рукописи

Абдель Азиз Фавзи Махмуд Эль Шинави Эль Хайес

**ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ
И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ
НИЖНЕЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА РЕКИ ТОМИ
(ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

25.00.07 – Гидрогеология

25.00.08 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель: проф. С.Л. Шварцев

Томск 2012

СОДЕРЖАНИЕ

	С.
Введение	4
Глава 1. Гидрогеологическая и инженерно-геологическая изученность территории нижнего течения р. Томи	7
Глава 2. Физико-географическая характеристика района исследования	13
2.1. Климат	13
2.2. Рельеф	14
2.3. Почвы	16
2.4. Растительный покров	21
2.5. Гидрология	22
2.5.1. Химический состав речных вод	25
Глава 3. Геологическое строение	32
3.1. Стратиграфия	32
3.2. Тектоника	48
3.3. Геоморфология	58
Глава 4. Гидрогеологические условия территории	64
4.1. Водоносные горизонты и комплексы	64
4.2. Условия питания и разгрузки подземных вод	70
4.3. Химический состав вод	74
4.3.1. Методика полевых исследований и методы анализа вод	74
4.3.2. Геохимия болотных вод	76
4.3.3. Геохимия подземных вод	82

Глава 5. Инженерно-геологические условия	87
5.1. Методика работ	87
5.2. Особенности инженерно-геологических условий района работ	91
5.2.1. Особенности инженерно-геологических условий и районирование территории	91
5.2.2. Распространение, состав, физические и механические свойства грунтов	99
5.2.3. Специфические свойства грунтов	158
5.2.4. Экзогенные процессы	181
5.2.5. Рекомендации по улучшению свойств оснований сооружений сложенных специфическими грунтами	198
Заключение	211
Список литературы	213

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы резко возрастает интерес к исследованиям свойств грунтов Западной Сибири. Интенсивное освоение обширных неосвоенных районов Томской области, прокладка автодорог, строительство населенных пунктов, промышленных комплексов, в том числе Северной АЭС, и других инженерных сооружений выявило широкое распространение грунтов обладающих особыми свойствами, поэтому изыскания и строительство сооружений имеет ряд особенностей и затруднено на всех этапах, вплоть до эксплуатации сооружений. В связи с этим возрастает необходимость оценки таких грунтов, их состава, физико-механических свойств с целью прогнозирования их поведения в основаниях сооружений, а также оценка гидрогеологических условий района работ, уровней залегания подземных вод, их химического состава, фильтрационных характеристик верхних водоносных горизонтов и т.д. В связи с необходимостью территориального планирования Томской области для установления функциональных зон, зон планируемого размещения объектов капитального строительства для государственных или муниципальных нужд, зон с особыми условиями использования территорий, работа становится весьма актуальной.

Цель работы заключается в изучении гидрогеологических и инженерно-геологических условий нижней части бассейна реки Томи (Томская область).

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Изучить гидрогеологические и инженерно-геологические условия района работ на основе анализа и систематизации ранее проведенных исследований, а также результатов полевых и лабораторных работ, проведенных автором;
2. Выявить особенности химического состава подземных вод;
3. Проанализировать условия залегания и состав грунтов, определить физические и физико-механические свойства верхней части разреза четвертичных отложений;
4. На основе лабораторных испытаний грунтов выявить взаимосвязи между показателями свойств и получить регрессионные зависимости, позволяющие прогнозировать их механические характеристики;
5. Выявить специфические грунты, развитые на территории нижнего течения р. Томи, и дать рекомендации по проведению мероприятий для улучшения их свойств.

Методы исследований:

1. Отбор проб воды проводился в соответствии с ГОСТ Р 51592–2000 в полиэтиленовые канистры и стеклянные бутылки в зависимости от цели исследования.
2. Анализ всех типов вод выполнялся в аккредитованной лаборатории ТПУ УНПЦ “Вода” методами: рН – потенциометрическим; Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , CO_2 и перманганатная

окисляемость – титриметрическим; Na^+ , K^+ – атомно-абсорбционным, NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , Si – фотометрическим; Fe – полярографическим; Mn , Cd , Cu , Zn , Pb , As , Li – инверсионно-вольтамперометрическим; другие металлы – масспектрометрическим; фенолы – флюорометрическим; углеводороды – методом газовой хроматографии.

3. Опробование и лабораторные исследования состава, физических и механических свойств грунтов определялись в соответствии с действующими нормативными документами. Определение состава и механические испытания грунтов проводились в лаборатории «Грунтоведение и механика грунтов» кафедры ГИГЭ ТПУ ИПР (свидетельство о состоянии измерений за №330). Показатели свободного набухания грунта определялись в соответствии с египетским кодексом. Для определения минерального состава использовался метод дифракции рентгеновских лучей и электронный сканирующий микроскоп.

4. Экзогенные процессы изучались в ходе маршрутных наблюдений, во время которых проводилось их описание, привязка и опробование.

5. В ходе работ использовались программы: Freehand Macromedia, Corel Draw Graphic Suite, Aquachem, RockWare, Winsieve, Origin lab и Statistica.

Положения, выносимые на защиту:

1. На исследуемой территории развиты типы вод: речные, озерные, болотные, грунтовые и артезианские. По составу они преимущественно пресные, слабокислые и околонеутральные, отличаются повышенными содержаниями органических веществ, Fe , Mn и др. элементов, обусловленным относительно низким водообменом и преимущественно глеевой геохимической обстановкой.

2. Исследуемый район характеризуется широким распространением мощной толщи четвертичных отложений разного генезиса, слабовсхолмленным рельефом, высокой степенью заболоченности и обводненности, неглубоким залеганием подземных вод, что создает неблагоприятные условия для хозяйственного освоения этой территории.

3. На исследуемой территории широко распространены специфические грунты, определяющие особенности проведения инженерно-геологических изысканий и строительства: просадочные, органические и органоминеральные, набухающие и склонные к пучинистости.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Впервые установлен широкий комплекс химических макро- и микрокомпонентов, органических веществ в различных по условиям залегания подземных водах, определены гипотетические содержания в них солей.

2. Новейшими методами изучены физические и физико-механические свойства грунтов отложений поймы, болотных, второй террасы, федосовской и смирновской свит. Выявлены связи

между показателями свойств, получены регрессионные уравнения, позволяющие прогнозировать свойства грунтов.

3. При определении свободного набухания применялась методика, изложенная в Египетском кодексе, что позволило обнаружить грунты, склонные к набуханию. Выявленные специфические грунты в ряде свит позволили корректировать схему районирования территории для массового строительства.

Апробация работы. Материалы диссертации представлены на следующих международных и всероссийских конференциях и семинарах: 13th International conference on water-rock interaction WRI-13, Guanajuato (2010, Mexico); Международный симпозиум им. академика М.А. Усова студентов и молодых ученых (2010, 2012, Томск); Научная Инициатива Иностраннных студентов и аспирантов российских вузов (2010, 2011, Томск); International Conference under the aegis of the international association for engineering geology and the environment (IAEG) (2011, Москва).

Публикации. Результаты диссертационной работы опубликованы в 2-х журналах, рекомендованных ВАК России и в 7 сборниках докладов, трудов и материалов международных и всероссийских конференций и совещаний.

Личный вклад автора заключается в участии в полевых гидрогеологических и инженерно-геологических работах, в совместной с научным руководителем постановке задач диссертации, проведении экспериментов и обработке результатов эксперимента, формулировании выводов и положений, выносимых на защиту, написании статей по теме диссертации, выступлении на семинарах и международных конференциях.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка цитируемой литературы. Объем диссертации составляет 223 страниц, включая 83 рисунков, 41 таблиц и списка литературы из 84 наименований.

ГЛАВА 1. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ ТЕРРИТОРИИ НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. ТОМИ

Наиболее ранние сведения о гидрогеологических условиях района приводятся у М.И. Кучина (1947), охарактеризовавшего водоносность четвертичных и дочетвертичных отложений. В пределах Обь-Томского междуречья М.И. Кучин выделил Томский третичный бассейн, где указал на значительную обводненность нижнелеоплейстоценовых галечников, положительно оценив возможность использования подземных вод междуречья для водоснабжения.

В 1948–1949 гг. при осуществлении геологической съемки масштаба 1:200 000 Е.Д. Бургсдорфом и К.В. Ивановым отмечена водоносность меловых, палеогеновых, неогеновых и четвертичных отложений, на основе наблюдений этих исследователей М.П. Нагорский (1963) в Объяснительной записке к геологической карте проводит гидрогеологическую характеристику Обь-Томского междуречья. М.П. Нагорским обращено внимание на обводненность горизонта нижнелеоплейстоценовых галечников и повышенную степень солености подземных вод нижнемеловых отложений.

Практическую значимость дальнейшего изучения гидрогеологических условий Обь-Томского междуречья показали материалы, полученные в 1956–1959 гг. при геологической съемке масштаба 1:200 000. На междуречье установлено несколько типов подземных вод: верховодка, грунтовые, межпластовые, артезианские воды, приуроченные к рыхлым отложениям чехла, трещинные воды зоны выветривания пород фундамента. При всем разнообразии выделенных типов подземные воды имеют сходный химический состав: воды, в основном, пресные гидрокарбонатные.

С 1940 г. предприятием «Водстрой», а с 1954 г. Томской экспедицией в различных районах Томской области бурились разведочно-эксплуатационные скважины для водоснабжения сельскохозяйственных и промышленных предприятий. Накопленный фактический материал обобщен в 1956–1957 гг. Ю.К. Смоленцевым, которым составлена гидрогеологическая карта основных водоносных горизонтов юго-восточной части томской области в масштабе 1:500 000. При гидрогеологическом районировании исследуемой территории и характеристике условий водоснабжения им использованы материалы Томской партии ТКЭ. В 1959 г. для южной части области Ю.К. Смоленцевым составлена карта гидрогеологического районирования по условиям водоснабжения масштаба 1:200 000.

В 1953–1958 гг. экспедицией № 31 Гидропроекта проведены инженерно-геологические изыскания для обоснования схемы использования р. Оби и ее притоков для гидротехнического строительства. По разбуренным Верхне-Сосновскому, Киреевскому,

Мельниковскому, Трубачевскому створам через долину р. Томи охарактеризованы пойменно-террасовые отложения и их фильтрационные свойства в зонах затопления.

В 1956–1957 гг., в дополнение к вышеуказанным работам, А.М. Демидов и Л.С. Скрипко провели инженерно-геологическую съемку долины р. Томи (выше г. Томска) в масштабе 1:100 000 для изучения условий сооружения водохранилища томской ГЭС.

В 1958 г. В.П. Щипачевым на основе материалов ТКЭ составлены гидрогеологическая карта и кадастр подземных вод. В 1960–1962 гг. им же составлены гидрогеологические карты масштаба 1:2 500 000 и 1:500 000 для территории Томской области, дана классификация подземных вод. По результатам гидрогеологического районирования в качестве основного источника водоснабжения на Обь-Томском междуречье рекомендован олигоценый водоносный горизонт.

С 1960 г. Томская геологоразведочная экспедиция (ТГРЭ) начала выполнять комплексные геологические, гидрогеологические и инженерно-геологические съемки. Первой была выполнена съемка масштаба 1:25 000 в границах Богашевского, Малиновского, Михайловского и других участков, прилегающих к г. Томску (ответственные исполнители – геологи А.П. Жмаев, М.В. Шадрина, М.В. Толкачев, М.М. Тельцова, Г.А. Ярмакова). В этих работах участвовали и сотрудники кафедры гидрогеологии и инженерной геологии ТПИ под руководством Г.А. Сулакшиной. Основная цель выполненных съемок – оценка инженерно-геологических условий разработки нерудных месторождений. Впервые изучались инженерно-геологические особенности покровных лессовых пород как основания для сооружений.

В 1962 г. Г.А. Сулакшина дала оценку изученности покровных отложений г. Томска и прилегающих территорий с детальной характеристикой условий их залегания, минералогического и химического состава и структурных особенностей.

С 1962 г. режимной партией ТКГРЭ проводятся работы по изучению режима подземных вод на Обь-Томском междуречье. В результате этих работ коллективом авторов каждый год издавался ежегодник, обобщенные материалы которых сводились раз в пять лет в сводные отчеты.

В 1963–1964 гг. геолого-гидрогеологическими и инженерно-геологическими съемочными работами масштаба 1:500 000 на площади установлены два водоносных горизонта, рекомендованных для централизованного водоснабжения. Для изученной территории проведено инженерно-геологическое районирование.

С 1964 г. и до начала 90-х годов в пределах ТомскТИСИЗом проводились инженерно-геологические изыскания под строительство жилых комплексов, пионерских

лагерей, отдельных инженерных объектов, подземных коммуникаций. Материалы изысканий содержат разрозненную информацию. Построены инженерно-геологические разрезы четвертичных отложений по долинам притоков р. Томи, рр. Еловка, Жуковка, Порос, Черная.

С 1964–1965 гг. на территории Томской области Томская геологоразведочная экспедиция начинает выполнять государственное геологическое картирование масштаба 1:200 000 с элементами инженерно-геологического картирования с целью региональной оценки инженерно-геологических условий Томской области для общего планирования народного хозяйства.

С 1966 г. на Обь-Томском междуречье ТКГРЭ начаты поиски и разведка подземных вод для централизованного водоснабжения г. Томска. Исследования подтвердили высокоуводообильность палеогеновых отложений. Объем гидрогеологической информации о водоносности палеогеновых отложений был существенно пополнен при последующих поисково-разведочных работах для целей водоснабжения с. Мельниково и пос. Калтай.

В 1967 г. Л.А. Рождественской (ТПИ) выполнена диссертационная работа по изучению инженерно-геологических условий г. Томска и их изменению в связи с хозяйственным освоением территории. Материалы исследований позволили повысить качество инженерно-геологических изысканий для гражданского и промышленного строительства.

В 1966–1968 гг. на значительной территории Томской области Московским государственным университетом выполнена инженерно-геологическая съемка масштаба 1:500 000. Исполнители работ: Е.М. Сергеев, Г.Л. Афонская, А.С. Герасимова, В.Н. Коломенская, В.Т. Трофимов. По результатам съемочных работ составлена карта инженерно-геологических условий и выполнено инженерно-геологическое районирование центральной части Западно-Сибирской равнины, куда включается характеристика и части Томской области.

С 1969 г. и до середины 90-х годов Томское отделение Гипроводхоз проводило в южных районах области специальные исследования мелиоративного строительства. Такие работы выполнены на 26 участках площадью 120–700 га каждый.

В 70-х годах выполняются комплексные геологические, гидрогеологические и инженерно-геологические съемки юго-восточной части Томской области по отдельным листам масштаба 1:200 000 и более крупного (1:100 000, 1:50 000) участков: Киреевского (В.Н. Сильверстров), Томь-Яйского (Г.Д. Ваганов), Первомайского (А.С. Скогорева), Итатского (Н.А. Ермашова), Нелюбинского (В.Л. Карлсон). Инженерно-геологические

исследования при этом имеют конкретное целевое назначение – обоснование планирования гражданского, трубопроводного и мелиоративного строительства.

Тематическая сводная работа с целью характеристики инженерно-геологических условий юго-восточной части Томской области выполнена сотрудниками кафедры гидрогеологии и инженерной геологии ТПИ Е.С. Цоцур, Т.Я. Емельяновой под руководством Г.А. Сулакшиной в 1971 г. Проведены обобщение, анализ, увязка разномасштабной инженерно-геологической информации, выделены основные стратиграфо-генетические комплексы пород с инженерно-геологической характеристикой, выполнено инженерно-геологическое районирование территории с целью планирования строительства промышленных и гражданских комплексов.

В 1973–1975 гг. Нелюбинской партией ТКГРЭ проведена комплексная гидрогеологическая и инженерно-геологическая съемка масштаба 1:200 000 для мелиоративного строительства. Результатом съемочных работ стали гидрогеологическая и инженерно-геологическая карты, а также карты районирования для целей мелиорации по гидрогеологическим и инженерно-геологическим условиям.

В 1973 г. А.С. Бычковой и Г.А. Виниченко проведено районирование территории Томской области по условиям создания искусственных запасов подземных вод.

В 1973–1980 гг. исследуемая территория была охвачена региональными работами по оценке эксплуатационных запасов подземных вод южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна в пределах Томской области. Работы проведены ТКГРЭ с целью подготовки материалов для моделирования основных водоносных комплексов. В свободный отчет включены результаты оценки эксплуатационных запасов неоген-четвертичного комплекса среднеолигоценовых и нижнеолигоценовых отложений, водоносного комплекса среднеолигоценовых и нижнеолигоценовых-верхнеоценовых отложений, водоносных комплексов палеоцен-верхнемеловых и ниже-верхнемеловых отложений.

В 1978–1983 гг. Рыбаловская партия ТКГРЭ провела комплексную гидрогеологическую и инженерно-геологическую съемку масштаба 1:50 000 для целей мелиорации. Изучены поверхностные воды и водоносные горизонты палеогеновых, неогеновых и четвертичных отложений, оценены химический состав и ресурсы подземных вод, их влияние на мелиоративное освоение земель с учетом работы Томского и Калтайского водозаборов.

В 1995 г. А.М. Альшанским проведена работа по изучению влияния жидких радиоактивных отходов СХК на подземные воды в районе Томского водозабора.

С 1996 г. по настоящее время ОАО «Томскгеомониторинг» проводятся систематические наблюдения в рамках программы по мониторингу геологической среды (режим подземных вод, контроль за их охраной, изучение экзогенных геологических процессов).

В 1997 г. ТГРЭ выполнила обобщение и анализ геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических материалов на территории г. Томска с целью обоснования картографирования масштаба 1:25 000. В результате разработана схема стратиграфического расчленения геологического разреза, составлены предварительные геологическая, гидрогеологическая, инженерно-геологическая карты масштаба 1:25 000 и соответствующие описания стратиграфо-генетических комплексов пород.

В 1997 г. на основе обобщения накопленного материала по геологии Томской области составлена карта четвертичных отложений масштаба 1:500 000, автор Сильвестров В.Н. Данное стратиграфическое расчленение и геологическая характеристика подразделений неоген-четвертичных отложений, которые представляют преимущественно сферу взаимодействия сооружений и геологической среды, использовано далее (2003 г., 2006 г.) при составлении серии инженерно-геологических карт масштаба 1:1000 000 территории Томской области.

В 1998 г. К.И. Кузеванов в диссертационной работе выявил основные закономерности эволюции гидрогеологических условий городской территории на основе разработки прогрессивных приемов оценки степени техногенного влияния городской застройки на подземные воды.

В 2000 г. Н.Г. Наливайко в диссертационной работе проанализировала микрофлору подземных вод г. Томска как критерий их экологического состояния.

В 2001 г. ТГРЭ выполнено ГЭИК с гидрогеологическим и инженерно-геологическим доизучением площади листа 0–45–XXXI в масштабе 1:200 000, крайнюю северо-восточную часть данной площади занимает территория ЗАТО «Северск».

Оценке инженерно-геологических условий территории посвящены диссертации Г.А. Сулакшиной (на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук), Е.С. Цоцур, Т.Я. Емельяновой (для левобережной территории Томской области), В.Н. Коломенской (юго-восточной правобережной части), Л.А. Рождественской, Н.В. Крепша (г. Томск), В.А. Лыготина (вся Томская область), Л.А. Строковой (Томское Приобье), представленные на соискание ученой степени кандидатов геолого-минералогических наук.

Выводы

1. При оценке гидрогеологических условий по материалам предшествующих работ пока остаются малоизученными воды первых водоносных горизонтов, охватывающие долинные комплексы, древние ложбины стока, верхнемиоценовые отложения. Недостаёт четкого представления о гидравлической взаимосвязи водоносных горизонтов, особо значимой в возможных местах перетока палеогеновых вод.

2. В инженерно-геологическом отношении почти вся территория левобережной части и южная половина правобережья нижнего течения р. Томи покрыта государственными съемками. Это положительный факт, так как материалы инженерно-геологической государственной съемки являются основой для выбора участков размещения разных видов наземного строительства, прогноза влияния инженерно-хозяйственной деятельности человека на природную среду и планирования региональных мероприятий по ее рациональному использованию и охране.

3. Именно эта территория Томской области в большей степени заселена и подвергнута техногенному воздействию, и проблема рационального использования, охраны, а иногда и улучшения состояния природной среды, весьма актуальны. Однако, в инженерно-геологическом отношении, геологическая среда исследуемой территории изучена весьма неравномерно, что проявляется в объемах выполненных инженерно-геологических работ и глубине изучения геологической среды на разных участках.

ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Климат

Климат рассматриваемой территории резко континентальный, отличается значительной сезонной изменчивостью притока солнечной радиации, преобладанием западно-восточного переноса воздушных масс и хорошо выраженным годовым ходом температуры воздуха.

Сезоны года хорошо выражены. Зима холодная, продолжительная с низкими температурами и сильными ветрами. Лето солнечное, жаркое, короткое. Переходные сезоны непродолжительные. В весеннее время года наблюдается быстрое повышение температуры с частыми возвратами холодов вплоть до заморозков. Осенний период несколько продолжительнее весеннего.

Солнечная радиация является основным источником энергии, определяющим развитие атмосферных процессов. Количество суммарной солнечной радиации в год в г. Томске составляет 90–93 ккал/см² (3 771–3 897 МДж/м²). Однако в течение всего года отмечается большое количество пасмурных дней и с ноября по март радиационный баланс отрицателен [37]. Максимальные его значения приходятся на июнь-июль, достигая 7–8 ккал/см² в месяц.

Среднегодовая температура воздуха (данные по г. Томску) составляет минус 0,6 °С. Максимум приходится на июль (18,1 °С), минимум – на январь (минус 19,2 °С). Коэффициент вариации средней годовой температуры равен по модулю минус 1,5, что свидетельствует о довольно существенной ее изменчивости. Тем не менее, в 67 % случаев средняя годовая температура колеблется в диапазоне от минус 1,5 °С до 0,3 °С.

Менее значительно в многолетнем разрезе изменяется средняя годовая температура почвы – всего лишь в пределах десятых долей градуса. Однако ее годовой ход выражен ярко, особенно в верхних слоях почвы. Средняя глубина промерзания серой лесной почвы в г. Томске составляет 108 см.

По количеству выпадающих атмосферных осадков рассматриваемая территория относится к зоне умеренного увлажнения. В среднем выпадает 517 мм (табл. 2.1), причем максимум приходится на июль. Изменчивость месячных сумм осадков из года в год достаточно велика. Летом часты ливни, при этом суточный максимум осадков не превышает 76 мм [27]. Наименьшее количество осадков приходится на февраль и март (от 12 до 20 мм). В зимнее время осадки выпадают преимущественно в твердом виде – это 22–34 % от общего их количества за год.

Таблица 2.1. Среднее многолетнее количество осадков в г. Томске с учетом поправки на смачивание и выдувание, мм [37]

Месяц												Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
39	27	33	34	51	68	81	76	52	60	67	49	637

Устойчивый снежный покров устанавливается обычно 30–31 октября, а разрушается 18–22 апреля, снежный покров держится 170–180 дней. Наибольший за зиму средний запас воды в снеге в поле равен 118 мм, наименьший – 23 мм. Наиболее интенсивный рост высоты снежного покрова происходит со второй половины ноября до начала января. Максимальная высота наблюдается во II–III декадах марта. Средняя из наибольших за зиму высота снежного покрова составляет 60–80 см. Количество снега, выпадающего в среднем за сутки, невелико. Но иногда случаются сильные снегопады, когда за сутки прирост снега составляет 10 см и более. В г. Томске за период с 1936 по 1975 гг. наблюдалось 20 таких снегопадов. В ноябре 1960 г. отмечался максимальный прирост снега – 22 см за сутки.

Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 часов дня в наиболее жаркий месяц составляет 59 %, в наиболее холодный – 78 %.

Особенности циркуляции атмосферы таковы, что зимой и в переходные месяцы преобладают ветры южных направлений, в летние месяцы увеличивается повторяемость северных ветров. Средние месячные и годовые скорости ветра, как правило, не велики. Средние скорости ветра в январе составляют 2,4–5,6 м/с, в июле – 2,2–3,4 м/с; наибольшие скорости наблюдаются весной (в марте) и осенью (в октябре). Величина их достигает 25–27 м/с. Повторяемость слабых ветров (меньше 3 м/с) более 50 %; сильные ветры (больше 10 м/с) крайне редки – 1–3 % [37].

2.2. Рельеф

Томская область расположена в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины – одной из величайших равнин мира. Поверхность равнины имеет форму амфитеатра, открытого на север. По ее южной, восточной и западной окраинам преобладают наклонные равнины, возвышенности, плато, а в центральных частях – низменности. На территории области выделяются Кетско-Тымская, Чулымская, Приаргинская, Восточно-Барабинская и Васюганская наклонные равнины (рис. 2.1). В

центральной части области с юго-востока на северо-запад протягивается Обь-Тымская низменность, в ее пределах расположена долина р. Оби. В исследуемую территорию входят: юго-восточная часть Васюганской наклонной равнины, южная часть Обь-Тымской низменности, Чулымская наклонная равнина, Приаргинская наклонная равнина [27].



Рис. 2.1. Фрагмент орографической схемы Западно-Сибирской равнины [24]

Чулымская наклонная равнина расположена в бассейне среднего и нижнего течения р. Чулым и его правых притоков – Чичкаюла и Улуюла. Поверхность равнины полого-увалистая с небольшими плоскими участками, абсолютные высоты изменяются от 120 до 190 м. Высшая точка 191 м – приурочена к верховьям рек Улуюла и Чичкаюла.

Приаргинская наклонная равнина расположена в зоне крутого погружения древних структур Кузнецкого Алатау и Восточного Саяна и занимает в пределах Томской области бассейны рек Чети, Кии Томь-Яйское междуречье. Абсолютные высоты ее изменяются от 150 до 250 м, местами более.

Васюганская наклонная равнина занимает практически все левобережье Оби. Абсолютные высоты ее в пределах области не превышают 166 м. В центральных частях равнина плоская, сильно заболоченная (до 70 %), в пределы области заходит часть (2,3 млн га) Васюганского болота – крупнейшего на земном шаре.

Обь-Тымская низменность протягивается с юга на северо-запад в центральной части области. Абсолютные высоты ее колеблются от 40 до 100 м, поверхность низменности плоская, заболоченная, по ней протекает р. Обь. В рельефе области можно выделить ряд гипсометрических уровней. Река Обь делит область на относительно возвышенную (до 193 м) правобережную часть и пониженную левобережную. Наиболее возвышенным является Томь-Яйское междуречье, куда заходят отроги Кузнецкого

Алатау. Здесь расположена высшая точка Томской области – 264 м. Отсюда поверхность понижается в северо-западном направлении.

Минимальная высота равна 30 м и приурочена к урезу воды р. Обь на северной границе области [27].

2.3. Почвы

Разнообразные природные условия определяют и разнообразие почвенного покрова территории [49]. По основным морфологическим и химическим свойствам (мощности гумусового горизонта, структуре, механическому и химическому составу, выраженности того или иного почвообразовательного процесса и хозяйственной ценности) выделил почвы: автоморфные, полугидроморфные и гидроморфные.

Аutomорфные почвы приурочены к повышенным элементам рельефа и занимают около 46 % территории области. Они делятся на три типа: подзолистые, серые лесные и черноземы. На исследуемой территории развиты дерново-подзолистые и серые лесные почвы (рис. 2.2).

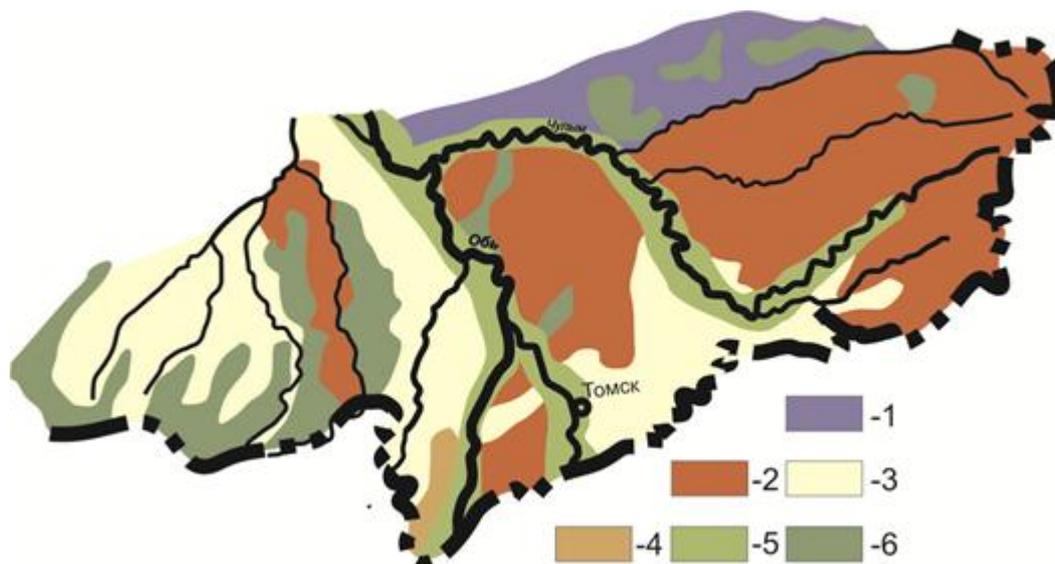


Рис. 2.2. Почвы юга Томской области [27]: 1 – подзолистые; 2 – дерново-подзолистые; 3 – серые лесные; 4 – черноземы; 5 – пойменные; 6 – болотные

Дерново-подзолистые почвы занимают 32,2 % всей площади исследуемой территории. Они развиваются преимущественно на покровных лессовидных суглинках, иногда карбонатных. Среди них довольно часто встречаются дерново-подзолистые или вторично-подзолистые со вторым гумусовым горизонтом. Дерново-подзолистые почвы формируются под покровом смешанных хвойно-лиственных и сосновых лесов с хорошо развитым мохово-травянистым покровом, а также под вторичными березово-осиновыми лесами.

Профиль почв имеет следующее морфологическое строение:

A_0 – лесная подстилка бурых или коричневых тонов, состоящая из растительных остатков различной степени разложения, при мощности более 7 см разделяется на два-три подгоризонта;

A_0A_1 – переходный органо-минеральный горизонт, содержащий значительное количество, как минеральных частиц, так и полуразложившихся органических остатков;

A_1 – гумусовый горизонт мощностью от 3 до 20 см и более, серый или белесо-темно-серый, комковато-порошистой или порошистой структуры, рыхлый;

A_1A_2 – переходный, неравномерно окрашенный горизонт: участки с серым и белесо-серым окрашиванием чередуются с участками, окрашенными в буроватые и палевые тона; структура комковато-порошистая, заметна горизонтальная делимость;

A_2 – подзолистый горизонт, белесовато-светло-серый, иногда с легким палевым оттенком; структура плитчатая с заметной тонкой чешуйчатостью или листоватостью, в песчаных почвах часто бесструктурен;

A_2B – переходный горизонт мощностью 10–20 см, буровато-белесый, непрочной комковато-мелкоореховатой структуры, содержит обильную белесую присыпку, встречаются языки горизонта A_2 ;

B – иллювиальный горизонт, самый плотный в профиле, бурый, коричнево-бурый или красно-бурый, ореховатой, ореховато-призматической структуры, может подразделяться на подгоризонты (B_1 , B_2 , B_3), в каждом из которых становится менее интенсивным окрашивание, более грубой и крупной структура, меньшей плотности;

BC – переходный, светло-бурый, светло-коричневых тонов, глыбистой или глыбисто-призматической структуры, постепенно переходит в не измененную почвообразованием породу – горизонт C [73].

Серые лесные почвы формируются на хорошо дренированных участках под пологом густых смешанных и березово-осиновых лесов. Серые лесные почвы в той или иной степени оподзолены, встречаются серые лесные почвы со вторым гумусовым горизонтом. Общая площадь серых лесных почв составляет около 5,3 % территории области, на исследуемой территории развиты незначительно. Серые лесные почвы имеют преимущественно суглинисто-глинистый механический состав.

Мощность гумусового горизонта у серых лесных почв изменяется от 10–15 до 45 см, содержание гумуса – от 2,5–4,0 до 7 % [21]. Почвы имеют слабокислую реакцию.

Профиль почв имеет следующее морфологическое строение:

A_0 – лесная подстилка мощностью 1–2 см, состоит из слаборазложившегося растительного опада;

A₁ – гумусово-аккумулятивный горизонт мощностью 15–30 см, иногда до 40 см, серый в сухом состоянии, темно-серый во влажном, комковато-пылеватой, комковато-порошистой или комковато-ореховатой структуры, рыхлый, густо пронизанный корнями; переход в следующий горизонт постепенный;

A₂B – переходный, оподзоленный, мощностью около 20 см, буровато-серый, коричнево-серый или темно-серый, неравномерной окраски, ореховатой структуры, поверхности структурных отдельностей глянцевиты, содержат обильную белесую присыпку, рыхлый; переход заметен по окраске и структуре;

B – иллювиальный, мощность различна, нижняя его граница может проходить на глубине 90–120 см, бурый или коричнево-бурый, ореховатой, ореховато-призматической структуры, плотный, вязкий. На поверхности структурных отдельностей часто содержатся черно-бурые (лаковые) пленки; переходит в следующий горизонт языками; на всю мощность горизонта проникают белесые пятна кремнеземистой присыпки;

C – почвообразующая порода светло-бурых тонов, неясно призматической структуры, слабо трещиноватая, содержит карбонатные конкреции [1].

Полугидроморфные почвы имеют значительную площадь распространения в области (около 23 %). Они представлены болотно-подзолистыми, лугово-черноземными, серыми лесными глеевыми почвами. Полугидроморфные почвы встречаются в центральных частях междуречий, в понижениях рельефа под преимущественно заболоченными лесами.

Наиболее распространены болотно-подзолистые почвы – переходные от подзолистых почв к болотным. Длительное избыточное увлажнение приводит к заболачиванию почв, сопровождающееся оторфовыванием верхних горизонтов и оглеением нижних. Наиболее характерные черты болотно-подзолистых почв: кислая реакция среды, малогумусность.

Гидроморфные почвы характеризуются доминированием болотного почвообразовательного процесса на болотах и поемного на поймах рек. Гидроморфные почвы представлены торфяно-болотными верховыми, торфяно-болотными низменными, аллювиально-дерновыми и др.

Почвенный покров пойм, занимающий около 0,2 % территории, весьма сложен, им свойственны особые условия развития, связанные с периодическим затоплением поймы, что вызывает перерыв в почвообразовании, а также с ежегодным отложением по пойме аллювиального наноса, что ведет к постоянному омолаживанию почв.

Болотные почвы формируются в условиях постоянного избыточного увлажнения под специфичной влаголюбивой растительностью. Неполное разложение

органических остатков, протекающее в условиях избытка влаги и недостатка кислорода, приводит к формированию на поверхности болотных почв органогенного (торфяного) горизонта. Его состав, свойства и мощность полностью определяются типом водного питания, качеством питающих вод и характером растительности. В зависимости от типа водного питания и типа торфяной залежи торфяные болотные почвы подразделяются на верховые, низинные и переходные. Для торфов болотно-верховых почв характерны: низкая зольность, высокая кислотность и влагоемкость. Торфа болотно-низинных почв имеют высокую зольность и степень разложения, менее кислую реакцию среды и др. [22; 23]. На болотные почвы исследуемых участков приходится не более 10 % от всей площади.

Морфологическое строение профиля болотных низинных торфяных почв выглядит следующим образом:

T₁ – торфяной горизонт мощностью 10–15 см, буровато-темно-серый, густо переплетен корнями растений, степень разложения невысокая;

T₂ – торфяной горизонт мощностью 20–50 см, темно-бурый или коричневый; торф, хорошо разложившийся, содержит остатки древесной растительности; горизонт постепенно переходит в слабо разложившуюся торфопороду светло-бурой или желто-бурой окраски. Общая мощность торфа достигает 1 м и более [7].

В качестве примера ниже приведена почвенная карта правобережной части бассейна р. Томи в масштабе 1:25 000 (рис. 2.3) [73].

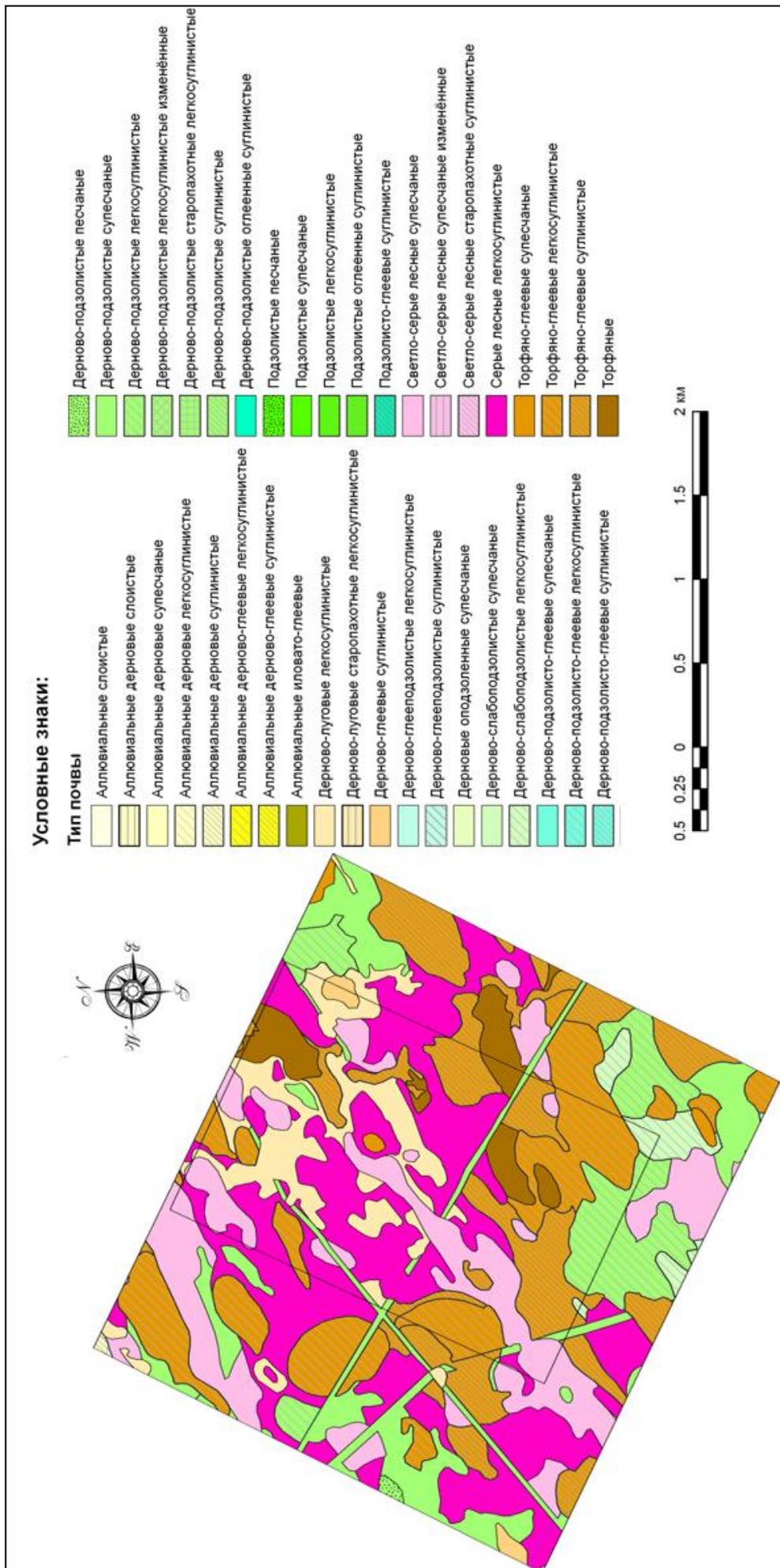


Рис. 2.3. Почвенная карта правобережной части бассейна р. Томи в масштабе 1:25 000 (Шварцес и др., 2008)

2.4. Растительный покров

Район исследования расположен в провинции Западно-Сибирских (равнинных) темнохвойных лесов лесной области [75]. Такие леса – явление исторически молодое. Около 6–4,5 тыс. лет назад первичные еловые, березовые и сосновые леса и редколесья уступили место таежным сообществам. Одновременно очень широкое распространение получило заболачивание.

Флора сформирована мигрантами, поскольку эндемичные виды растений еще не успели возникнуть. Пополнение флоры мигрантами происходит и в настоящее время преимущественно с востока и юго-востока.

Зональным типом растительности является равнинная полидоминантная тайга с доминированием в южных районах области (в подзоне южной тайги) пихты сибирской. В большинстве лесных сообществ присутствуют осина и березы (белая и пушистая), а на юго-востоке области – береза Крылова. На песчаных отложениях распространены сосновые леса, нередко с присутствием лиственницы сибирской. В поймах небольших рек доминирование переходит к ели.

В целом комплекс лесных угодий слагается из темнохвойных (или заменивших их вторичных мелколиственных) лесов, сосновых боров и сфагновых болот.

В большинстве природных районов области болота оттесняют таежную растительность с водоразделов на их склоны, т. е. в наиболее дренированные приречные части. Таким образом, интразональная растительность – торфяные болота, заболоченные леса, включая и долгопоемные болотистые луга пойм – занимает более половины территории области.

В растительном покрове хорошо выражена широтная зональность. В подзоне южной тайги напочвенный покров кедрово-пихтовых, елово-пихтовых, пихтовых, кедровых и сосновых лесов создает крупнотравье с большим участием папоротников. В заболоченных местообитаниях развиты низинные осоково-гипновые болота.

В южных и юго-восточных районах области коренные леса почти полностью уничтожены. Здесь полоса вторичных березовых и осиновых крупнотравных лесов настолько хорошо выражена, что нередко рассматривается как самостоятельная подзонаподтайги или мелколиственных лесов. О коренном типе растительности здесь напоминают только отдельные массивы таежных древостоев, в том числе припоселковые кедровники.

Распределение растительных сообществ на междуречьях подчинено довольно сложной закономерности. Таежные фитоценозы, развитые на дренированных приречных

частях, сменяются вначале осоковыми или сфагновыми заболоченными лесами, которые в свою очередь переходят в крупнососновое сфагновое болото и затем в сосново-кустарничково-сфагновое болото водоразделов. В центральной части последних этот ряд завершается болотными комплексами – грядово-мочажинными и грядово-озерковыми [73].

Луговая растительность представлена сообществами настоящих лугов, возникших на месте лесов в результате хозяйственной деятельности, а также долгопоемных торфянистых и болотистых лугов, развитых в поймах основных рек и их притоков. Настоящие луга пойм (мятликовые, овсяницевые, коротконожковые, вейниковые, лисохвостные) распространены преимущественно в долинах рек южной части области, но по высоким гривам поймы заходят и в северные районы. Долгопоемные травостои, в отличие от настоящих лугов, первичны, мало меняют свой состав даже при регулярном сенокосении. Основу их составляют крупные осоки (острая, сближенная, прямоколосая и др.) и злаки (вейник, мятлик болотный, двукисточник) выдерживающие длительное (до 2 мес.) затопление. Площади этих травостоев пойм, небольшие на юге области, на севере достигают 60–70 % территории поймы [73].

2.5. Гидрология

Главной водной артерией исследуемой территории является р. Томь – правый приток р. Оби (рис. 2.4), берущий начало на заболоченном склоне Абаканского хребта. На своем протяжении река пересекает северо-восточную часть Горной Шории, Кузнецкую котловину, Западно-Сибирскую равнину. Длина р. Томи равна 827 км, в пределах области – 125 км, в пределах г. Томска – 20 км. Площадь водосбора реки у г. Томска составляет 57 800 км², в устье – 62 000 км² [57].

Годовой модуль стока Томи достигает 20 л/с с 1 км², годовой объем стока у г. Томска составляет 32,6 км³/год, а среднегодовой расход – 1031 м³/с.

Река по характеру внутригодового режима в верхнем течении относится к рекам горно-лесной зоны с весеннее-летним половодьем, летними и осенними дождевыми паводками, относительно высокой летней меженью и ледоставом средней продолжительности.

На участке среднего и нижнего течения водный режим р. Томи носит сложный характер, обусловленный трансформацией различных типов водного режима притоков [57]. Среднемноголетний годовой сток формируется преимущественно за счет зимних осадков, доля снегового питания составляет 50–80 %.

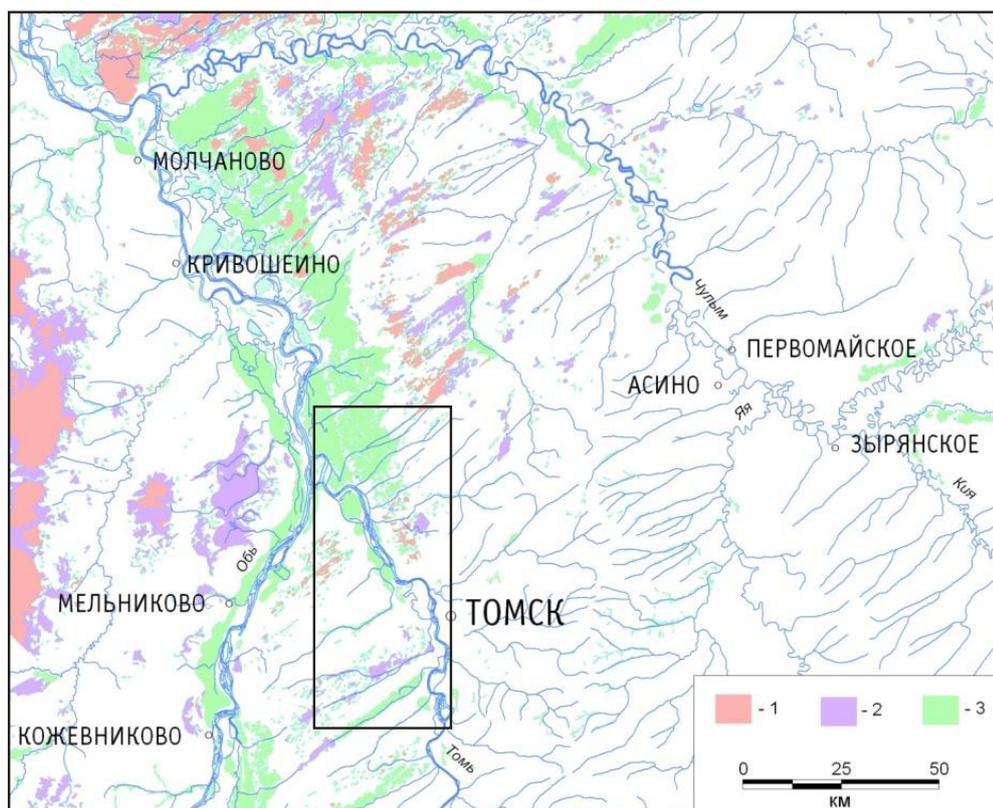


Рис. 2.4. Схема распространения разных типов болот с обозначением территории исследований; болота: 1 – верховые; 2 – переходные; 3 – низинные [42]

Наиболее крупными левобережными притоками р. Томи являются рр. Ум, Б.Черная, Кисловка и Порос, гидрологическая характеристика приведена в таблице 2.2. Протекают эти реки по равнинной местности с хорошо выраженными признаками лесостепи, образуя вместе со своими притоками (рр. Еловка, Жуковка, Уптала, Куртук) основную часть гидрографической сети Обь-Томского междуречья. Подземное водное питание связано с поступлением в речную сеть в основном грунтовых вод четвертичных отложений.

Таблица 2.2. Морфометрические характеристики малых рек в районе исследований

Река	Длина, км	Расход, м ³ /с на 09.2009 г.	Уклон водной поверхности, ‰	Площадь водосбора, км ²
Шишкобойка	44	0,074	1,69	260
Черная	39	0,510	2,33	146
Мостовка	21	0,017	3,03	80
Камышка	41	0,260	2,21	210

Правые притоки р. Томи (рр. Шишкобойка, Черная, Мостовка, Камышка) заметно отличаются друг от друга по водности. Наиболее многоводной является р. Камышка, чей сток в наименьшей степени зарегулирован болотными массивами. Расход воды в р. Камышка составляет $0,26 \text{ м}^3/\text{с}$ (табл. 2.2).

Река Черная впадает в реку Томь в пределах п. Орловка. На последней трети своей длины русло р. Черной вступает на территорию заболоченного массива т.м. «Темное», практически сразу исчезает и более 6 км сток фильтруется через болотный участок. После того, как русло р. Черной вновь выделяется как постоянное, оно еще на протяжении почти 1,7 км контактирует с распространяющимся по левому берегу заболоченным участком.

Пойма р. Черной практически свободна от кустарниковой растительности. Борты меженного русла выполнены суглинистыми грунтами. Участков проявления боковой речной эрозии не обнаружено. На дне реки наблюдаются слабовыраженные ленточные гряды. Врез долины реки Черной составляет более 7,5 м. Метки высоких вод от более высоких половодий (10–20 % обеспеченности) находятся на высоте 3,8 м от низшей точки дна. Расход воды в устье около $0,5 \text{ м}^3/\text{с}$. Максимальные скорости воды в этот период $0,2\text{--}0,25 \text{ м/с}$.

Река Мостовка впадает в Кижировскую протоку реки Томи в 0,5 км выше по течению от п. Орловка. В данном районе река Мостовка имеет невысокую извилистость. Пойма практически отсутствует в связи с глубоким врезом русла. Берега заросли кустарниковой растительностью. Наблюдается значительное захламливание русла стволами небольших деревьев и кустарников, сучьями. Борты русла выполнены суглинистыми грунтами, только на дне меженного русла наблюдаются песчаные отложения. Участков проявления боковой речной эрозии не обнаружено. На дне реки наблюдаются слабовыраженные ленточные гряды. Врез долины реки составляет более 4 м. Метки высоких вод (20–30 % обеспеченности) находятся на высоте около 2,7 м от наинизшей точки дна. Расход воды в межень в устье около $0,01\text{--}0,02 \text{ м}^3/\text{с}$. Максимальная скорость воды в этот период около $0,1 \text{ м/с}$.

Русло р. Шишкобойка почти на середине своей длины вступает на болотный залесенный массив т.м. «Клюквенное», и примерно через 3 км исчезает, около 2,5 км проходя топь. Далее русло р. Шишкобойка протекает без непосредственного контакта уреза свободной поверхности воды с заболоченными участками. Расход воды составляет около $0,07 \text{ м}^3/\text{с}$.

Степень залесенности бассейнов рр. Шишкобойка, Черная, Мостовка и Камышка снижается вниз по течению, а заболоченность в этом направлении возрастает.

Кроме водотоков на рассматриваемой территории широко распространены озера и болота. Озера в основном расположены на пойменных участках Томи. Питание их смешанное

и осуществляется за счет снеготалых, дождевых, грунтовых и болотных вод. Болота в долинах рек и на водоразделах преимущественно низинные мощностью до 3 м и более.

2.5.1. Химический состав речных вод

Формирование качества поверхностных вод изучаемой территории происходит под влиянием природно-антропогенных условий. На химический состав вод р. Томи влияние оказывают производственные и бытовые стоки, сбрасываемые в реку, поверхностный сток с окружающих территорий, на которых располагаются многочисленные населенные пункты. В целом, по химическому составу воды р. Томи пресные мало- и среднеминерализованные, гидрокарбонатные кальциевые, преимущественно нейтральные или слабощелочные [57].

Воды малых рек по химическому составу являются гидрокарбонатными магниево-кальциевыми [75] (рис. 2.5, 2.6), нейтральными и слабощелочными.

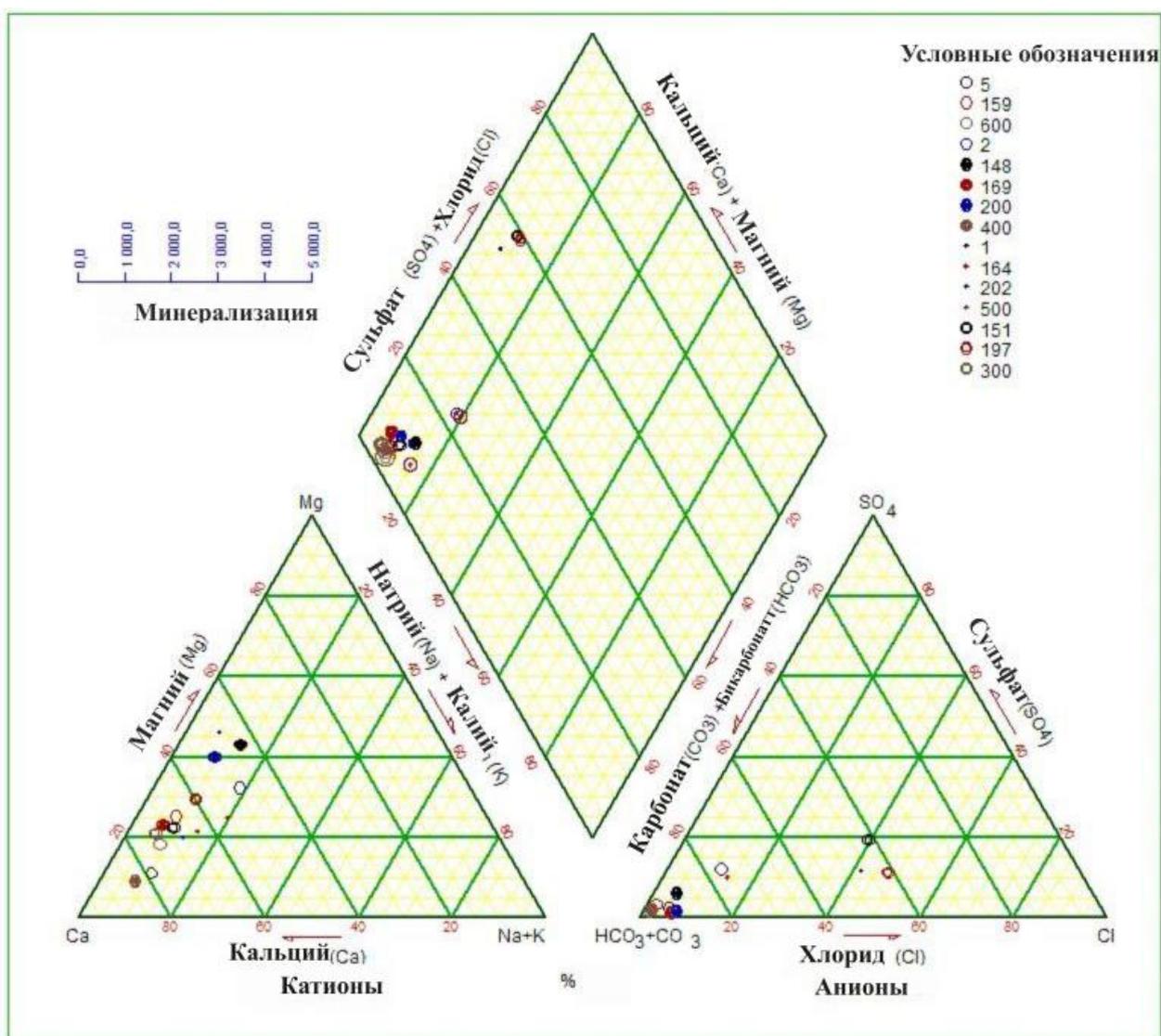


Рис. 2.5. Диаграмма Пайпера для речных вод территории исследования

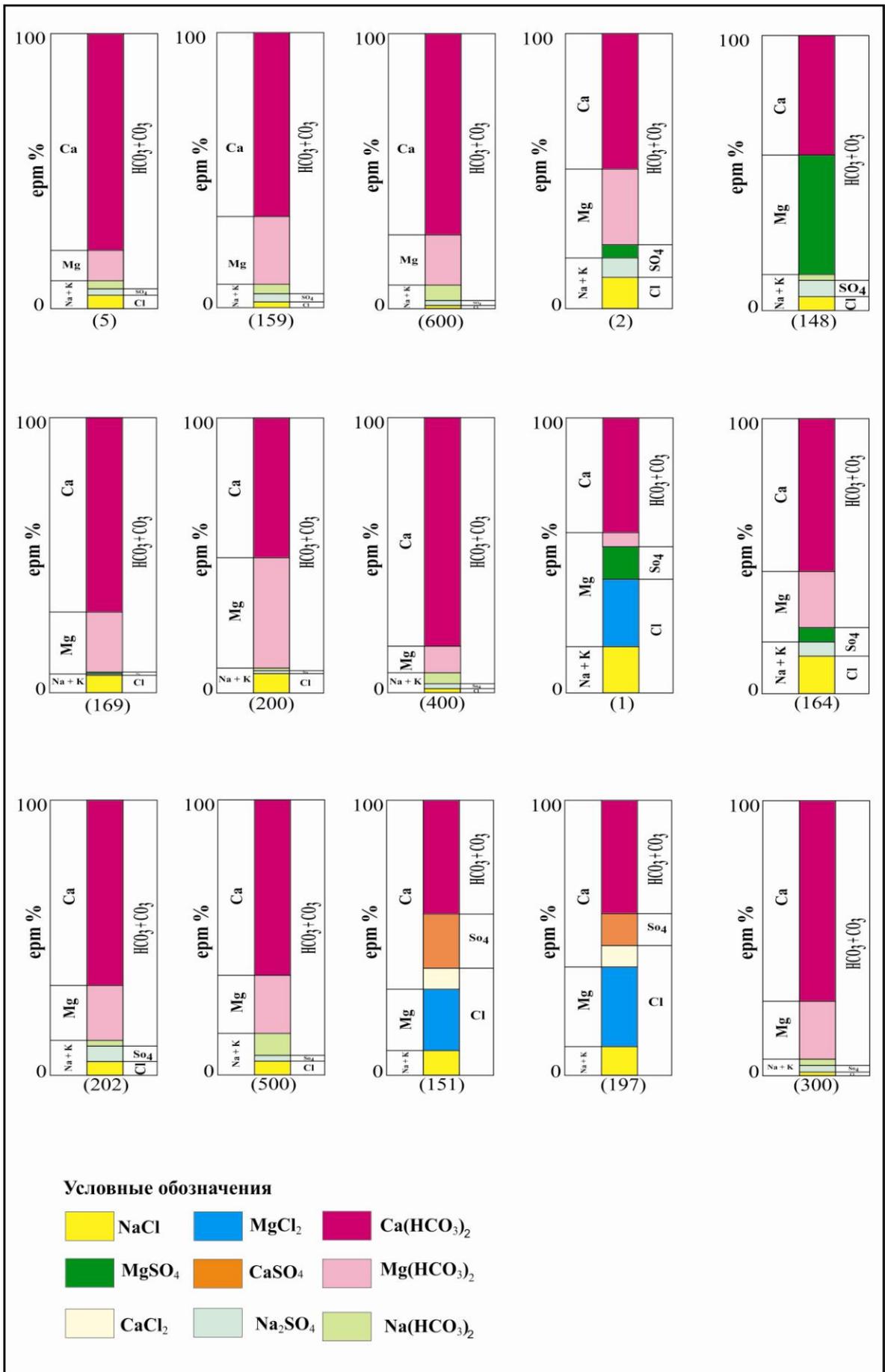


Рис. 2.6. Гипотетические комбинации солей речных вод

Качество вод левобережных притоков р. Томи на территории исследования формируется под влиянием поверхностного стока атмосферных осадков с загрязненных территорий, а также сброса хозяйственно-бытовых стоков, что проявляется в увеличении содержаний в воде органических веществ, нитратов, аммония, железа, сульфатов, нефтепродуктов и др. Специфические условия природного характера, связанные с заболоченностью территории Обь-Томского междуречья, способствуют увеличению в воде данных рек растворенных органических веществ и железа общего, содержание которых выше, чем в водах р. Томи (табл. 2.3), а насыщенность растворенными органическими веществами (гуминовые и фульвокислоты) придает бурую окраску воде [46].

Таблица 2.3. Сравнительные данные качественного состава левобережных притоков р. Томи [46]

Река, пункт наблюдения	O ₂ раст.	ХПК	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Fe общ.
р. Томь, выше города	5,3–6,3	7,7–10,3	1,7–4,2	0,0004–0,02	0,25–1,5	0,32–0,5	0,22–0,8
р. Ум, устье	5,9–7,0	10,6–38,8	1,7–2,5	0,02–0,03	1,4–1,9	0,13–0,6	0,7–1,7
р. Б.Черная, устье	6,6	46,0			0,9	0,15	0,6
р. Кисловка, выше сброса МП СОМС	7,7	10–45	3,4		1,3	0,5	0,44
р. Кисловка, ниже сброса с городского водозабора		19–70	6–17		0,9–3,0	0,8–1,4	2,0–4,0

Воды правобережных притоков являются пресными с очень малой и малой минерализацией, которая меняется от 15 мг/л в р. Шишкобойка до 200 мг/л в р. Камышка (табл. 2.4), гидрокарбонатными кальциевыми (максимальное значение HCO₃⁻ достигает 146,0 мг/л), по величине рН – от кислых до слабощелочных: значения этого параметра изменяются от 4,4 в верховьях рек до 7,7 в приустьевых участках, по жесткости воды мягкие.

По комбинации анионов и катионов были определены гипотетические комбинации солей в воде (табл. 2.5), представленные также на рис. 2.6, которые в процентном выражении составляют: Ca(HCO₃)₂ от 41 до 79 %, Mg(HCO₃)₂ от 5 до 43 %, остальные соли составляют менее 12 %. Исключением является MgCl₂, значения которой варьирует от 22 до 30 % в пробах 1, 151, 197.

Низкие значения минерализации и величины рН в реках обусловлены, вероятно, наибольшим вкладом в водное питание рек болотных вод, содержащих повышенное количество природных органических кислот. Особенно ярко эта тенденция выражена для рр. Черная и Шишкобойка, которые в большей степени подвержены влиянию болотных

вод. В водах очень высоки содержания $Fe_{общ}$, количество которого составляет от 1,5 до 17,6 мг/л, что также может быть объяснимо питанием рек болотными водами. В целом наблюдается закономерное увеличение минерализации и значений рН и уменьшение количества $Fe_{общ}$ по мере возрастания порядка водотока, что объясняется последовательным увеличением вклада в водное питание более минерализованных подземных вод и уменьшением влияния болотных вод, содержащих повышенное количество природных органических кислот и имеющих значения рН менее 7. В пространственном распределении эта закономерность обуславливает увеличение минерализации, величины рН от истоков к устью (рис. 2.7).

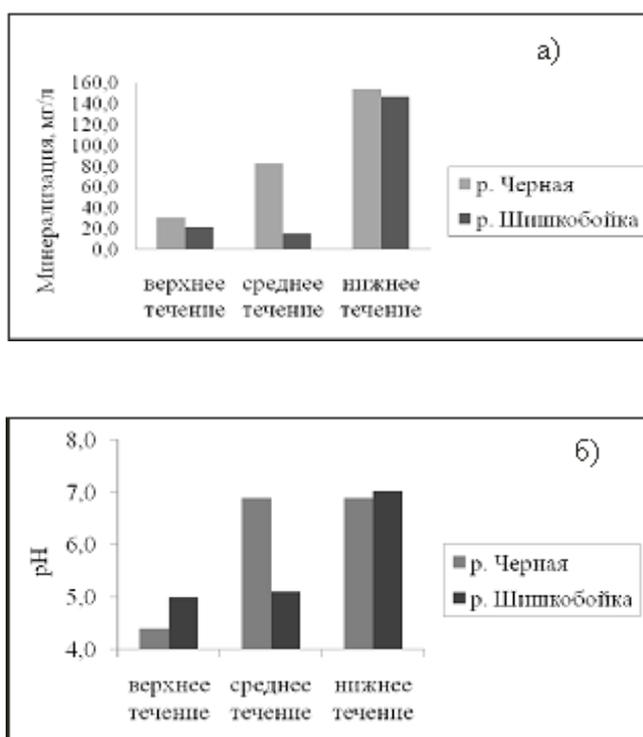


Рис. 2.7. Рост значений минерализации (а) и рН (б) правобережных притоков р. Томи от истоков к устью

Таблица 2.4. Химический состав речных вод в 2010 г.

Показатель	Ед. изм.	Камышка			Мостовка					Черная				Шишкобойка		
		5	159	600	2	148	169	200	400	1	164	202	500	151	197	300
№ пробы		5	159	600	2	148	169	200	400	1	164	202	500	151	197	300
Температура	°С	16,0	–	7,3	23,0	–	–	–	7,1	20,5	–	–	8,1	–	–	8,4
Эл-ность	мкС/см	208	192	244	56	65	150	180	210	64	175	162	181	33	29	175
Жесткость общ.	мг-экв/ л	1,6	1,8	2,5	0,5	0,6	1,6	1,8	2	0,8	1,6	1,3	1,6	0,4	0,3	1,8
pH		7,2	7,1	7,7	6,2	6,7	6,7	7,3	7,0	4,4	6,9	5,8	6,9	5,0	5,1	7,0
Ca ²⁺	мг/л	28	26	40	6	6	24	20	36	8	22	20	24	6	4	28
Mg ²⁺		2,4	6,0	6,1	2,4	3,6	4,8	9,6	2,4	4,8	6,0	3,6	4,9	1,2	1,2	4,9
Na ⁺		3,8	3,4	4,9	2,1	1,5	2,3	1,7	3,3	1,0	8,3	3,5	5,9	0,7	0,5	2,4
K ⁺		0,6	0,7	0,7	0,8	1,0	0,6	4,2	0,9	0,7	1,1	1,3	0,9	0,4	0,5	0,5
HCO ₃ ⁻		48,8	95,4	146,0	18,3	48,8	94,6	67,1	122,0	5,0	85,4	48,8	98,0	2,7	4,6	110,0
SO ₄ ²⁻		1,0	2,7	2,0	2,3	2,7	1,0	1,0	2,0	1,0	9,0	2,3	2,0	1,0	1,0	2,0
Cl ⁻		1,6	1,2	1,2	1,6	1,6	3,7	3,1	1,4	2,6	9,1	1,6	3,1	1,5	3,1	1,0
NO ₃ ⁻		1,0	0	0,6	1,4	1,5	0,6	1,5	2,0	3,4	11,4	0,9	8,4	0,3	3,0	3,1
NO ₂ ⁻		0,016	0	0,003	0,038	0,044	0,002	0,002	0,003	0,001	0,002	0,014	0,090	0,003	0,002	0,003
NH ₄ ⁺		0,82	0	0,60	1,10	0,87	2,17	5,11	1,89	4,21	1,86	0,96	2,10	2,17	3,56	1,15
PO ₄ ³⁻		0,50	0	0,35	0,40	0,44	1,05	3,75	0,91	0,66	1,25	0,27	1,10	0,37	0,53	0,74
Si		6,2	6,9	6,3	3,9	4,4	5,5	1,0	6,7	8,7	5,1	5,3	6,1	4,6	5,9	6,0
Fe _{общ}		3,5	3,2	2,8	1,5	1,5	9,7	17,6	7,8	9,2	11,4	3,1	7,6	7,4	7,6	11,3
O ₂		8,0	8,0	10,0	5,4	6,9	6,7	6,7	10,0	4,8	7,6	8,1	10,0	6,9	8,1	8,0
CO ₂		13,2	13,2	4,4	22	13,2	30,8	13,2	8,8	74,8	35,2	4,4	8,8	37,8	35,2	8,8
Сумма			87,9	199,0	135,4	35,9	67,6	113,4	166,0	133,8	137,0	154,1	30,6	82,9	15,9	21,5

Таблица 2.5. Гипотетическая комбинация солей в речной воде, в %.

Проба	Гипотетическая комбинация солей, %											Тип воды
	KCL	NaCL	MgCL ₂	CaCL ₂	K ₂ SO ₄	Na ₂ SO ₄	MgSO ₄	NaHCO ₃	Mg(HCO ₃) ₂	Ca(HCO ₃) ₂	Сумма	
5	0,87	4,34	0,00	0,00	0,00	2,41	0,00	2,55	11,10	78,74	100	Ca-HCO ₃
159	0,92	1,13	0,00	0,00	0,00	3,40	0,00	3,02	25,18	66,35	100	Ca-Mg-HCO ₃
600	0,66	0,71	0,00	0,00	0,00	1,69	0,00	5,40	18,36	73,19	100	Ca-HCO ₃
2	3,37	8,10	0,00	0,00	0,00	6,89	5,31	0,00	27,09	49,25	100	Ca-Mg-HCO ₃
148	3,73	1,27	0,00	0,00	0,00	6,24	0,00	1,99	43,10	43,67	100	Ca-Mg-HCO ₃
169	0,90	5,32	0,00	0,00	0,00	0,53	0,72	0,00	22,37	70,17	100	Ca-Mg-HCO ₃
200	5,46	1,76	0,00	0,00	0,00	1,72	0,00	0,26	40,05	50,73	100	Ca-Mg-HCO ₃
400	1,07	0,76	0,00	0,00	0,00	1,93	0,00	3,95	9,12	83,18	100	Ca-HCO ₃
1	12,57	4,53	24,50	0,00	0,00	0,00	11,83	0,00	4,84	41,72	100	Ca-Mg
164	1,42	12,48	0,00	0,00	0,00	5,72	4,45	0,00	20,44	55,49	100	Ca-Mg-HCO ₃
202	2,25	2,80	0,00	0,00	0,00	5,37	0,00	2,11	19,98	67,50	100	Ca-Mg-HCO ₃
500	1,23	3,81	0,00	0,00	0,00	2,40	0,00	7,42	21,40	63,74	100	Ca-Mg-HCO ₃
151	2,33	6,93	22,46	7,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	41,23	100	Ca-Mg
197	3,85	6,52	29,61	7,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	41,08	100	Ca-Mg-Cl-HCO ₃
300	0,67	0,84	0,00	0,00	0,00	2,22	0,00	2,37	20,99	72,91	100	Ca-Mg-HCO ₃

Выводы

1. Климат рассматриваемой территории резко континентальный, Томская область расположена в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины - одной из величайших равнин мира. Поверхность равнины имеет форму амфитеатра, На исследуемой территории развиты дерново-подзолистые и серые лесные почвы.

2. Главной водной артерией исследуемой территории является р. Томь – правый приток р. Оби, основную часть гидрографической сети Обь-Томского междуречья. Подземное водное питание связано с поступлением в речную сеть в основном грунтовых вод четвертичных отложений.

3. Правые притоки р. Томи (рр.Шишкбойка, Черная, Мостовка, Камышка) заметно отличаются друг от друга по водности. Наиболее многоводной является р. Камышка, чей сток в наименьшей степени зарегулирован болотными массивами.

4. Воды малых рек по химическому составу являются пресными с очень малой и малой минерализацией, которая меняется от 15 в р. Шишкбойка до 200 мг/л в р. Камышка, гидрокарбонатными кальциевыми (максимальное значение HCO_3^- достигает 146 мг/л), по величине рН – от кислых до слабощелочных: значения этого параметра изменяются от 4,4 в верховьях рек до 7,7 в приустьевых участках, по жесткости воды мягкие. Специфические условия природного характера, связанные с заболоченностью территории Обь-Томского междуречья, способствуют увеличению в воде данных рек растворенных органических веществ (гуминовые и фульвокислоты) и железа общего, содержание которых выше, чем в водах р. Томи.

ГЛАВА 3. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ

3.1. Стратиграфия

В геологическом строении района принимают участие отложения палеозойского фундамента и мезо-кайнозойского осадочного чехла, а также современные четвертичные отложения.

Фундамент представлен осадочными породами: глинистыми сланцами, песчаниками, алевролитами, органогенными известняками, яшмами и эффузивными породами: кварцевыми порфирами, диабазами, порфиритами девонского и каменноугольного возраста. На границе с мезозойскими осадками чехла породы фундамента часто выветрелые и разрушенные, они представлены гравелитами, брекчиями, образованиями коры выветривания. Рыхлые отложения платформенного чехла представлены осадками мезозойской и кайнозойской групп [58].

ПАЛЕОЗОЙСКАЯ ГРУППА (PZ)

На рассматриваемой территории Томского района отложения данного возраста имеют практически повсеместное распространение, но наиболее ярко выражены на стыке Западно-Сибирской платформы с герцинской складчатостью (небольшой участок на юго-востоке Томской области). Здесь отложения палеозоя залегают непосредственно под четвертичным покровом и представлены они каменноугольной и девонской системами. Палеозойская эратема представлена отложениями девонской и каменноугольной систем, которые слагают фундамент Западно-Сибирской плиты.

Каменноугольная система представлена нижним отделом. Это терригенные и хемогенные осадочные образования, различной степени метаморфизации. Породы фундамента в верхней части затронуты корой выветривания, мощностью до нескольких метров.

ДЕВОНСКАЯ СИСТЕМА (D)

Девонская система в пределах юго-восточной части Томской области представлена отложениями среднего и верхнего отделов. Подстилаются отложения этого возраста нерасчлененным комплексом отложений складчатого фундамента, перекрываются отложениями каменноугольной системы и частично отложениями четвертичного возраста. Это базальты, риолито-лавы, туфы, глинистые сланцы и песчаники.

Средний отдел (D₂)

Средний отдел представлен живетским ярусом.
Живетский ярус

Отложения распространены локально на изучаемой территории, лишь в южной ее части. Отложения перемяты в складки, ось складчатости направлена с севера на юг. Представлены отложения в нижней части митрофановской свитой (D_2mt) базальтов и их туфоф, глинистыми сланцами с линзами известняков, выше по разрезу залегают известняки мазаловско-китатской свиты (D_2mk). Описанные отложения имеют значительную мощность.

Верхний отдел (D_3)

Верхний отдел представлен франским, фаменским и нерасчлененным фаменско-франским ярусами.

Франский ярус

На изучаемой территории франский ярус представлен я-петропавловской свитой (D_3jar) и распространен также как и нижележащие отложения на юге. Представлены отложения преимущественно известняками, мергелями, аргиллитами, алевролитами и песчаниками. Мощность значительна.

Нерасчлененные фаменский-франский ярусы

Этот нерасчлененный комплекс распространен на юге изучаемой территории. Отложения представлены глинистыми сланцами, алевролитами, песчаниками, с проявлением золоторудной минерализации, относящимися к пачинской свите (D_3pc). Мощность значительна.

Фаменский ярус

Юргинская свита фаменского яруса (D_3jur) развита локально на юге изучаемой территории и залегают на нерасчлененном комплексе фаменского-франского ярусов. Сложена, в основном, песчаниками, глинистыми и известково-глинистыми сланцами, известняками с проявлением золоторудной минерализации. Отложения имеют значительную мощность. Перекрывается ярус отложениями нерасчлененного комплекса верхнедевонского-нижнекаменноугольного возраста.

НЕРАСЧЛЕНЕННЫЙ КОМПЛЕКС ВЕРХНЕГО ОТДЕЛА ДЕВОНСКОЙ И НИЖНЕГО ОТДЕЛА КАМЕННОУГОЛЬНОЙ СИСТЕМ (D_3-C_1)

Нерасчлененный комплекс верхнедевонского-нижнекаменноугольного возраста распространен на юге изучаемой территории Томской области. Комплекс представлен нерасчлененными фаменским и турнейским ярусами, которые подстилаются отложениями девонского возраста и перекрываются отложениями каменноугольной системы и частично отложениями четвертичного возраста.

Фаменский – турнейский ярусы

Стратиграфически вышеуказанные ярусы представляют собой нерасчлененную саламатовскую и ярскую толщи (D_3sl-C_1jar). Распространены отложения весьма локально на юге изучаемого района. Они перемяты в складки, общей направленностью с севера на юг. Толща сложена глинистыми сланцами, алевролитами, песчаниками с прослоями известняков, с проявлением золоторудной и сурьмяной минерализации. Мощность варьируется от значительной до полного выклинивания при переходе в Западно-Сибирскую плиту.

КАМЕННОУГОЛЬНАЯ СИСТЕМА (С)

Каменноугольная система, в пределах юго-восточного части Томской области, представлена отложениями нижнего, среднего и верхнего отделов. На описываемой территории отложения данного возраста распространены преимущественно в южной части на стыке двух структур – Западно-Сибирской платформы и герцинской складчатой области. Отложения перемяты в складки. Общая мощность каменноугольных отложений может достигать более 3000 м. Подстилаются каменноугольные отложения породами девонской системы, перекрываются отложениями пермской системы, а частично меловой системы.

Нижний отдел (C_1)

Нижний отдел представлен хорошо выраженными турнейским и визейским ярусами, а также нерасчлененным комплексом нижнего и верхнего отделов.

Турнейский ярус

Ярус приурочен к югу изучаемой территории. По литологическому составу отложения однообразны и представлены в основном глинистыми, алевролито-глинистыми сланцами и алевролитами, нередко содержащими пирит в виде кристаллов. Встречаются маломощные прослои полимиктовых и известняковых песчаников и известняков. Для пород турнейского яруса характерна слабая, но довольно постоянная карбонатность. Мощность достигает 1000 м.

Визейский ярус

Визейские отложения распространены на юге изучаемой территории Томской области. С размывом и стратиграфическим перерывом они залегают на нижележащих отложениях. Стратиграфически представлены лагерносадской (C_1lg) и басандайской (C_1bs) толщами. Лагерносадская толща сложена глинистыми и углисто-глинистыми сланцами и алевролитами, с проявлением золоторудной минерализации. Басандайская толща характеризуется песчаным и алевролитовым составом, с периодическим переслаиванием алевролитов, глинистых и алевролито-глинистыми сланцами, также содержит маломощные горизонты углистых сланцев. Мощность отложений значительна и

может достигать 2000 м, на границе с Западно-Сибирской платформой отложения выклиниваются полностью.

Нерасчлененный комплекс нижнего-верхнего отделов (C₁₋₃)

Данный нерасчлененный комплекс представлен серпуховским, башкирским и касимовским ярусами нижнего, среднего и верхнего отделов.

Нерасчлененный комплекс серпуховско-башкирского-касимовского ярусов

Распространены отложения в южной части исследуемого района. Представлены преимущественно песчаниками, алевролитами, аргиллитами, редко с глинистыми сланцами, в верхней части разреза с прослоями каменных углей. Мощность в большей части значительна, выклиниваются отложения на стыке герцинской складчатости с Западно-Сибирской платформой.

МЕЗОЗОЙСКАЯ ГРУППА (MZ)

Мезозойская эратема представлена отложениями юрской и меловой систем.

На палеозойских отложениях залегают породы юрского возраста, представленные песчаниками, алевролитами и аргиллитами с прослоями и линзами углей. На юрских отложениях согласно залегают меловые отложения, общей мощностью до 1800 м. Меловые отложения представлены песчаниками, аргиллитами, алевролитами, глинами, песками.

Палеозойские и мезозойские отложения вскрыты в скважинах и обнажаются узкими полосами вдоль русел основных рек района. На рассматриваемой территории Томского района мезозой представлен отложениями меловой системы. Они имеют практически повсеместное распространение.

МЕЛОВАЯ СИСТЕМА (K)

На исследуемой территории Томской области меловые отложения широко развиты. Практически везде они перекрыты палеогеновыми и четвертичными отложениями. Залегают отложения преимущественно на глубинах свыше 200 м и стратиграфически представлены нижним и верхним отделами.

Нижний отдел (K₁)

Нижний отдел меловой системы распространен практически повсеместно на исследуемой территории и представлен киялинской свитой (K₁kj) и кийской (K₁ks) свитой. Отложения характеризуются переслаиванием глин, аргилитов и песков с редкими прослоями песчаников. Общая мощность до 180 м.

Верхний отдел (K₂)

Нижний отдел представлен нерасчлененным комплексом сеноман-туронского яруса. Распространен он практически повсеместно. Стратиграфически толща относится к симоновской свите (K₂smn). Представлены отложения преимущественно пестроцветными глинами, песками, алевролитами, песчаниками, с прослоями песков с гравием и галькой, а также с включением мелких зерен янтаря. Мощность от первых десятков метров может достигать и превышать 200 м.

КАЙНОЗОЙСКАЯ ГРУППА (KZ)

На рассматриваемой территории отложения данного возраста имеют практически повсеместное распространение. Стратиграфически кайнозой представлен палеогеновой, неогеновой и четвертичной системами.

ПАЛЕОГЕНОВАЯ СИСТЕМА (P)

Отложения палеогенового возраста распространены повсеместно, за исключением отдельных участков в русле р. Томи. Среди этих отложений выделяют стратиграфогенетические комплексы эоцена (люлинворская, кусковская и тавдинская свиты), олигоцена (атлымская, новомихайловская и киреевская свиты) и нерасчлененные эоцен-олигоценые отложения.

Эоцен (P₂)

Эоцен представлен люлинворской, кусковской и тавдинской свитами.

Люлинворская свита (P₂ll)

Отложения свиты распространены на всей территории изучаемого района, выклиниваясь к юго-востоку, то есть в районе стыка Западно-Сибирской платформы и герцинской складчатости. Комплекс представлен плотными, жирными, аргиллитоподобными глинами с прослойками песка. Общая мощность варьирует от 2 и на юго-востоке территории до 28 м на северо-западе. Отложения перекрыты преимущественно кусковской свитой.

Кусковская свита (P₂ks)

Отложения распространены на всей территории изучаемого района, сокращаясь в мощности и выклиниваясь на стыке двух структур на юге, и представлены кварцевыми песками. Общая мощность около 20–30 м. Перекрыт данный комплекс отложениями тавдинской свиты и отложениями олигоцена.

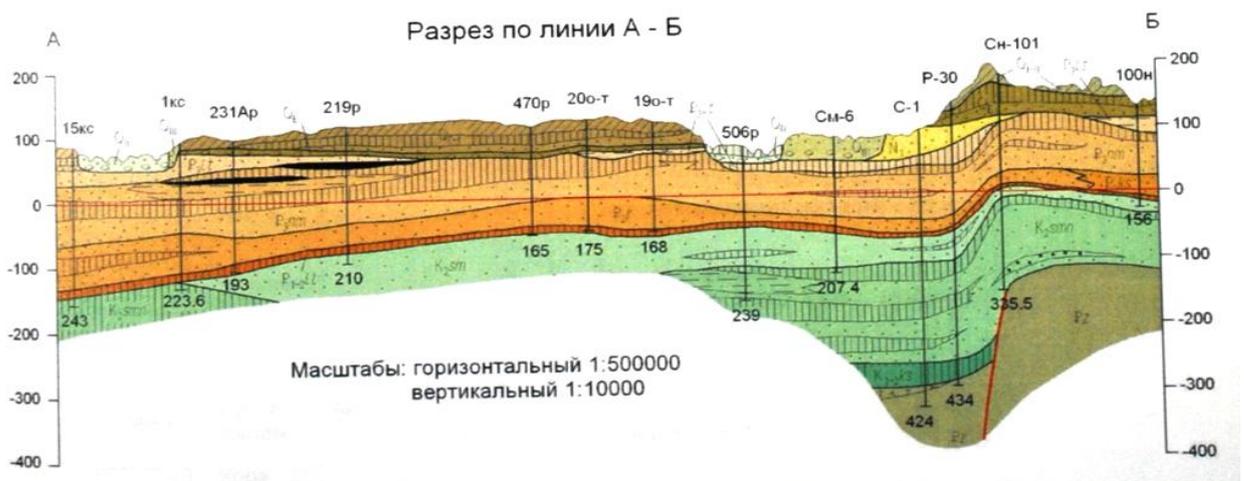
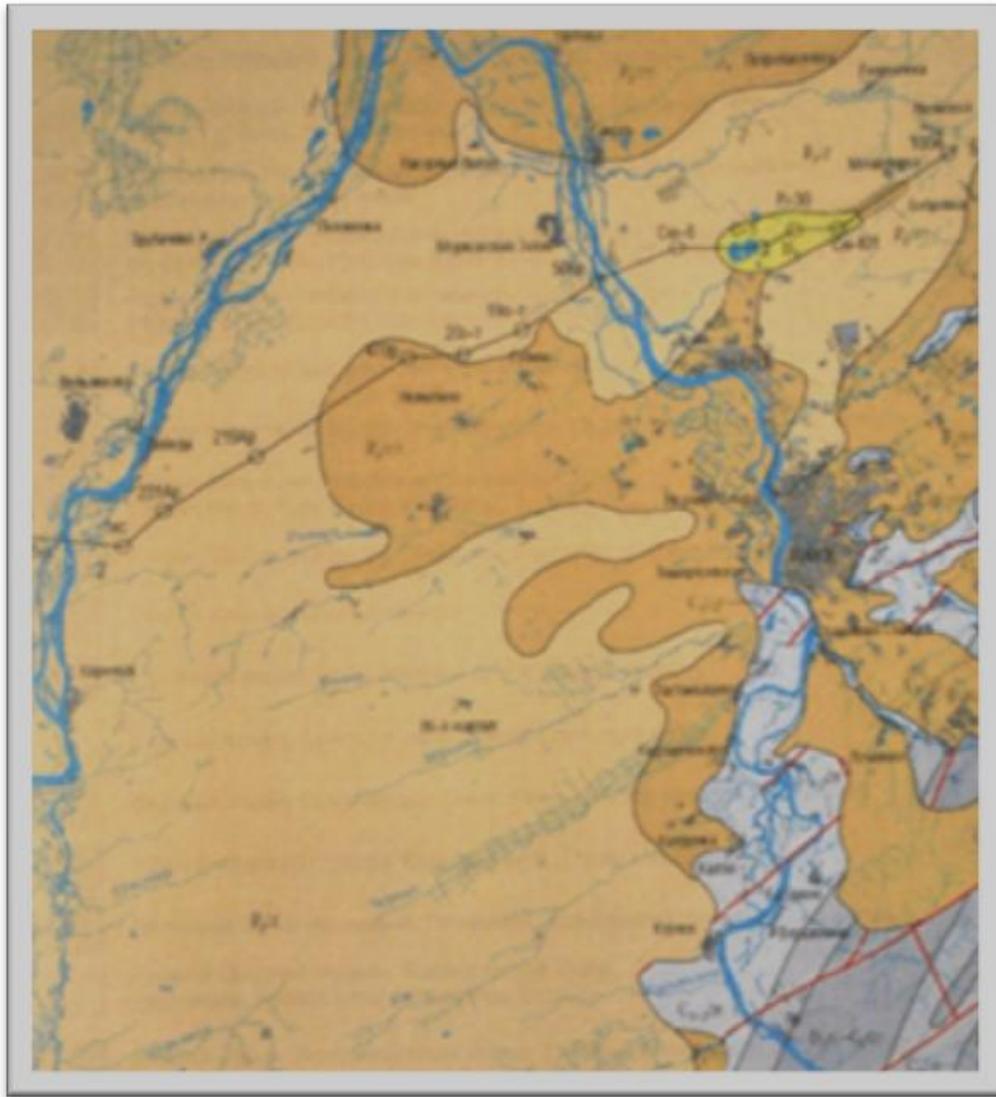


Рис. 3.1. Схематическая карта и разрез дочетвертичных образований (составил В.Г. Бирюков по материалам работ [38], [59])

Условные обозначения к рис. 3.1



Тавдинская свита (P_{2tv})

Распространена тавдинская свита эоцена локально, отложения представлены в основном тонкослоистыми глинами, с прослоями алевроита и песка, мощностью 25–30 м.

Нерасчлененный комплекс эоцен-олигоцена (P_{2-3})

Данный нерасчлененный комплекс представлен юрковской свитой.

Нерасчлененная юрковская свита эоцен-олигоцена (P_{2-3jur}) слагает, главным образом, долины междуречья рек Оби и Томи. Отложения представлены обводненными песками разной крупности, с прослоями глин. В кровле мощность варьирует от 13 до 40 м.

Олигоцен (P_3)

Олигоцен представлен алтымской, новомихайловской и киреевской свитами.

Алтымская свита (P_{3at}) распространена локально и сложена в основном песками. В верхней части разреза встречаются глины, алевриты, в основании – галька. Редко с прослоями бурых углей. Мощность варьирует от 6 до 80 м. Перекрываются отложения грунтами новомихайловской свиты.

Новомихайловская свита (P_{3nm}) распространена локально, представлен обводненными песками и алевритами переслаивающимися с глинами, с прослоями бурого угля и лигнита. Мощность свиты изменяется от 1,5 до 68 м.

Лагернотомская свита (P_{3lg}) распространена в основном в центральной части района и представлена песками с редкими прослоями глин. Мощность достигает 32 м.

НЕОГЕНОВАЯ СИСТЕМА (N)

Неоген представлен континентальными образованиями. Распространены на исследуемой территории достаточно широко, сплошным покровом перекрывая нижележащие отложения, отсутствуют в долинах крупных рек, где размыты. Они подверглись значительной предчетвертичной эрозии и денудации. Повсеместно неоген с угловым и стратиграфическим несогласием залегает на нижележащих породах и перекрываются четвертичными отложениями.

Миоцен (N1)

Миоцен на исследуемой территории характеризуют три свиты – абросимовская, таганская и кирнаевская.

Абросимовская свита (N_{1ab}) распространена на всей территории района, выклиниваясь к юго-востоку и отсутствуя в долинах р. Оби и ее крупных притоков. Представлена свита песками, глинами, алевритами с прослоями лигнитов. Мощность до 20 м.

Таганская свита (N_{1tg}) распространена в северной части рассматриваемой территории. Сложена свита песками разной крупности, глинами и в меньшей степени гравелитами. Мощность незначительна.

Кирнаевская свита (N_{1kr}) распространена преимущественно на востоке изучаемого района. Предоставлены они песками разной крупности с прослоями охристых глин, с галечником и конгломератами. Мощность не превышает 20 м.

НЕРАСЧЛЕНЕННЫЙ КОМПЛЕКС ПЛИОЦЕНА НЕОГЕНОВОЙ И НИЖНЕГО ОТДЕЛА ЧЕТВЕРТИЧНОЙ СИСТЕМЫ (N₂-Q₁)

Распространены незначительно и представлены нерасчлененным стратиграфо-генетическим комплексом плиоцен-нижнечетвертичных отложений кочковской свиты.

Кочковская свита (N₂-Q₁ks) N₂kc1. Отложения приурочены к водоразделам и представлены глинами спрослоями песков, в подошве с гравием и галькой. Общая мощность отложений достигает 55 м.

Эоплейстоцен “Пояснительная записка к карте четвертичных отложений Томской области м-ба 1:500000(тема55) Книга 1, Томск ОФ ТГРЭ 1997г, Отв. Исполнитель [59] “

Древние отложения четвертичной системы на территории Томской области повсеместно распространены в составе кочковской свиты и смирновской толщи, занимая все водораздельное пространство.

Кочковская свита laQE kc2

Кочковская свита распространена в восточной и юго-восточной части Томской области, слагая наиболее высокую гипсометрическую поверхность с абсолютными отметками +140–250 м. Подошва кочковской свиты располагается на отметках +130 и только в пределах Томь-Яйского междуречья она поднимается до отметок +200–230м. В основании свиты залегают плиоценовая, аллювиальная часть кочковской свиты, (называемая ранее нижнекочковской подсвитой); реже отложения олигоцена, коры выветривания палеозойских пород. Перекрыта кочковская свита осадками федосовской свиты. Представлена толщиной плотных глин реже тяжелых суглинков, бурых зеленоватых и голубовато-серых оттенков, иногда встречаются прослойки и линзы серых мелкозернистых, полевошпатово-кварцевых песков мощностью 2–12 м, часто переходящих в серые и коричневатые алевриты. Глины в пределах Обь-Томского и Томь-Яйского междуречий часто имеют характерную оолитообразную текстуру, иногда отмечаются прослойки ленточных глин, подчеркивающих субаквальный характер осадков.

Мощность кочковской свиты около 10–20 м и только в Обь-Томском междуречье она возрастает до 40 м и очень редко, в местах древних ложбин стока сокращается до 5 м.

Эоплейстоцен нижнее-среднее звенья

Смирновская толща

Отложения смирновской толщи закономерно снижаются с юга на север и с запада на восток в пределах +140–90 м, прислонены к кочковским образованиям.

Распространена смирновская толща в пределах водораздельных пространств всего левобережья Оби. В правобережной части смирновская толща окаймляет кочковскую

свиту на Обь-Томском междуречьях, причем в приустьевой части Обь-Чулымского междуречья толща часто перекрыта пайдугинской свитой и флювиальными отложениями.

Ниже вскрываются отложения абросимовской, аджарминской, атлымской свит, реже верхнеолигоценовые образования лагернотомской свиты. В пределах Обь-Томского междуречья в основании смирновской свиты вскрываются гравийно-галечниковые отложения плиоценовой части кочковской свиты.

Нижнее звено

Нижнечетвертичные отложения

В конце плиоцена – начале четвертичного времени резкое снижение базиса эрозии привело к формированию современной речной сети. Выработанные долины заполнились аллювиальными отложениями погребенными более современными.

В южных районах Томской области до широты Колпашевского Приобья в разрезе преобладают крупно-грубозернистые кварцевые пески с гравием, а в Томском Приобье – гравийно-галечниковые и песчано-гравийные отложения. В остальных районах Томской области верхняя часть разреза сложена тонко- и мелкозернистыми песками с редкими прослоями голубовато-серых глин и суглинков мощностью до 5 м. В основании залегают осадки лагернотомской свиты верхнего олигоцена, отложения глубоко врезаны в них залегая в долине Оби на уровне 0 м; в районе Колпашевского Приобья +35 м и +50 м на Обь-Томском междуречье.

В кровле нижнечетвертичного аллювия значительно размытого в результате позднейших тектонических процессов залегают разновозрастные отложения среднечетвертичного возраста и аллювиальные формирования современной долины. Мощность изменяется от первых метров до 21 м.

Нижнее-среднее звено

Федосовская свита

Отложения федосовской свиты накапливались в процессе формирования прадолины р. Оби и ее притоков на водораздельных пространствах, занятых осадками качковской свиты в условиях погружения Западно-Сибирской плиты.

Представлена свита озерными и озерно-аллювиальными отложениями с линзами и горизонтами буровато-серых, серых, редко зеленовато-серых, мелкозернистых, ниже грубозернистых с включениями гравия, песков. Мощность песков федосовской свиты изменяется от 0 до 10–12 м. Верхняя часть разреза федосовской свиты представлена глинами голубовато-серыми, серыми, темно-серыми до черных, часто иловатыми, алевритистыми, сильно карбонатизированными. Часто в верхней части разреза свиты

вскрываются суглинки желто-серые, буровато-серый, местами сильно обохренные и с пятнами гидроокислов железа.

Перекрыты отложения федосовской свиты маломощной толщей покровных отложений различного генезиса или совмещаются с орографической поверхностью.

Мощность осадков изменяется от первых метров до 30 м и в пределах Обь-Томского междуречья достигает 50 м. Вблизи речных долин эти отложения полностью смыты.

Среднее звено

Тобольская свита

Абсолютные отметки подошвы тобольской свиты закономерно повышаются в +25 до +95 м, и на запад по долине р. Васюган от +10 до +98 м. Отложения тобольской свиты вскрываются в обнажениях по берегам рек и вскрыты скважинами в основании террас. Отложения свиты приурочены к древним эрозионным врезам, причем современные речная сеть полностью унаследовала сложившуюся долину. Тобольская свита перекрыта отложениями сузгунской толщи или на ней залегают аллювиальные образования террас, переход между свитами постепенный.

Тобольские отложения повсеместно представлены русловым аллювием и реже в верховьях разреза пойменными фациями. Русловой аллювий в Томском Приобье представлен серыми песками от мелких до грубозернистых, полевошпатово-кварцевыми, в основании часто гравелистые пески или песчано-гравийные отложения.

Пойменный аллювий представлен маломощными слоями и линзами серых, голубовато-серых суглинков, супесей и иловатых глин, мощностью от первых метров до 26 м.

Сузгунская толща

Сузгунская толща завершила формирование осадков, слагающих тобольское плато, полностью расположенное в пределах абсолютных отметок +80–+90 и в верховьях притоков Оби второго порядка достигают отметок +100 м.

Сузгунская толща включает объединенные ширтинско-тазовские и самаровскую свиту отложения, т. к. выделение в Томской области этих подразделений, характерных для внутриледниковой зоны не обоснованы.

Отложения толщи развиты в долине р. Оби, достигая ширины 100–125 км, значительно сужаясь к Обь-Тымскому междуречью. Отложения толщи далеко проникают в верховья практически всех притоков. Такое же далекое распространение сузгунских образований отмечается и на правобережье р. Оби.

В бортах Тобольско-Сузгунского плато повсеместно залегают образования смирновской толщи и только на крайнем юго-западе Томской области в бортах среднечетвертичных отложений обнажаются более древние неогеновые пески абросимовской свиты, как результат размыва.

С приближением к долине р. Оби, где развиты аллювиальные отложения тобольской свиты и на всем правобережье р. Оби эти отложения без видимых перерывов перекрывают образования тобольской свиты.

Отложения толщи представлены песками, супесями, глинами с гумусированными прослоями и погребенными почвами, причем суглинки и глины приурочены в основном к верхней части толщи. Суглинки нередко лессовидные, со столбчатой отдельностью, мощность до 8 м, легкие и средние, комковатые коричневато-желтые, коричневатые, серые и зеленоватые-серые цвета, в восточных районах местами каолинизированы. Глины голубовато-серые, темно-серые, коричневатые-серые, карбонатные, местами иловатые, с четко выраженной горизонтальной слоистостью, содержат линзы песков, прослои погребенных почв, редкие растительные остатки плохой сохранности.

Пески на левобережье р. Оби от желтовато-коричневых до серых, на правобережье – темно-серые, серо-голубые, тонко- и мелкозернистые, полевошпатово-кварцевые. Отмечена тонкая горизонтальная волнистость, реже косая слоистость.

Среднее верхнее звено

Пайдугинская свита

Отложения древних ложбин стока обобщены под названием пайдугинская свита, по-видимому, сформировавшиеся при массовом таянии ледников, расположенных восточнее и севернее территории Томской области. **Средне-верхнеплейстоценовые отложения древних ложбин стока** протягиваются почти параллельными полосами, ограниченными долинами рек, с юго-запада на северо-восток через все Обь-Томское междуречье. Ширина их изменяется от 2,5 до 10 км. Поверхность ложбин, довольно плоская почти на всем своем протяжении (а.о. 120 м), имеет повышение абсолютных отметок на юго-западных участках до 135 м. В геологическом разрезе представлены глины, суглинки, супеси, пески, которые по площади и по глубине часто и незакономерно переслаиваются. Направление ложбин преимущественно юго-западное на правобережье Оби и северо-восточное на левобережье. Ложбины стока имеют сквозной характер, пересекают современные речные долины. Отложения ложбин стока с размывом залегают на разновозрастных образованиях. В пределах Обь-Чулымского и Обь-Томского междуречья в основании пайдугинской свиты залегают отложения кочковской свиты и

смирновской толщи. Сверху они перекрыты торфяными отложениями болот. Мощность отложений увеличивается с северо-востока на юго-запад от 2–4 м до 20–22 м.

Флювиальные отложения

Флювиальные отложения формируются на пологих склонах водораздельных равнин и носят покровный характер. Кровля отложений совпадает с орографической поверхностью.

Верхнее звено

Террасы

Отложения верхнего плейстоцена формируют три эрозионно-аккумулятивных террасы залегающих с размывом на подстилающих породах.

Аллювиальные отложения III надпойменной террасы а³III с врезом 20–25 м залегают на отложениях смирновской толщи и сохранились от размывов только на правобережье р. Оби. О ширине террасы говорить сложно, т. к. восточные борта Обской долины постоянно смещаются в западном направлении, формируя террасовые отложения. Абсолютные отметки достигают 100 м.

Сложена III надпойменная терраса преимущественно серыми, желтовато-серыми буровато-серыми, реже зеленовато-серыми мелко- и среднезернистыми песками, реже тонко- и мелкозернистыми пылеватыми, часто они хорошо промыты полевошпатово-кварцевыми, слабо слюдистыми, с пятнами ожелезнения и включениями растительных остатков. Слоистость горизонтальная и косая. Иногда в основании отложений пески мелко-крупнозернистые с включениями гравия и гальки кремниевого состава.

Суглинки, глины, супеси и алевролиты окрашены в буровато-серые и синевато-серые цвета, слабо карбонатные, иногда встречаются остракоды. На хорошо дренированных береговых склонах в южной части территории лессовидные, просадочные. Коэффициент относительной просадочности 0,001–0,051. Коэффициент уплотнения при нагрузке $2\text{кг/см}^2 - 0,005-0,017\text{см}^2$.

Мощность отложений изменяется от 14–16 до 30 м, иногда сокращаясь до 4 м.

Консистенция пород твердая и полутвердая, иногда туго- и мягкопластичная. При удалении от речных долин наблюдается переувлажнение связных грунтов, консистенция их становится текучей.

Аллювиальные отложения II надпойменной террасы а²II за исключением крайней северо-восточной территории Томской области Наиболее широко вторая надпойменная терраса развита на правом берегу р. Оби, где она прослеживается в виде широкой полосы от 0,5 до 42 км. Относительная высота ее над урезом воды от 7 до 18 м. Абсолютная

высота поверхности террасы повышается с севера на юг от 50 до 80 м, а в долине и от низовьев притоков Оби к верховьям от 50–70 до 80–90 м.

Терраса сложена в основном желтовато-серыми, коричневатого-серыми хорошо промытыми средним и тонкими песками, переслаивающимися в верхней части с тонкозернистыми иловатыми песками, супесями, реже суглинками и глинами. Суглинки и глины буровато-серые, желтовато-бурые, иногда с зеленым оттенком, содержат растительные остатки и линзы песков иногда они слабо карбонатны. В основании террасы р. Томи залегают маломощные гравийно-галечниковые отложения кремниево-кварцевого состава.

Цоколем II надпойменной террасы являются пески тобольской свиты.

Мощность отложений террасы непостоянна и изменяется от 12 до 19 м в долине р. Оби.

Аллювиальные отложения I надпойменной террасы а² III имеют локальное распространение, но зафиксированы по долинам всех крупных водотоков Томской области и в низовьях крупных ее притоков и достигают 5–10 км при протяженности 40–50 км. На более мелких притоках площади распространения образований не велики, часто составляют первые километры по ширине и по протяженности. Поверхность террас сильно заболочена.

Относительная высота террасы над уровнем воды в р. Оби от до 10 м, в долине р. Томи от 3,5 до 7 м. Абсолютные отметки поверхности изменяются от +50 в долине р. Оби на севере области до 140 м в ее восточной части. Превышение над поймой от 1 до 3 м.

В составе отложений I надпойменной террасы преобладают пески с прослоями супесей, суглинков, реже глин, встречаются линзы погребенных торфяников. Пески желтовато-серые, тонко-мелкозернистые, реже крупнозернистые. По составу пески полевошпатово-кварцевые, слабо слюдястые горизонтально и косослоистые, часто хорошо промытые.

Суглинки и супеси бурые, серые, серые с желтым оттенком. Глины иловатые, сероватые, зеленовато-серые, буровато-серые с многочисленными линзами и прослоями песков встречаются в составе террасовых отложений в верховьях рек и по мелким притокам. В составе Мощность изменяется от первых метров до 17–20 м в долине р. Оби.

Верхнее-современное звено

К верхнечетвертичным современным отложениям отнесены субэральные покровные образования водораздельных пространств, делювиальных отложений склонов водораздельных пространств, и эоловые отложения имеющие характер как локальных, ограниченных по площади распространения, так и покровных отложений.

Субаэральные покровные образования Субаэральные покровные образования развиты на водораздельных пространствах не занятых болотами, маломощным слоем перекрывая отложения смирновской, кочковской, федосовской и сузгунской толщ. Представлены покровные отложения суглинками, супесями коричневатого, желтовато-бурого, желтовато-серого цвета, они макропористые, слабо выражена столбчатая отдельности слабая облессованность. Местами суглинки карбонатные вскипают с соляной кислотой. Мощность покровных отложений субаэральное происхождения изменяется от 1 до 5–6 м, редко 8 м.

Покровные образования, имеющие проблематичное происхождение и скорее всего, связаны с диагенетическими изменениями материнских пород, подстилающих их, в зоне активной аэрации. По-видимому, покровные отложения являются продуктами химического выветривания, о чем свидетельствует появление красных тонов ожелезнения. Мощность покровных отложений проблематичного происхождения составляет 1–2,5 м.

Делювиальные отложения склонов. Делювиальные отложения склонов присутствуют вблизи глубоко врезаемых в водораздельное пространства речных долин. Здесь в условиях развившейся овражно-балочной системы активизировались оползневые процессы. Кроме того, отчетливо проявляется склоновая эрозия. Мощность отложений – первые метры.

Эоловые отложения в пределах древних ложбин полей флювиальных отложений, высоких надпойменных террас и редко на древних водораздельных пространствах. Проявляются они в виде дюн и песчаных бугров, имеющих разные формы. Котловины выдувания заняты современными болотными образованиями. Мощность эоловых отложений 5–7 м, иногда 15 м.

Современное звено

Аллювиально-делювиальные отложения. Они представлены озерно-болотными отложениями на водораздельных пространствах, слагают пойменную террасу в речных долинах и представлены аллювиально-делювиальными отложениями глубоко врезаемых истоков малых рек.

Аллювиально-делювиальные отложения заполняют врезы и водораздельные пространства мелких притоков речной сети II и III порядков на левобережье р. Оби.

Представлены они обрушившимися в овраги размытыми и оползнями отложениями смирновской толщи. Так как кроме обрушения имеет место перенос, то отложения относятся к аллювиально-делювиальным. Представлены суглинками, глинами, реже песками размываемых отложений сохраняя их цвет и другие текстурные

особенности материнских пород. Площадь распространения их ограничена овражно-балочной системой, мощность до первых метров.

Озерно-болотные отложения

Озерно-болотные отложения широко распространены в пределах территории области (рис). В зависимости от различного геоморфологического строения, густоты речной сети, расчлененности отдельных участков, болота распределены по территории неравномерно. Отложения представлены торфами, илистыми суглинками и глинами, илистыми сапропелями, гажей залегающими в основании разреза. Торфа разной степени разложения, представлены все типы залежей: верховые, низинные, переходные, смешанные.

Наибольшее значение в формировании современных подстилающих болотные массивы отложений, имел поздне-плиоцен-четвертичный этап – этап накопления толщи поверхностных отложений мощностью 100–120 м, развития современного рельефа долины, основных особенностей подземных вод верхнего гидрогеологического этажа, растительного и почвенного покрова [34].

Подстилающие отложения различного возраста от современных аллювиальных до качковской свиты неогена.

Как уже отмечалось, имеют место зональные особенности в распространении и строении торфяных массивов. В подзоне южной тайги процессы заболачивания охватывают значительные территории. Особенность в развитии болот южной тайги – большая продолжительность эвтрофной стадии по сравнению со средней тайгой как результат повышенной карбонатности подстилающих пород. Господствуют олиготрофные сосново-кустарничково-сфагновые, грядово-мочжинные, и в меньшей мере грядово-мочажинноозерковые болотные системы. Климатические и геоморфологические условия этой зоны являются оптимальными для развития олиготрофных болот. В южной тайге глубоко-залежные болота датируются бореальным периодом, в центральных участках болот (особенно крупных) переход в стадию атмосферного питания начался на рубеже суббореального и субатлантического периодов. Низинные торфа составляют небольшую часть – 10–15 %, представлены сфагновыми видами осоковыми травяными шейхцериевыми, хвощевыми и древесными торфами. В целом преобладает верховая залежь до 75%. Представлена в основном фускум торфом, комплексным сфагново-мочажинным, шейхцериево-сфагновым, шейхцериевым с небольшими прослойками магелланикума пушицево-сфагнового торфа, пушицевого и сосново-сфагнового.

В целом, как отмечает Сергеев А.И., в Томском Приобье наиболее широким развитием пользуются верховые болота с широкой изменчивостью глубины и

мезорельефа в зависимости от вида залежи [70]. Преимущественным развитием по глубине залежи пользуются болота средние (2–4 м) и глубокие (4–6 м), сильнообводненные, мезорельеф выпуклый, уплощенно-выпуклый (I и II тип верховых торфяных массивов по классификации [70]). Видовой состав представлен фускумом, ангустифолиум, магелланикум, комплексным верховым, шейхцериевым, шейхцериево-сфагновым торфами малой степени разложения.

Торфяные болота переходного типа имеют преимущественно слабовыпуклый и плоский мезорельеф, по глубине мелкие (до 2 м) и средние (2–4 м). Они сложены торфами средней и хорошей степени разложения скрытотекучей консистенции (II, III типы переходных торфяных болот). Преобладают залежи топяные, комплексные.

Низинные болота имеют плоский и слабо выпуклый мезорельеф по глубине мелкие (до 2 м), средне-сильнообводненные (II, III типы низинных торфяных болот). Торфа представлены гипновыми, осоково-гипновыми, осоковыми, древесно-травяными видами. Здесь все же следует добавить, что именно среди низинных массивов встречаются довольно глубокие, особенно пойменные. Мощность отложений колеблется от 0,5 до 10,7 м

Пойма

Аллювиальные отложения пойм (а IV) распространены в долинах всех рек. Пойма р. Оби имеет ширину от 5 км на юге области до 30 км на севере, Томи – 5–7 км, поймы рек второго порядка до 1 км. Абсолютные отметки пойменных отложений совпадают с современной орографической поверхностью и достигают 75–80 м в Томском Приобье, а на притоках I порядка от уровня поймы р. Оби до +140 м в их верховьях. Еще выше до 190 м поднимаются пойменные отложения мелких рек на юго-востоке и северо-востоке области.

Врез речной сети на р. Оби составил 25–30 м от уровня поверхности I надпойменной террасы, вскрывая разновозрастные отложения от верхнего олигоцена, миоцена и нижне-среднечетвертичных образований в долинах рр. Оби и ее крупных притоков до отложений смирновской и сузгунской толщ у мелких притоков и палеозойских образований фундамента в районе Томского выступа.

3.2. Тектоника

В геологическом строении Западно-Сибирской плиты выделяется фундамент, представленный породами доюрского возраста, и платформенные пологозалегающие на фундаменте отложения мезозоя и кайнозоя. Доюрский фундамент Западно-Сибирской плиты представляет собой гетерогенное складчато-глыбовое сооружение [58]. В его

строении участвуют герцинские, каледонские, салаирские и байкальские складчатые системы, причем в зависимости от возраста складчатых систем под платформенным чехлом развиты структурно-формационные зоны геосинклинального, проторогенного, дейтерогенного и рифтового типов, представленного соответствующими формациями. Фундамент сложен докембрийскими, палеозойскими и раннемезозойскими породами, представленными вулканогенными, терригенными и хемогенными метаморфизованными образованиями, разнообразными по составу и возрасту. Поверхность фундамента погружается от складчатых сооружений, оконтуривающих плиту с запада, юга и востока к ее центральным частям. Рельеф поверхности эрозионный, тектонический, неровный. Начиная с позднего мела в верхней части плиты формируется новый структурный план, не связанный с прежним планом фундамента.

Сложноскладчатый фундамент платформы был выровнен мощным чехлом мезокайнозойских отложений, благодаря чему, создан исключительно равнинный рельеф. Окончательно, современный рельеф был сформирован на неотектоническом этапе, начало проявления которого связано с активизацией тектонических движений на границе палеогена и неогена [50]. Трофимов [2] отмечает, что широтная зональность природных условий в Западной Сибири связана не только с современными климатическими условиями, но в значительной степени усугубляется широтным простиранием новейших структур, которые контролировали распространение разновозрастных пород, отложений разного генезиса, а также развитие рельефа и распространение подземных вод.

Район исследований располагается в сложной зоне сочленения структур Колывань-Томской складчатой зоны, Западно-Сибирской плиты, Кузнецкого прогиба и Кузнецкого Алатау, где с тектонической точки зрения можно выделить три структурных этажа.

Нижний структурный этаж сложен позднерифейским карбонатно-амфиболитовым комплексом, офиолитовой и островодужной нижнекембрийскими ассоциациями северного продолжения Кузнецкого Алатау. Эти комплексы вскрыты скважинами в восточной части района.

Структуры Кузнецкого Алатау проявляются в Яйском горсте (рис. 3.2), где выявлены сложнодислоцированные докембрийские и кембрийские вулканогенно-осадочные толщи, содержащие межпластовые тела мафит-ультрамафитового состава. На западе через зону Кузнецко-Алатаусского разлома, имеющую крутое (700) западное падение, Яйский горст контактирует с Ташминской грабен-синклиналью, выполненную верхнепалеозойскими толщами. На востоке горст также ограничен дизъюнктивным нарушением, частично перекрытым полем девонских вулканитов.

В пределах горста толщи пород имеют северо-северо-западное простирание при крутых (75–900) углах падения, осложнены многочисленными разрывными нарушениями, зонами дробления и метасоматической переработки, часто катаклазированы. Внутренняя структура блока в связи с отсутствием обнажений практически не поддаётся расшифровке, но, судя по рисунку магнитных аномалий, можно предполагать S-образную морфологию кулисообразно расположенных интрузий, наличие надвиговых структур, изоклинальных, опрокинутых и лежачих складок (Кошкарёв, 2002).

Второй структурный этаж представлен палеозойскими дислоцированными толщами Кузнецкого прогиба и Колывань-Томской складчатой зоны.

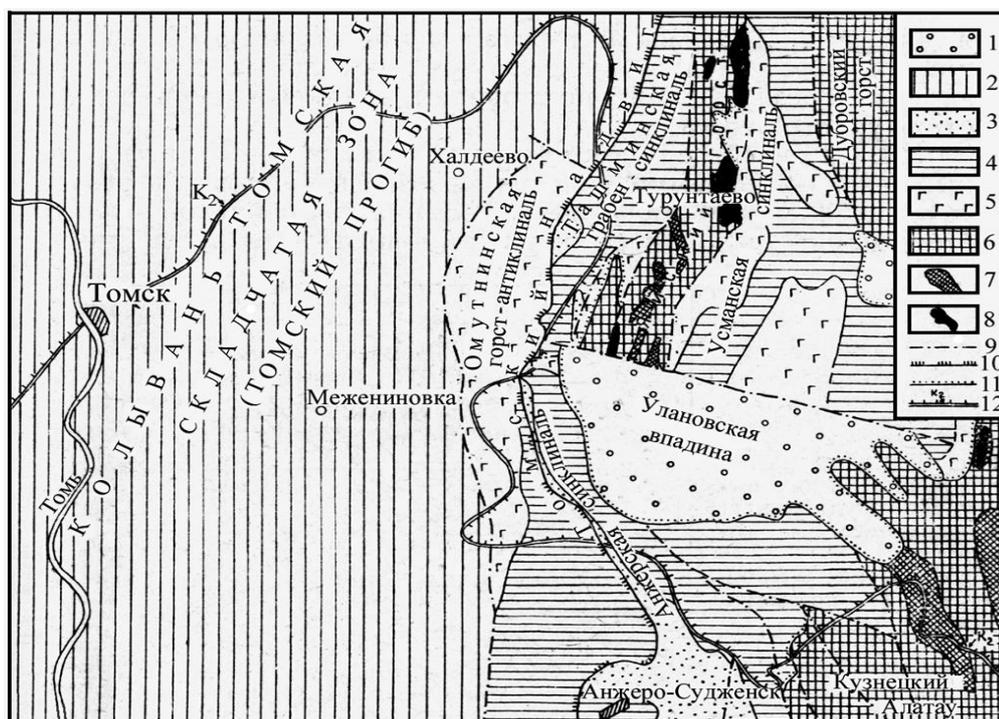


Рис. 3.2. Схема тектонического строения фундамента зоны сочленения Колывань-Томской складчатой зоны, Кузнецкого прогиба и Кузнецкого Алатау [8]: 1 – мезозойские впадины; 2–5 – герциниды (D–С):

2 – флишевые отложения Колывань-Томской складчатой зоны, 3 – терригенные отложения северного продолжения Кузбасса; 4 – терригенно-карбонатные отложения; 5 – вулканогенные породы; 6 – каледониды (R – E1); 7 – габбро; 8 – гипербазиты; 9 – разломы; 10 – Томский надвиг; 11 – границы углового несогласия; 12 – граница распространения отложений верхнего мела

Район исследований принадлежит структурам Кузнецкого Алатау и Колывань-Томской складчатой зоны.

Колывань-Томская складчатая зона представлена восточным крылом крупного синклиория (Томский прогиб), полого (под углом 20–30°) погружающегося на запад. Отложения Колывань-Томской зоны собраны в узкие линейно-вытянутые в субмеридиональном направлении складки, оси которых испытывают слабые поперечные прогибания, достигающие 2–5°. В большинстве случаев складки имеют асимметричное

строение – они слегка опрокинуты на запад. Западные крылья падают под углами 60–80°, падение восточных колеблется в пределах 40–60°. Характерной особенностью этих складок является то, что антиклинали сжаты и заострены, синклинали же имеют более спокойный характер, приближаясь к сундучновидному типу. Для пород Колывань-Томской складчатой зоны характерна интенсивная рассланцовка.

В отложениях Колывань-Томской складчатой зоны фиксируются нарушения разрывного характера. Наблюдается два основных направления разрывных нарушений: одно из них совпадает с простиранием пликативных структур или очень близкое к нему, другое сечет эти структуры вкрест простирания.

К первому типу относятся нарушения взбросово-надвигового характера северо-восточного простирания, прослеженные в бассейне реки Ушайки и в районе Семилуженского месторождения сурьмы. Разрывные нарушения данного типа имеют значительные амплитуды смещения с общим падением на восток под углом 55°.

Дизъюнктивные дислокации второго направления имеют близкую к широтной ориентировку, то есть являются поперечными к складчатым структурам. Нарушения в большинстве случаев представляют собой сбросы с крутым падением сместителя на юго-юго-запад с амплитудой смещения 100–200 м. Отмечаются нарушения и взбросо-сдвигового характера, имеющие небольшие амплитуды перемещения (максимум 1 м).

Особое место в комплексе тектонических элементов палеозойского фундамента всего района занимает трещиноватость пород. В глубину от поверхности до мелового рельефа мощность зоны интенсивной трещиноватости, развитой в пределах исследуемой площади, колеблется от 20 до 80 м, достигая 100–150 м. Ниже зона трещиноватости затухает и на глубине 200–250 м породы становятся монолитными. Зона региональной трещиноватости развита неравномерно, наиболее развитая трещиноватость приурочена к перегибам складок. Трещины часто заполнены кварцем или кальцитом.

Древние структуры Кузнецкого Алатау представлены Омутнинской горстантиклиналью. Эта структура сформировалась в раннегерцинскую фазу и на протяжении всего верхнего палеозоя существовала как выступ, разделяющий две области с различными условиями осадконакопления: Кузнецко-Алатаусскую и Колывань-Томскую. Этот выступ является крайним северным звеном в цепи антиклинальных структур, прослеживающихся по восточному краю Колывань-Томской зоны. Западная граница описываемой Омутнинской структуры тектоническая и представляет собой сброс с амплитудой в несколько сотен метров. Он вскрыт скважинами в районе с. Халдеево. Линия сброса имеет крутое падение на запад. При этом она не сопровождается мощной зоной дробления пород. Тектоническая брекчия этого нарушения имеет мощность всего

около 4 м. Основной сброс оперяется рядом субпараллельных нарушений. Восточной границей горст-антиклинали является Томский надвиг. Последний чаще всего имеет вид пологого взброса и состоит из семи сближенных, иногда ветвящихся, полого падающих на запад тектонических зон. Мощность таких зон самая различная – от десятков сантиметров до 20–30 м. Во всех случаях зоны сложены обломками вмещающих пород и черной углисто-глинистой массой милонита. Иногда надвиг имеет характер шарьяжа и тогда мощной тектонической зоны нет, а отмечается только резкая смена пород с угловым несогласием между ними. В этом случае надвинутые породы раздроблены и брекчированы.

Дизъюнктивы встречаются очень часто и имеют самый различный характер. Здесь имеются как крупные нарушения, оперяющие Томский надвиг и Халдеевский сброс, так и мелкие трещины северо-западного и субширотного направлений, к которым приурочены дайковые тела «томских диабазов» и долины рек. К системе таких рек, в частности приурочены долины рек Щербак и Ташма. Нарушения четко отображаются в резких (под прямым углом) поворотах долин, асимметрии их и различных гипсометрических уровнях залегания одновозрастных отложений на правом и левом берегах. Подавляющее большинство дизъюнктивов, отображающихся на аэрофотоснимках, постпалеозойские [9]. Парначев МПИ: Верхний (третий) структурный этаж сложен мезозойскими и кайнозойскими толщами. На молодые тектонические движения на границе палеогена и неогена (савская фаза альпийского тектогенеза) указывали. Эти движения сформировали так называемый Томский вал широтного простирания, в пределах которого палеогеновые осадки претерпели поднятие. Эти отложения севернее г. Томска и у бывшей деревни Белобородой погружаются на север, а у с. Ярского собраны в широтные складки с углом падения крыльев до 250 (рис. 3.3).

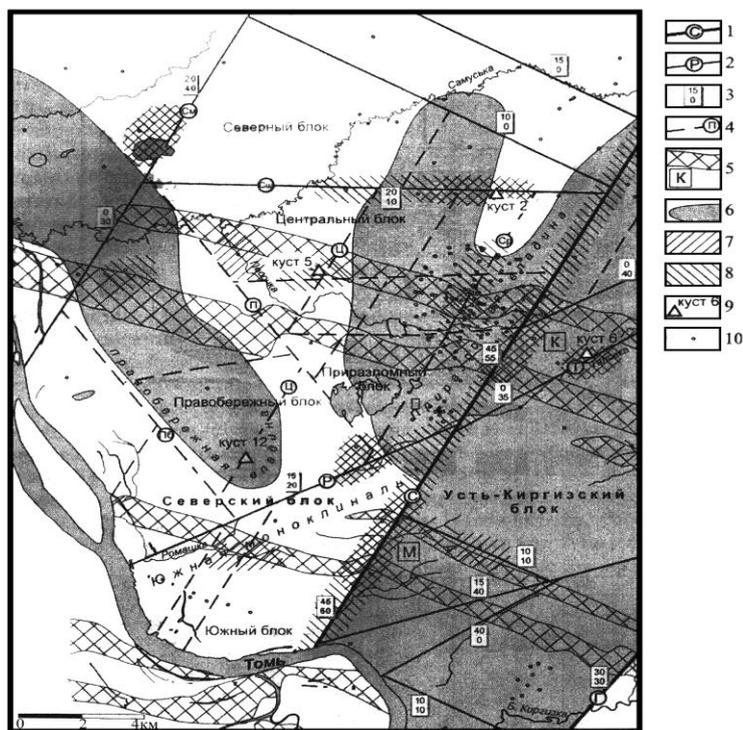


Рис. 3.3. Геолого-структурная карта Северной площади:

- 1 – разломы первого порядка (С – Северский, Г – Городской); 2 – разломы второго порядка (Р – Ромашковский, Сш – Субширотный, См – Самуськинский, Т – Таловский); 3 – амплитуды перемещения блоков по разрывным нарушениям: в поздне меловую эпоху ($K_2sn-K_2-P_1sm$) (нижнее значение) и в средне и позднепалеогеновые эпохи (P_2ll-P_3lt) (верхнее значение); 4 – зоны трещиноватости и малоамплитудных разрывов (Пб – Правобережная, П – Песочинская, Ц – Центральная, Ср – Средняя); 5 – дайковые пояса томского монзонит-долеритового комплекса ($\beta T1-2t$), предполагаемые по аэромагнитным данным и результатам буровых работ (К – Киргизский, М – Малоушайский), проявленные в рыхлых отложениях чехла в виде малоамплитудных зон трещиноватости; 6 – впадины мелового и палеогенового возраста; 7 – зоны трещиноватости глин нижнемеловых отложений по данным бурения; 8 – зоны трещиноватости глин верхнемеловых отложений по данным бурения; 9 – кусты скважин; 10 – буровые скважины

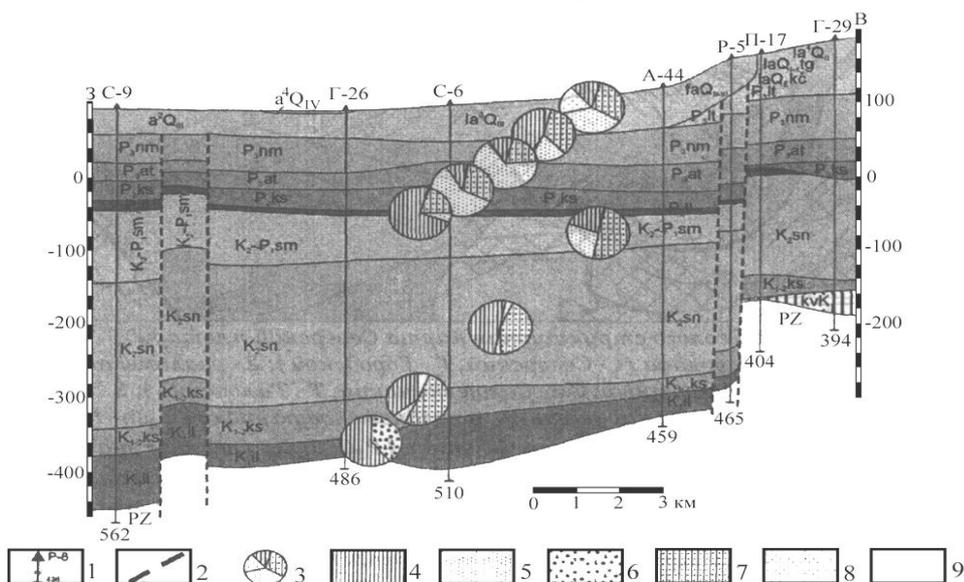


Рис. 3.4. Геологический разрез Северной площади по линии скважин С-9 – Г-2:

- 1 – скважины, номер и глубина; 2 – разрывные нарушения; 3 – круговые диаграммы распределения пород в свитах: 4 – глины, 5 – глинистые пески, 6 – конгломераты, песчаники, глинистые брекчи, 7 – суглинки, 8 – пески, 9 – переслаивание пород

Северский разлом является главной разрывной структурой, определяя амплитуды перемещений отдельных горизонтов. Разлом простирается в северо-восточном направлении и представляет собой зону субпараллельных крутопадающих нарушений шириной около 100 м. В северо-западном опущенном блоке в Приразломной впадине накапливались переотложенные продукты коры выветривания мощностью 30–50 м. В юго-восточном Усть-Киргизском блоке сохранилась кора выветривания мощностью 10–40 м. Зона Северского разлома представляет собой долгоживущую структуру, сформировавшуюся в верхнем палеозое как взбросо-надвиг и затем развивающуюся как левосторонний сдвиг с амплитудой перемещения 0,5–2,5 км (Черняев и др., 2002). В мезозое и кайнозое разлом развивался как сброс с суммарной амплитудой погружения всякого крыла свыше 100 м.

Разломы 2-ого порядка (Ромашковый, Субширотный, Самуськинский) характеризуются меньшими амплитудами и разнонаправленными движениями в различные этапы геологической жизни [53].

Наиболее характерными чертами в тектоническом развитии Западно-Сибирской плиты в новейшее время являются общая восходящая направленность тектонических движений и определенная периодичность их проявления. Суммарные амплитуды этих движений здесь варьируют от 50–100 м до 300–400 м. Северная часть Западно-Сибирской плиты характеризуется наибольшей интенсивностью проявления новейших тектонических движений по сравнению с Южной, которая отличается также сложным взаимоотношением новейших тектонических элементов со структурой мезозойского складчатого чехла и фундамента.

Ершова С.Б [25] отмечает, что движения неогенового и позднеплиоцен-раннечетверичного времени обусловили формирование одновозрастных плоских аккумулятивно-озерных и аллювиально-озерных равнин, превращенных среднечетверичными поднятиями в низкие междуречные денудационные равнины. Наибольшее рельефообразующее значение имели четвертичные тектонические движения определившие конфигурацию основных водораздельных равнин долин и бессточных впадин. Значительные скорости четвертичных движений, возраставшие на протяжении этапа, привели к формированию прогрессивно сужающихся аллювиальных равнин и террас в пределах отрицательных структурных элементов. Гипсометрическое положение современных междуречных пространств определяется амплитудами четвертичных тектонических движений. Незначительный размах амплитуд четвертичных поднятий, большие площади структурных элементов и плавные их очертания привели к формированию пологих и плоских

равнин незначительной высоты с пологими склонами. Левосторонняя асимметрия долины Оби вызвана более интенсивными четвертичными поднятиями правого борта долины.

- Варламов базируясь на данных характеризующих степень активизации тектонических движений в новейший этап выделяет в районе основные неотектонические элементы.

- Кетско-Тымский прогиб (A^3_{VIII}) располагается в центральной части Кетско-Вахского крупного структурного залива, является наиболее прогнутой частью последнего и занимает его основную площадь. Суммарные амплитуды неотектонических движений составляют здесь 0–50 м, лишь в пределах отдельных положительных структур они несколько увеличиваются. Границы прогиба в общих чертах совпадают с изолинией 50м, отражающей современное гипсометрическое положение кровли туртасского горизонта. Кроме линейных тектонических нарушений в основном северо-восточного простирания, юго-западная половина прогиба осложнена двумя крупными линеаментами северо-западной ориентировки. Последние, выделены преимущественно по геоморфологическим признакам. Они, по-видимому, мелкоамплитудны и не улавливаются структурными построениями.

- Колпашевский структурный залив (A^6_{VIII}) (рис. 3.5) расположен в юго-восточной части Кетско-Вахского крупного структурного залива и является его краевой неотектонической структурой, примыкающей к Васюганской новейшей гряде (на юго-западе, Салаиро-Кузнецкому крупному приподнятому блоку и к Южно-Енисейской крупной структурной ступени. Он разделяет эти надпорядковые структуры друг от друга. Описываемый структурный залив имеет общий уклон в северо-западном направлении, в сторону Кетско-Тымского прогиба. Суммарные амплитуды неотектонических движений в наиболее приподнятых частях его составляют 100–125 м, а в центральной не превышают 50 м. Этот структурный залив осложнен отдельными мелкоамплитудными поднятиями и относительными опусканиями сравнительно небольших размеров. Следует отметить, что в его строении существенную роль играют тектонические нарушения северо-восточной и северо-западной ориентировок. Они устанавливаются в основном по ландшафтным признакам.

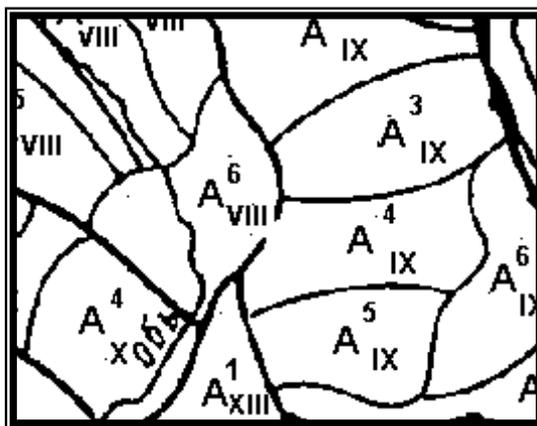


Рис. 3.5. Основные структурные элементы неотектоники района работ

Шегарское сводообразное поднятие (A^4_x) расположено в восточной части Васюганской новейшей гряды. Оно довольно четко выделяется по комплексу геолого-геоморфологических признаков, по относительно повышенному положению поверхности журавского горизонта. В то же время это поднятие выражено несколько слабее по сравнению с Уй-Васюганским, суммарные амплитуды неотектонических движений в его пределах составляют 125–150 м. В строении Шегарского поднятия принимают участие линейные тектонические нарушения северо-западного простирания, приуроченные к юго-западной его части.

Кузнецко-Томский прогиб (A^1_{XIII}) расположен между Кузнецко-Алатауской структурой (горная область) и Салаирским сводово-глыбовым поднятием, граница с которыми проведена по древним активизированным разломам. Этот неотектонический элемент испытал в неоген-четвертичное время слабое поднятие и по отношению к указанным выше структурным элементам является отрицательным. Амплитуды неотектонических движений здесь в 2–3 раза меньше чем в пределах соседних площадей Кузнецкого Алатау и Салаира, и колеблются от 150 на северо-западе до 250–300 м на юго-востоке. Описываемый прогиб является унаследованной структурой с позднепалеозойско-раннемезозойского времени. Он имеет довольно сложное строение. Северная часть его представлена выступом, несколько приподнятым по отношению к Кийско-Чулымской впадине и Кетско-Вахскому крупному структурному заливу. Центральные участки рассматриваемой структуры осложнены несколькими валлообразными поднятиями и сравнительно небольшими впадинами. Разрывные тектонические нарушения во внутренней части прогиба распространены незначительно, выражены слабо.

Парначев МПИ [53]: Зоны трещиноватости и малоамплитудных разломов трассируют северо-северо-восточное параллельное Северскому (Центральная и Средняя

зоны), субширотное, параллельное Субширотному разлому и северо-западное (Правобережная и Песочкинская зоны) направления (рис. 3.6). Большинство разломов активизируются и в современное время, определяя положение зон фильтрации подземных вод.

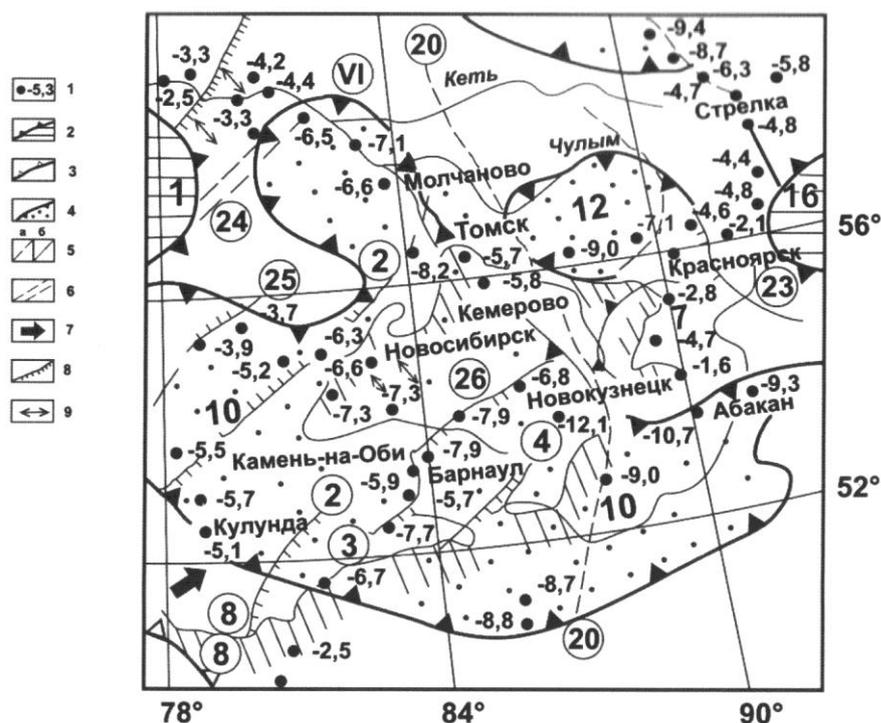


Рис. 3.6. Карта современной кинематики земной поверхности юго-восточной части Западной Сибири: 1 – абсолютные скорости современных поднятий и опусканий, мм/год; 2 – абсолютные сводовые поднятия: 1 – Каймысовское, 16 – Ангаро-Канское; 3 – относительные поднятия: 7 – Беллыкское; 4 – структуры интенсивного прогибания: 10 – Кулундино-Кузнецкая, 12 – Верхнечуйлымская, 13 – Касско-Енисейская; 5 – разломы, выявленные геолого-геофизическими методами (а) и проявившиеся в современных деформациях земной поверхности (б); 6 – грабен-рифты: VI – Чузыкский; 7–9 – типы деформаций земной поверхности в зонах активных разломов: 7 – региональные наклоны, 8 – преобладающие ступенеобразные деформации (сбросы, взбросы), 9 – преобладающие изгибовые деформации. Цифры в кружках – номера основных разломов: 1 – Карасукский, 2 – Барнаульско-Саранинский, 3 – Алейский, 4 – Горноалтайско-Саянский, 8 – Павлодаро-Кулундинский, 9 – Скурла-Суворовский, 20 – Кузнецко-Алатаусский, 24 – Чузыкский

Город Томск и его окрестности по данным В.Г. Колмогорова (1997) в настоящее время в целом испытывают медленное опускание с амплитудой от 5 до 8 мм в год. Вместе с тем, часто каньонообразный характер долин правых притоков реки Томи, их крутые берега и наличие порогов и перекатов, сложенных скальными породами, указывают на воздымание отдельных участков территории [53].

Формирование рельефа продолжается и в настоящее время. Свидетельством тектонической активности являются землетресения несколько раз зафиксированные в Западной Сибири. [33] отмечает что в пределах Западно-Сибирской плиты современные (последние десятилетия) вертикальные движения земной коры имеют преимущественно

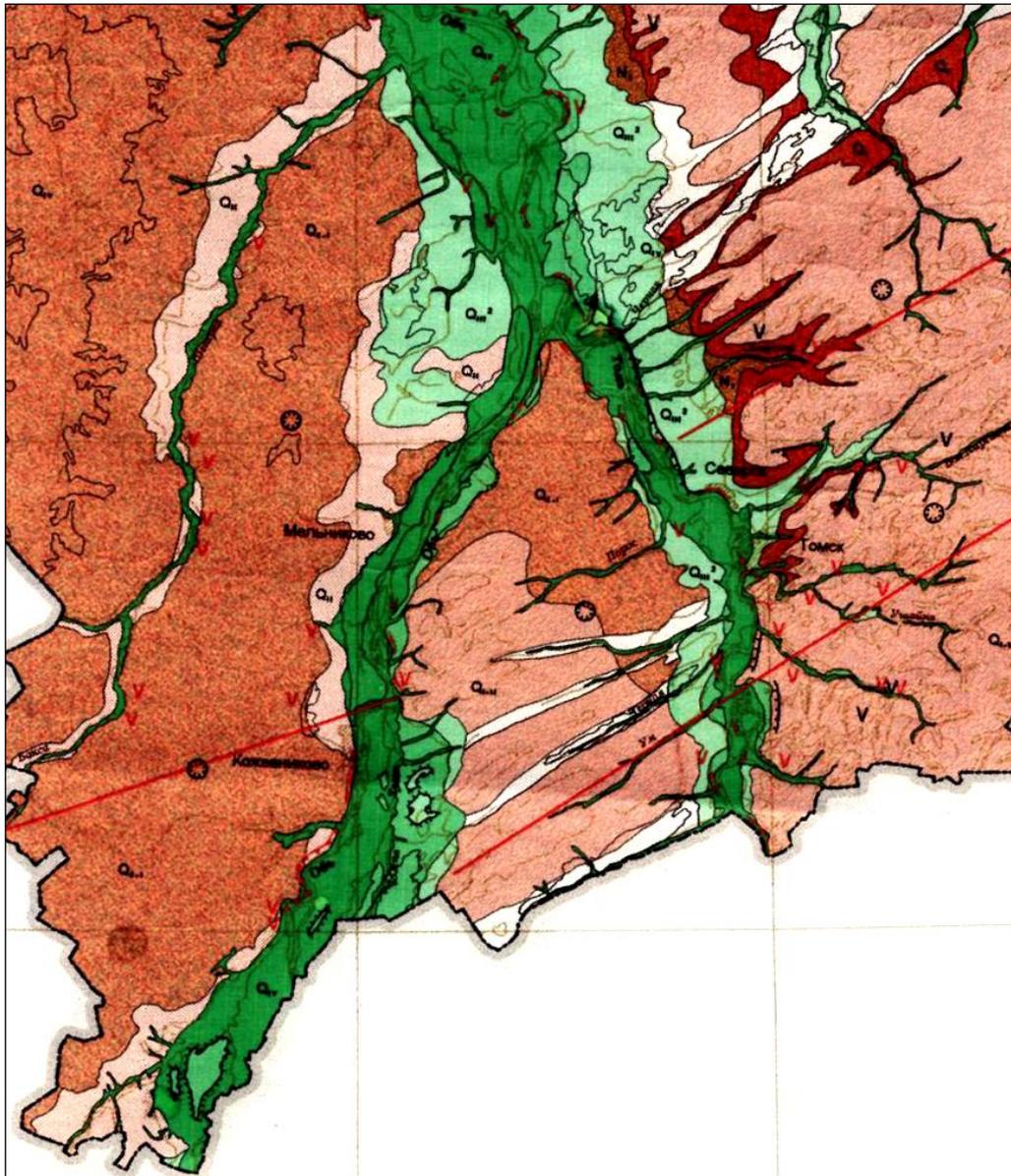
нисходящий характер движений с интенсивным наклоном плиты в северо-восточном направлении. Васюганская и Кетско-Тымская равнины опускаются со скоростью 10–12 мм/год. При сопоставлении движений земной коры с поверхностью складчатого фундамента выяснено, что повышенные скорости опускания соответствуют впадинам и понижаются они на поднятиях. Также в современных движениях отражены региональные разломы. Самыми древними разломами являются северо-западные, имеющие докембрийский возраст. Северо-северо-восточные разломы палеозойские, а субширотные и северо-восточные – молодые-мезозойско-кайнозойские. В исследуемом районе преобладают северо-восточные разломы, способствуя формированию линейных и удлиненных структур III порядка. Они дешифрируются по аэро- и космоснимкам и хорошо выражены в форме гидросети и древних ложбин стока. Разломы северо-восточного и субширотного простирания чаще всего являются сдвиговыми деформациями [53].

3.3. Геоморфология

Описываемый район расположен в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины. В геоморфологическом отношении он входит в состав площади распространения самой низкой молодой в Западной Сибири эоплейстоцен – среднелепистоценовой аккумулятивной аллювиально-озерной поверхности выравнивания с конца среднего неоплейстоцена перешедшей к субаэральному осадконакоплению и общему денудационному выравниванию.

Р. Томь делит описываемый район на правобережную и левобережную части. Правобережная часть района, совпадающая с Томь-Яйским водоразделом в орографическом отношении, представляет собой чуть возвышенную всхолмленную равнину (абсолютные отметки понижаются с юга на север от 270 до 150 м). Западная часть водораздела более круто – до 3° – понижается к долине р. Томь, восточная с уклоном не более 2° понижается к долине р. Яя. В сглаживании рельефа поверхности Томь-Яйского водораздела большую роль сыграло указанное выше покровное субаэральное накопление лессовидных суглинков (рис. 3.7).

В западную часть Томь-Яйского водораздела относительно глубоко и густо врезана эрозионная сеть, представленная правыми притоками р. Томь, логами и оврагами. Ближе к долине р. Томи глубина вреза достигает 30-40 м. Все это позволяет отнести эту территорию к хорошо дренируемой.



Масштаб 1:1 000 000

Рис. 3.7. Геоморфологическая карта Томской области (фрагмент)[27]

Условные обозначения к рис. 3.7

Типы и формы рельефа		Эрозионно-аккумулятивный рельеф		Формы, элементы рельефа, экзогенные процессы	
Денудационно-аккумулятивный рельеф					
	Водораздельная равнина средне-неоплейстоценового возраста		Третья надпойменная терраса поздне-неоплейстоценового возраста		Крутые задернованные уступы
	Водораздельная равнина ранне-средне-неоплейстоценового возраста		Вторая надпойменная терраса поздне-неоплейстоценового возраста		Уступы, подвергающиеся современной эрозии
	Водораздельная равнина эоплейстоцен-раннеоплейстоценового возраста		Первая надпойменная терраса поздне-неоплейстоценового возраста	a) б)	Малые эрозионные формы: а - балки, б - овраги
	Водораздельная равнина эоплейстоценового возраста		Пойма голоценового возраста местами с мелкими фрагментами первой надпойменной террасы		Эрозионные останцы
	Фрагмент водораздельной равнины раннеголоценового возраста	Эоловый рельеф			Суффозионные западины
Водно-ледниковый рельеф					
	Ложбины древнего стока средне-позднеоплейстоценового возраста		Наложённые эоловые формы рельефа - дюны, бутры, котловины выдувания на поверхности ложбины стока, террас и т.д.		Оползни
Прочие обозначения					
					Тектонические разломы
					Геоморфологические границы

Восточная часть Томь-Яйского водораздела занята верховьями левых притоков р. Яя. Долины в этой части более широкие, пологосклонные, врезаны на меньшую глубину с очень пологими продольными профилями – превышение истоков долин над устьями составляет не более 40–50 м.

Левобережье р. Томь представляет собой низменную заметно мелко- и реже расчлененную аккумулятивную равнину. Примечательной особенностью этой части района является четко выраженное юго-западное – северо-восточное простираение долин рек Ум, Черная, Кисловка, наследующих древние каналы стока. Другой особенностью рельефа этой части района является бугристо-западинный дюнный эоловый рельеф на поверхности второй (боровая песчаной) террасы р. Томи.

Долина р. Томь южнее г. Томска ориентирована строго меридионально, севернее она следует на северо – северо-запад. Ширина долины (на уровне: пойма плюс первая и вторая террасы) достигает на севере 20 км. На всем протяжении долина резко асимметрична – ее правый борт крутой вплоть до обрывов с высотой до 50 м и подвержен суффозионно-оползневому процессам и оврагообразованию. Из террасовых уровней в строении долины наиболее выраженными являются высокая пойма (и практически сливающаяся с ней первая надпойменная терраса) и вторая терраса, возвышающаяся над поймой на 20–25 м. Южнее г. Томска вторая терраса развита на левобережье, севернее – на правобережье, где ширина ее ниже устья р. Томи достигает 15 км.

Резкая разница в абсолютных отметках левобережья и правобережья позволяет предположить, что долина р. Томь приспособилась к неотектоническому разлому, по которому все правобережье в середине позднего неоплейстоцена (во всяком случае, до формирования второй террасы) было приподнято относительно левобережья (3).

Парначёв В.П., Парначёв С.В. Геология и полезные ископаемые окрестностей города Томска. Материалы к полевой геологической экскурсии. [53] Южные районы Томской области по данным [33] представляют собой аллювиально-аккумулятивную равнину внеледниковой зоны, рельеф которой сформировался с участием новейших блоковых тектонических движений. Здесь [41] выделены следующие разновозрастные геоморфологические зоны: плиоценовые, ранне-среднечетвертичные и среднечетвертичные денудационно-аккумулятивные водораздельные равнины, древние ложбины стока (эрозионно-аккумулятивные равнины) и долины современных рек.

Плиоценовая денудационно-аккумулятивная водораздельная равнина развита на Обь-Томском междуречье (абс. отм. 100–125 м), где занимает её северо-восточную часть. Рельеф равнины мягкий, сглаженный, осложненный более молодыми дюнно-грядовыми

формами, вытянутыми в северо-восточном направлении. Межгривенные понижения нередко заняты низинными болотами, с отложениями известковистых торфов и сапропелей.

Ранне-среднечетвертичные денудационно-аккумулятивные равнины сформировались на месте огромного озерного бассейна, в котором отлагались глины и суглинки федосовской свиты. Равнины занимают обширные пространства на Томь-Яйском (абс. отм. 180–260 м) и Обь-Томском (абс. отм. 110–160 м) междуречьях.

На Томь-Яйском междуречье водораздельная равнина имеет расчлененный рельеф. Притоки рек Томи и Яи нередко врезаются до палеозойского фундамента. Приречные склоны водоразделов осложнены оврагами и балками, а его центральные части – западинами и просадочными формами рельефа. В долинах рек отмечается накопление высокоизвестковистых торфов и сапропелей. В местах разгрузки грунтовых вод кочковского горизонта отлагаются травертины.

Среднечетвертичная равнина слагает Томь-Яйское (абс. отм. 140–180 м) междуречье, которое в своей восточной части (долина Пра-Яи) характеризуется ровным и пологоволнистым рельефом, осложненным суффозионно-просадочными явлениями, с незначительным уклоном к р. Яе. В долинах рек отмечается интенсивное накопление высокоизвестковистых торфов и сапропелей мощностью до 8 м.

Древние ложбины стока (эрозионно-аккумулятивные равнины) развиты на междуречье Оби и Томи. Ложбины формируют гривисто-ложбинный и грядово-западинный рельеф при высоте грив от 2 до 12–15 м. Гривы заняты сосновыми борами, а межгривенные понижения и западины нередко заболочены. Ширина ложбин стока на Обь-Томском междуречье составляет 5–10 км.

Современные долины рек Томи и её притоков в основном имеют асимметричное строение с крутым правым и пологим левым берегами. Наиболее широкую долину до 10 км имеет пойма р. Томи. Намечается высокая пойма с высотой над урезом воды 6–8 м и низкая – 3–5 м. Рельеф поймы осложняется многочисленными озерами-старичами и болотами низинного типа.

Эоловый дюнный и грядово-западинный рельеф и отложения второй террасы р. Томи изучены С.В. Парначёвым в окрестностях пос. Дзержинский на левобережье р. Томи.

Характерной чертой левобережной второй «боровой» террасы р. Томи (относительная высота которой 20–25 м) являются ленточные с северо-восток – юго-западным простиранием зоны развития грядово-западинного рельефа, деформирующего песчаные отложения поверхности террасы.

Один из участков развития наиболее контрастного грядово-западинного рельефа в окрестностях Томска изучен восточнее пос. Держинский. Рельеф участка площадью около 10 га представляет собой квазипериодическое чередование гряд и разделяющих их замкнутых понижений с максимальными относительными перепадами высот до 22 м.

Гребни гряд имеют предпочтительную ориентировку по простиранию 185–190°. С ССВ участок ограничен уступом террасы, с СЗ – заросшим суходолом; в южном направлении поверхность террасы быстро снижается на 10–15 м. На восток рельеф постепенно выравнивается, сохраняя при этом характерный бугристый характер и наследуя субмеридиональное простирание грядовых возвышенностей, и прослеживается вплоть до пос. Тимирязевский. На гребнях дюн ниже маломощного почвенного покрова на глубину до 2 м (до относительной отметки 18 м) вскрыты хорошо.

Выводы

1. В геологическом строении района принимают участие отложения палеозойского фундамента и мезо-кайнозойского осадочного чехла, а также современные четвертичные отложения.

2. Фундамент представлен осадочными породами: глинистыми сланцами, песчаниками, алевролитами, органогенными известняками, яшмами и эффузивными породами: кварцевыми порфирами, диабазами, порфиритами девонского и каменноугольного возраста. На границе с мезозойскими осадками чехла породы фундамента часто выветрелые и разрушенные, они представлены гравелитами, брекчиями, образованиями коры выветривания. Рыхлые отложения платформенного чехла представлены осадками мезозойской и кайнозойской групп.

3. Тектоника В геологическом строении Западно- Сибирской плиты выделяется фундамент, представленный породами доюрского возраста, и платформенные полого-залегающие на фундаменте отложения мезозоя и кайнозоя.

4. В геоморфологическом отношении он входит в состав площади распространения самой низкой молодой в Западной Сибири эоплейстоцен – среднеоплейстоценовой аккумулятивной аллювиально- озерной поверхности выравнивания с конца среднего неоплейстоцена перешедшей к субэзральному осадконакоплению и общему денудационному выравниванию. Р. Томь делит описываемый район на правобережную и левобережную части. Правобережная часть района представляет собой возвышенную всхолмленную равнину (абсолютные отметки понижаются с юга на север от 270 до 150 м). Левобережье р. Томи представляет собой низменную реке расчлененную аккумулятивную равнину.

ГЛАВА 4. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ТЕРРИТОРИИ

Особенностью гидрогеологических условий рассматриваемого района является его приуроченность к области сочленения двух крупных гидрогеологических структур: Западно-Сибирского артезианского бассейна и Колывань-Томской складчатой зоны. Карта гидрогеологических условий территории представлена на рис. 4.1. По условиям залегания, циркуляции, питания и разгрузки в районе работ выделяются два гидрогеологических этажа со свободным и затрудненным водообменом, разделенные мощным водоупором верхнемелового-среднепалеогенового возраста мощностью от 0 до 50 м [13].

Зона свободного водообмена подразделяется на два водоносных этажа. Верхний этаж сложен рыхлыми мезозойско-кайнозойскими отложениями, содержащими пластово-поровые воды. Нижний этаж – складчатый фундамент палеозойских образований, представленный осадочными вулканогенными и метаморфическими породами, обводненными преимущественно в верхней трещиноватой зоне, представлен водонесными зонами ниже-среднего карбона и верхнего девона

Верхний водоносный этаж включает в себя следующие водоносные комплексы: неоген-четвертичных отложений; палеогеновых отложений; верхнемеловых отложений, и представляет в настоящей работе наибольший интерес.

4.1. Водоносные горизонты и комплексы

Водоносный комплекс неоген-четвертичных отложений включает в себя гидравлически взаимосвязанные водоносные и водоупорные горизонты озерно-болотных отложений, отложений пойм рек; надпойменных террас, древних ложбин стока и аккумулятивных равнин [71].

Водоносный комплекс распространен повсеместно в пределах Обь-Томского междуречья и локально на правом берегу р. Томи. В кровле водоносного комплекса лежат глины, суглинки, золые пески. Мощность перекрывающих глинистых отложений изменяется от 3–10 м в поймах р. Томь, до 62–72 м – на Обь-Томском водоразделе. В подошве водоносного комплекса залегают чаще всего глины олигоценых отложений новомихайловской, реже – лагернотомской свит, а в юго-восточной части района – глинистые продукты выветривания палеозойских образований. Водоносные отложения представлены песками, гравийно-галечниковыми отложениями, супесями, мощностью от 13 до 46 м. Воды безнапорные или слабонапорные в случае, когда в кровле лежат водоупорные отложения. Величины напоров изменяются от первых метров до 28 м.

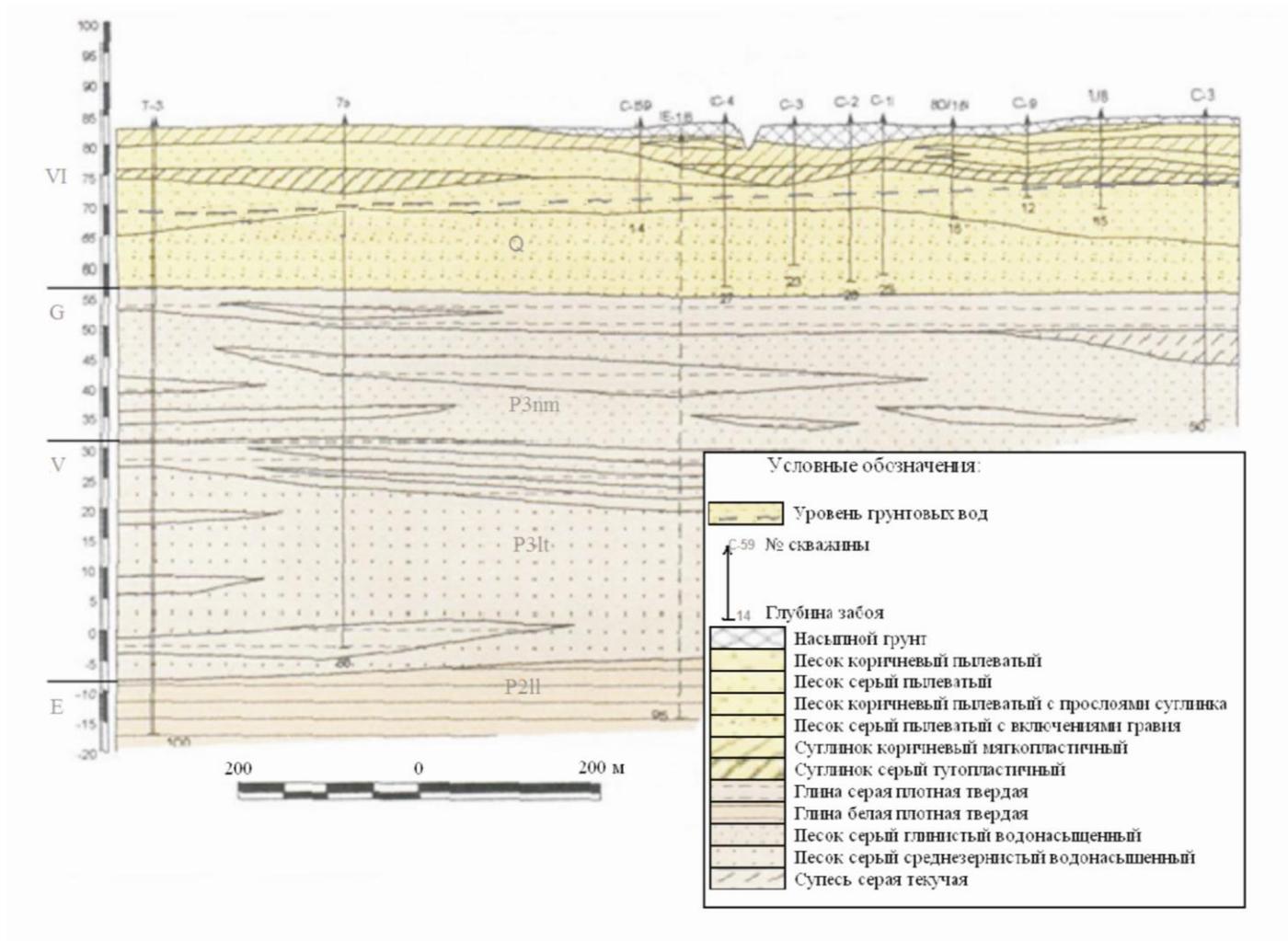


Рис. 4.1. Гидрогеологический разрез района водозабора № 1 г. Северска [73]

Водообильность водовмещающих отложений чрезвычайно неравномерна (особенно для террасового комплекса), и зависит от мощности водовмещающих пород, их проницаемости и гранулометрического состава. Коэффициенты водопроводимости составляют до $1998 \text{ м}^2/\text{сут}$.

Воды голоценовых озерно-болотных отложений развиты на поймах рек, террасах, ложбинах стока и водоразделах. Сложены они торфом, илами, илистыми суглинками мощностью до 6 м, характеризуются низкой водоотдачей [12, 47]. Глубина залегания болотных вод на повышенных участках достигает 0,3 м, на пониженных – они заливают пространства между кочками или образуют мелкие озера площадью до первых десятков м^2 . Местами разобщенные заболоченные участки укрупняются, соединяются между собой и образуют болота значительных размеров. Значения коэффициентов фильтрации болотных отложений колеблются в широких пределах, чаще всего 0,1–3,0 м/сут.

Кровля отложений сложена маломощными (2–3 м) слабопроницаемыми суглинками, которые являются хотя и слабым, но все же водоупором для болотных вод, образующих верховодку. Ниже суглинков залегают преимущественно песчаные и гравийно-галечниковые аллювиальные отложения с прослоями глин и суглинков, неравномерно развитых по территории (рис. 4.2). Песчаность разреза высока и местами перекрывающих глинистых отложений изменяется от 3–10 м в поймах р. Томь, до 62–72 м – на Обь-Томском водоразделе. В подошве водоносного комплекса залегают чаще всего глины олигоценых отложений новомихайловской, реже – лагернотомской свит, а в юго-восточной части района – глинистые продукты выветривания палеозойских образований. Водоносные отложения представлены песками, гравийно-галечниковыми отложениями, супесями, мощностью от 13 до 46 м. Воды безнапорные или слабонапорные в случае, когда в кровле лежат водоупорные отложения. Величины напоров изменяются от первых метров до 28 м. Водообильность водовмещающих отложений чрезвычайно неравномерна (особенно для террасового комплекса), и зависит от мощности водовмещающих пород, их проницаемости и гранулометрического состава. Коэффициенты водопроводимости составляют до $1998 \text{ м}^2/\text{сут}$.

Воды голоценовых озерно-болотных отложений развиты на поймах рек, террасах, ложбинах стока и водоразделах. Сложены они торфом, илами, илистыми суглинками мощностью до 6 м, характеризуются низкой водоотдачей [12, 47]. Глубина залегания болотных вод на повышенных участках достигает 0,3 м, на пониженных – они заливают пространства между кочками или образуют мелкие озера площадью до первых десятков м^2 . Местами разобщенные заболоченные участки укрупняются, соединяются между собой и образуют болота значительных размеров. Значения коэффициентов фильтрации

болотных отложений колеблются в широких пределах, чаще всего 0,1–3,0 м/сут. Кровля отложений сложена маломощными (2–3 м) слабопроницаемыми суглинками, которые являются хотя и слабым, но все же водоупором для болотных вод, образующих верховодку.

Ниже суглинков залегают преимущественно песчаные и гравийно-галечниковые аллювиальные отложения с прослоями глин и суглинков, неравномерно развитых по территории (рис. 4.2). Песчаность разреза высока и местами достигает 90–95 %. Состав песков кварцево-полевошпатовый со следами выветривания с образованием аутигенного каолинита. Все это определяет достаточно высокую водообильность этих отложений: значения коэффициента фильтрации колеблются от 0,5 до 14 м/сут, удельные дебиты скважин составляют 0,03–35 л/с, водопроницаемость достигает 400 м²/сут [52].

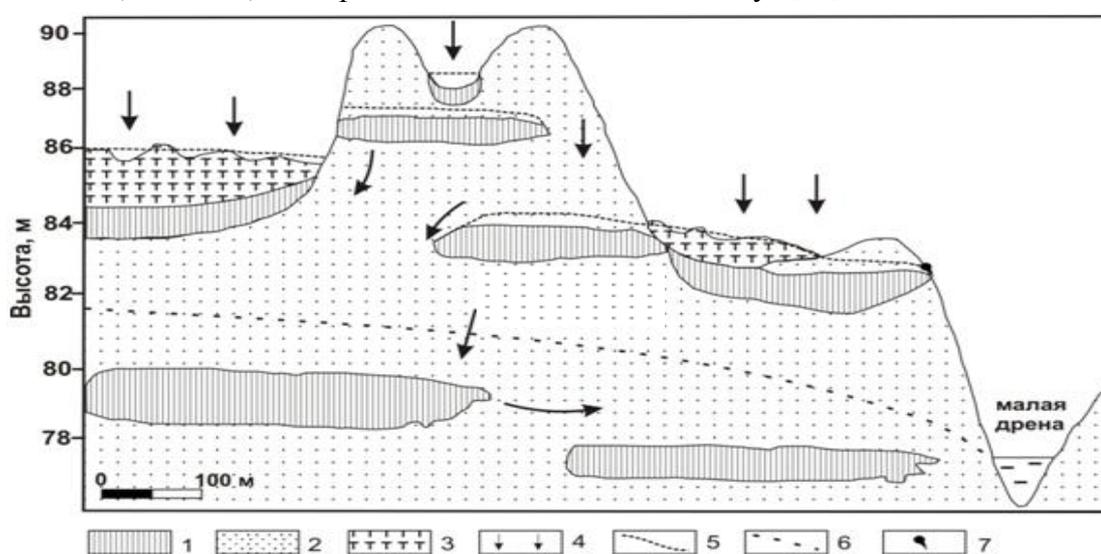


Рис. 4.2. Схематический гидрогеологический разрез исследуемой территории: 1 – суглинок; 2 – песок; 3 – торф; 4 – направление движения вод; 5 – верховодка; 6 – грунтовые воды; 7 – родник

Водоносный горизонт пойменных отложений р. Томи, первой и второй надпойменных террас.

Водовмещающие породы пойменных осадков сложены песками и гравийно-галечниковыми отложениями мощностью от 5 до 23 м. Первая надпойменная терраса имеет ограниченное распространение в виде небольших по площади останцев. Водовмещающими породами являются пески и гравийно-галечниковые отложения, залегающие в подошве слоя. Верхняя часть разреза террасы представлена преимущественно суглинками и глинами, которые в виде отдельных прослоев и линз встречаются и в водоносном слое. Мощность водовмещающих пород колеблется от 5 до 20 м.

Отложения второй надпойменной террасы р. Томи на территории исследований распространены широко. Водовмещающие породы – песок верхней части разреза и гравийно-галечниковые отложения подошвы слоя мощностью до 28 м.

Песчано-гравийно-галечниковая толща представляет единый водоносный горизонт. Воды безнапорные, зеркало грунтовых вод находится на глубинах от 0 до 25 м на возвышенных участках надпойменных террас.

Водообильность зависит от мощности водовмещающих пород, их проницаемости и гранулометрического состава. Удельные дебиты скважин изменяются от 0,009 до 3,3 л/с. Коэффициент проводимости изменяется от 127 до 3370 м²/сут [12, 47].

Водоносный горизонт отложений древних ложбин стока развит на левом берегу р. Томь и четко вырисовывается в рельефе по вытянутым в юго-западном направлении формам болот, песчаных грив и межгривных понижений. Водовмещающие породы сложены песчано-валунно-галечниковыми отложениями мощностью от 10 до 20 м, перекрыты глинами, илами, торфяниками и суглинками. Глубина залегания кровли водовмещающих пород варьируется от 10 до 35 м. Горизонт значительно обводнен, удельные дебиты скважин составляют от 0,3 до 13 л/с. Воды напорные, величина напора достигает 30 м.

Водоносный комплекс палеогеновых отложений является основным источником централизованного водоснабжения г. Томска и частично г. Северска. Данный комплекс приурочен к отложениям новомихайловской, юрковской и кусковской свит, сложенных песками, алевритами, глинами с прослоями бурых углей и лигнитов.

Воды новомихайловской, юрковской и кусковской свит находятся в тесной гидравлической связи и образуют единый гидродинамический комплекс, изолированный от водоносного верхне-четвертичного комплекса глинами, алевритами и лигнитами лагернотомской и новомихайловской свит. Мощность перекрывающих водоупорных отложений изменяется от 1–3 м до 65–70 м. Однако, на отдельных участках, преимущественно на поверхности поймы р. Томи и ее надпойменных террас, перекрывающие отложения отсутствуют и через песчаные литологические «окна» происходит перетекание вод из первого от поверхности водоносного комплекса в эксплуатируемый комплекс [42]. Мощность водовмещающих пород варьирует от 10 до 100 м, глубина залегания – от 40 до 125 м от поверхности.

Подошвой комплекса на большей части территории являются аргиллитоподобные глины люлинворской свиты, выклинивающиеся в юго-восточной части Обь-Томского междуречья и на правобережье р. Томь, на отдельных площадях – глины сымской или симоновской свит. Вблизи границы выклинивания песчаных отложений палеогена

подошвой комплекса служит, преимущественно, глинистая кора выветривания палеозойских образований.

Воды комплекса повсеместно напорные, величина напора изменяется от 13 до 90 м. Уровни подземных вод в пределах водоразделов устанавливаются на глубинах от 28 м в средней части междуречья, до 40 м – в северной. Наиболее обводнены песчаные отложения юрковской свиты, наименее – пески новомихайловской и кусковской свит. В долине р. Томь, где пески продуктивной толщи более промыты и отсортированы, водообильность отложений возрастает, здесь удельные дебиты подавляющего большинства скважин превышают 1 л/с, достигая 3,5–6,5 л/с. Величины коэффициентов водопроводимости находятся в прямой зависимости от мощности водоносных отложений и их фильтрационных свойств и изменяются в очень широких пределах от 100–200 м²/сут на водораздельном пространстве до 1000–4000 м²/сут в долине р. Томи и древних ложбин стока. Величины коэффициентов пьезопроводности комплекса изменяются от $1,0 \cdot 10^{-4}$ до $5,4 \cdot 10^{-6}$ м²/сут и характеризуют работу комплекса в условиях упругой фильтрации, а в условиях ненарушенного режима – от $5,9 \cdot 10^{-4}$ м²/сут [46].

Водоносный комплекс меловых отложений объединяет водоносные горизонты *симоновской* и *сымской* свит. Данный комплекс широко распространен в пределах характеризуемого района, отсутствуя лишь в юго-восточной части Обь-Томского междуречья и южнее р. Большая Киргизка. В кровле комплекса на большей площади его распространения лежат глины люлинворской свиты, выклинивающиеся в южной части междуречья и на правом берегу р. Томь, и на отдельных участках – глины сымской и симоновской свит. Мощность перекрывающих глин изменяется от 6 м до 17 м. В подошве мелового комплекса лежат практически непроницаемые глины илекской свиты, вблизи границы выклинивания мелового комплекса – глины коры выветривания палеозойских образований. Общая мощность водоносного комплекса увеличивается по мере его погружения и изменяется от 20 до 285 м. Мощность водовмещающих отложений составляет 150–160 м, уменьшаясь в юго-восточной части междуречья до 14 м и менее. В верхней части разреза распространены песчаные отложения сымской и симоновской свит с прослоями и линзами глин и песчаников, в нижней части разреза – глины кийской и илекской свит с прослоями песков и алевролитов. Воды напорные, величины напоров изменяются от 70 м до 210 м.

Подземные воды ***трещиноватой водоносной зоны палеозойских образований*** распространены повсеместно, выходя на дневную поверхность на правом берегу р. Томи и резко погружаясь в северном и северо-западном направлениях. В кровле палеозойских образований почти повсеместно развита кора выветривания, которая отсутствует под

руслом р. Томь и на северо-западе района. Отложения палеозоя представлены глинистыми сланцами и песчаниками. Верхняя зона мощностью 20–80 м трещиновата и обводнена. Удельные дебиты достигают 0,4 л/с, величина напора – 250– 410 м. Водовмещающими породами являются глинистые сланцы, песчаники. Значения коэффициентов водопроницаемости также изменяются в широких пределах от 0,07 до 363 м²/сут на водоразделах (в среднем 45 м²/сут) и от 0,7 до 518 м²/сут в долинах рек (в среднем 82 м²/сут) [46].

4.2. Условия питания и разгрузки подземных вод

Основную роль в питании подземных вод всех выделенных водоносных горизонтов и комплексов играет инфильтрация атмосферных осадков, о чем свидетельствует форма поля их уровней, в общих чертах отражающая рельеф дневной поверхности.

В пределах водораздела абсолютные отметки уровней этажно залегающих водоносных пластов первого от поверхности водоносного комплекса закономерно уменьшаются сверху вниз, обеспечивая нисходящую фильтрацию подземных вод. В направлении реки Томи разности абсолютных отметок уровней воды в первом от поверхности водоносном горизонте и нижезалегающих горизонтах существенно уменьшаются, местами достигая отрицательных значений, что обеспечивает восходящее движение подземных вод (рис. 4.3 – скв. 197р, 198р).

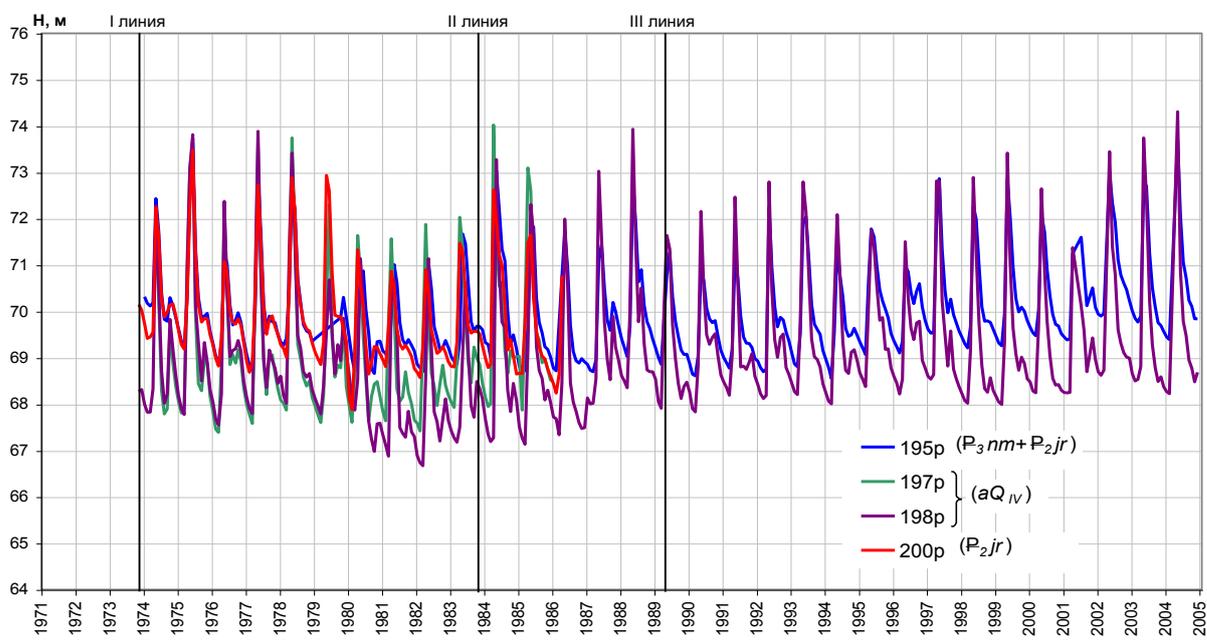


Рис. 4.3. Многолетние изменения среднемесячных значений уровней подземных вод [46]

Наличие многолетних циклов колебания уровней подземных вод, как для небольших глубин залегания, так и для глубокозалегающих водоносных

горизонтов, свидетельствует о хороших условиях инфильтрации атмосферных осадков через зону аэрации и разделяющие водоносные горизонты относительно слабопроницаемые слои. Амплитуда сезонного колебания уровней подземных вод зависит от глубины их залегания и мощности зоны аэрации [46].

Вблизи р. Томи динамика изменения уровней грунтовых вод полностью определяется сезонными колебаниями уровней поверхностных вод. В период половодья уровни воды в реке превышают уровни подземных вод в аллювиальном водоносном горизонте, что приводит к смене направления фильтрационного потока. В это время река, вместо области разгрузки, становится областью питания грунтовых вод (рис. 4.4).

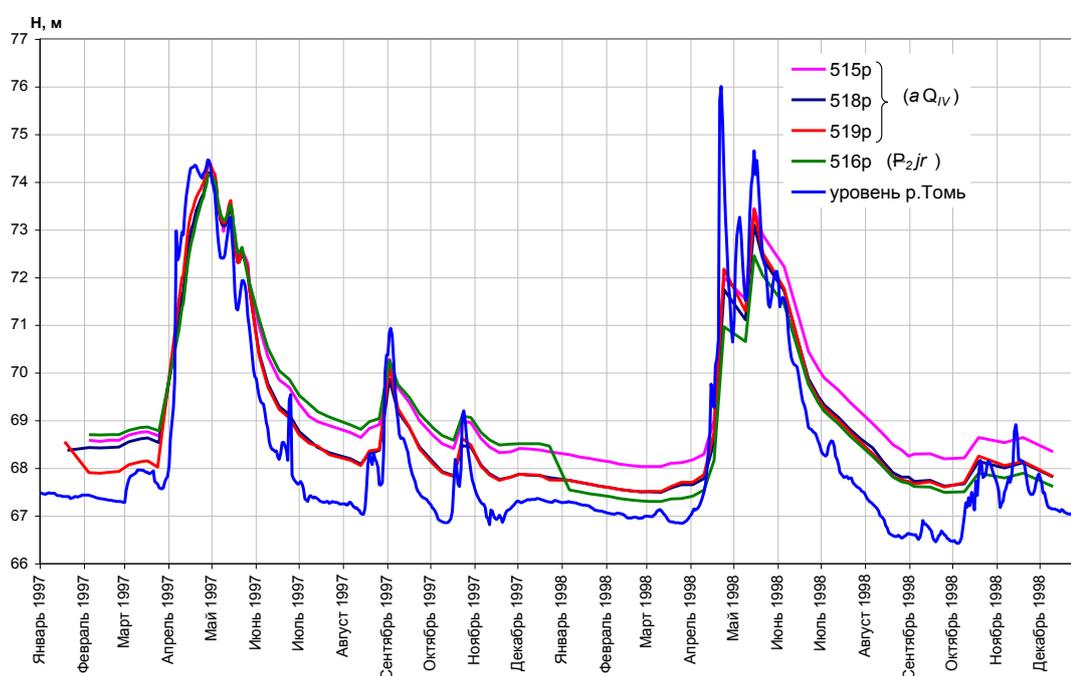


Рис. 4.4. Изменения значений уровней подземных и поверхностных вод [46]

Анализ карты гидроизопьез, построенной на основе данных ОАО «Томскгеомониторинг» на 2010 г., свидетельствует о том, что в уровнях поверхностных вод верхнего водоносного комплекса достаточно явно отражается главенствующая роль местного площадного питания (рис. 4.5). Структура уровневой поверхности подземных вод в пределах Обь-Томского междуречья характерна для потоков, получающих инфильтрационное питание с образованием водораздела подземных вод и радиальным направлением их движения в сторону основных областей разгрузки – рр. Обь и Томь.

Сформировавшийся под влиянием инфильтрации водораздел подземных вод первого от поверхности водоносного комплекса проходит, примерно, по центральной части междуречья с юга на север. Максимальные абсолютные отметки

уровней подземных вод неоген-четвертичного водоносного комплекса достигают 130 м на юге района исследований и находятся в междуречье рр. Б. Черная и Ум.

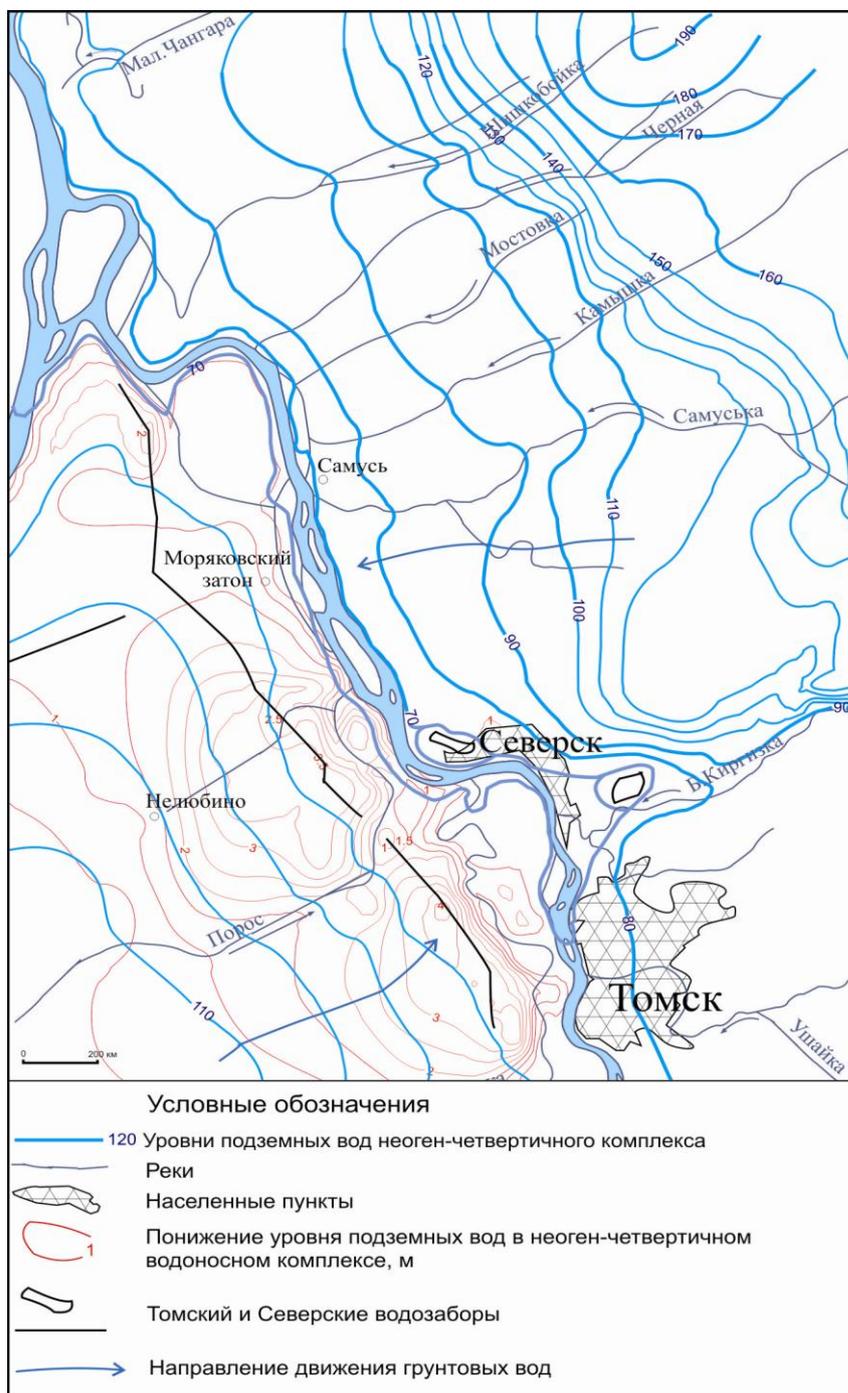


Рис. 4.5. Карта гидроизогипс неоген-четвертичного водоносного комплекса.

Примечание: Карта построена Наймушиной О.С. на основе собственных данных, данных [60, 72] на 2010 г.

Минимальные отметки уровней отвечают их значениям в р. Томи, являющейся основной областью разгрузки и меняются от 76 м на юге района исследований до 68 м на его крайней северной части [47]. С 1973 по 2010 гг. структура фильтрационного потока

неоген-четвертичного водоносного комплекса существенно не изменилась, несмотря на дренирующее влияние Томского водозабора. На участках, прилегающих к линиям водозабора, изолинии уровней несколько сместились в сторону водораздела.

Структура фильтрационного потока водоносных горизонтов палеогенового комплекса в целом аналогична структуре неоген-четвертичного комплекса, но имеет более сглаженные черты.

Радиально расходящийся в естественных условиях (до 1973 г.) фильтрационный поток был существенно нарушен работой Томского водозабора. Это особенно заметно проявилось на участках, примыкающих к водозаборным линиям. Так, до 1973 г. на новомихайловский и юрковский водоносные горизонты дренирующее влияние оказывали только Северские водозаборы, в результате чего образовались локальные воронки депрессии на правом берегу р. Томи, ограниченные замкнутыми изолиниями гидроизопьез с абсолютными отметками 72 м (Водозабор № 1) и 73 м (Водозабор № 2). Работа Томского водозабора вызвала снижение уровней в эксплуатируемых водоносных горизонтах, что привело к смещению осевой линии разгрузки, особенно в северной его части, внутрь междуречья. Минимальные отметки уровней к 2010 г. сформировались практически вдоль всей второй линии водозаборного ряда со значениями 73–74 м (понижение уровня 10–14 м). За счет снижения уровней в эксплуатируемых водоносных горизонтах в долине р. Томи образовалась достаточно обширная зона депрессии, шириной 5–10 км, в пределах которой уровни подземных вод залегают практически горизонтально (рис. 4.5).

Снижение уровней подземных вод в эксплуатируемом палеогеновом водоносном комплексе существенно не повлияло на положение границы между областью питания и разгрузки, но привело к росту отрицательной разности уровней в области разгрузки. Так, если в 1973 г. максимальные значения отрицательных разностей ограничивалось достаточно узкой полосой вдоль русла р. Томи, то в 2010 г. эта зона существенно расширилась в сторону Обь-Томского междуречья и захватывала уже практически вторую и третью линии Томского водозабора. Увеличение разности отметок неизбежно привело к определенной интенсификации перетока соленоватых вод из верхнемелового водоносного комплекса снизу-вверх и, как следствие, к повышению минерализации воды в отдельных эксплуатационных скважинах, особенно на северном окончании второй линии водозабора [47].

4.3. Химический состав вод

4.3.1. Методика полевых исследований и методы анализа вод

В исследовании химического состава вод использованы данные НИ ТПУ, ТФ ИНГГ СО РАН, ОАО «Томскгеомониторинг», а также данные, полученные при непосредственном участии автора во время полевых работ в период с 2009 по 2011 гг. (рис. 4.6).

Полевые исследования включали в себя отбор проб поверхностных и подземных вод. Отбор проводился в соответствии с [13] в полиэтиленовые канистры и стеклянные бутылки в зависимости от цели исследования. Для проведения определенных исследований пробы были частично законсервированы. Параметры изменяющихся компонентов, а именно: цветность, привкус, мутность, температура воды, электропроводность, окислительно-восстановительный потенциал E_h , водородный показатель pH, $Fe_{об.}$, железо закисное, железа окисное, O_2 , NH_4^+ ; NO_2^- , CO_2 HCO_3^- , - измерялись непосредственно на точке.

Анализ всех типов вод выполнялся в аккредитованной лаборатории ТПУ методами:

- pH – потенциометрическим,
- Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , CO_2 и перманганатная окисляемость – титриметрическим,
- Na^+ , K^+ – атомно-абсорбционным,
- NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , Si – фотометрическим,
- Fe – полярографическим,
- Mn, Cd, Cu, Zn, Pb, As, Li – инверсионно-вольтамперометрическим,
- другие металлы – масспектрометрическим,
- фенолы – флюорометрическим;
- углеводороды – методом газовой хроматографии.

Пробы грунтовых вод на химический анализ отбирались после откачки воды из скважин, после восстановления уровня до статического. Отбор проб воды осуществлялся в специальную лабораторную посуду объемом не менее 3 литров.

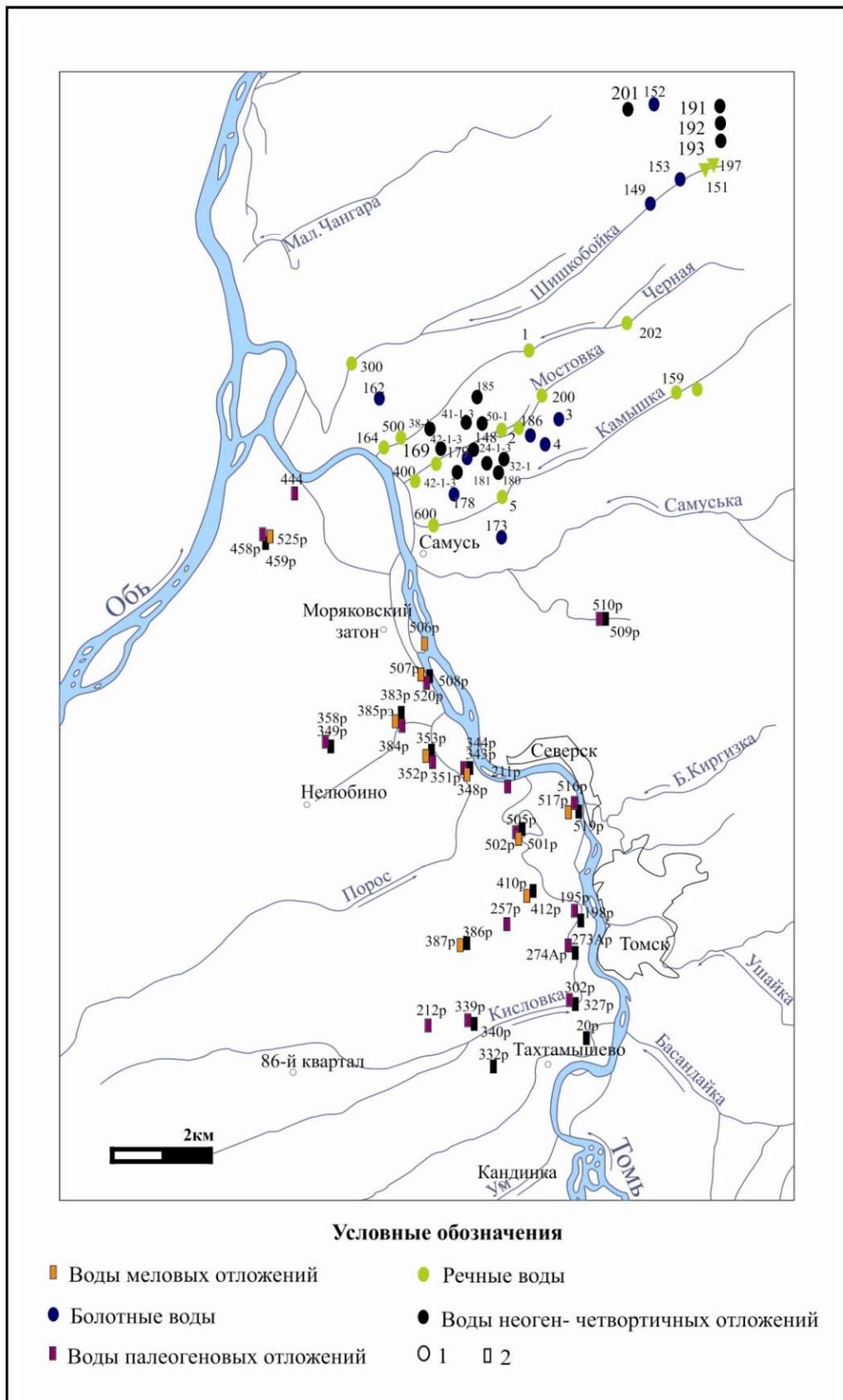


Рис. 4.6. Основные пункты отбора проб воды: 1 – данные НИ ТПУ, 2 – данные ОАО «Томскгеомониторинг». Примечание: построено Наймушиной О.С., с добавлениями автора

4.3. 2. Геохимия болотных вод

Болотные воды территории исследования являются ультрапресными: общая минерализация колеблется от 15 до 45 мг/л, кислыми и слабокислыми, реже нейтральными (рН составляет 4,0–6,7), гидрокарбонатными магниево-кальциевыми или хлоридными магниево-кальциевыми, реже натриево-калиевыми, мягкими [76] (рис. 4.7, табл. 4.1). По комбинации анионов и катионов были определены гипотетические комбинации солей в болотных водах (табл. 4.8, рис. 4.2), которые в процентном выражении составляют: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ от 7 до 70 %, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ от 9 до 32 %, кроме проб 162, 178, 179 и 186, в которых преобладает содержание MgCl_2 от 21 до 28 %. В нескольких пробах повышено содержание NaCl : пр. 152 – 25 %, пр. 178 – 40 %, а также CaCl_2 : т. 162 – 19 % и 179 – 34 %, остальные соли составляют незначительное количество.

Болотные воды отличаются высоким содержанием железа (до 14 мг/л), иногда калия по сравнению с натрием (табл. 4.1). Содержания Cl^- , SO_4^{2-} и NO_2^- низкие, а содержания PO_4^{3-} , NO_3^- и NH_4^+ несколько повышены.

Исследованные болотные воды богаты растворенным органическим веществом, суммарное содержание которого значительно превышает сумму минеральных солей. Содержания растворенных органических веществ в пересчете на $\text{C}_{\text{орг}}$ колеблются в широких пределах от 2 до 120 мг/л (табл. 4.3), что в некоторой степени определяется значениями рН (рис. 4.9): чем более кислыми являются болотные воды, тем больше они обогащены органическим веществом. Среди гуминовых соединений резко преобладают фульвокислоты, содержание которых достигает 200 мг/л, сохраняется слабая зависимость от значений рН: чем ниже рН воды, тем выше в ней содержание этих кислот (рис. 4.10). Такая закономерность характерна и для гуминовых кислот, хотя их содержания в водах значительно ниже, чем фульвокислот. Содержание последних в среднем превышает количество минеральных солей почти в 2 раза.

Полученные данные, кроме всего прочего, указывают на большие масштабы растворения органического вещества в болотных водах с последующим их выносом за пределы заболоченных территорий.

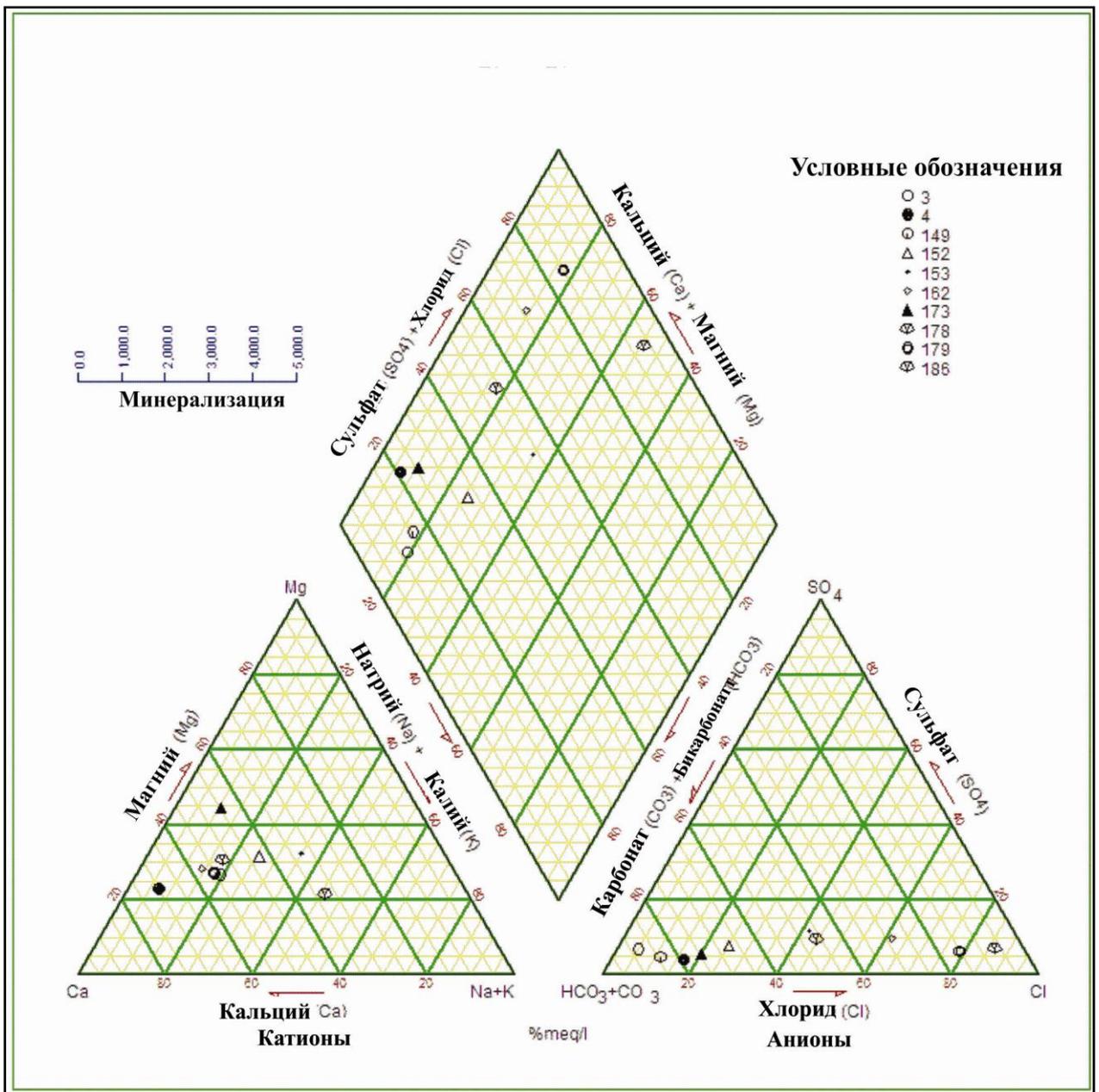


Рис. 4.7. Диаграмма Пайпера для болотных вод территории исследования

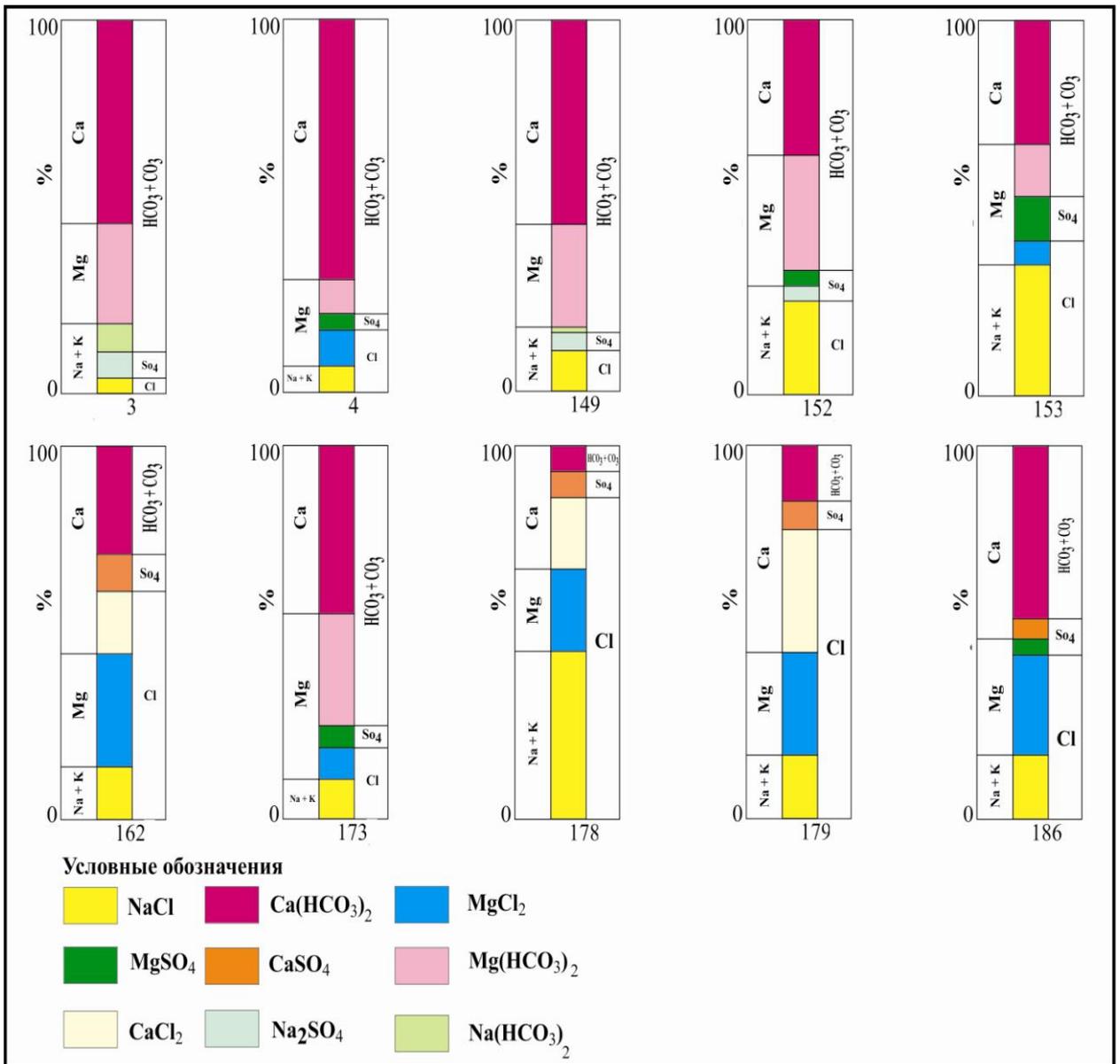


Рис. 4.8. Гипотетические комбинации солей в болотных водах

Таблица 4.1. Химический состав болотных вод, мг/л

Показатель	№ пробы									
	3	4	149	152	153	162	173	178	179	186
CO ₂	8,8	79,2	17,6	34,3	46,6	79,2	127,6	118,8	154,0	57,2
pH	6,7	4,7	6,3	5,9	4,3	4,7	5,1	4,6	4,0	4,7
Ca ²⁺	4	6	4	8	4	4	6	6	20	5
Mg ²⁺	1,2	1,2	1,2	3,6	2,4	1,2	3,6	2,4	6,0	1,8
Na ⁺	0,7	0,4	0,9	5,5	4,5	0,9	0,9	8,5	5,5	0,5
K ⁺	1,6	0,5	1,0	0,1	0,7	0,4	1,2	2,0	2,9	2,5
HCO ₃ ⁻	24,4	24,4	22,4	11,0	5,0	3,7	16,8	1,2	3,0	6,1
SO ₄ ²⁻	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Cl ⁻	0,8	3,0	1,7	2,4	2,6	4,6	2,6	9,1	9,2	3,4
NO ₃ ⁻	0,6	1,58	1,36	1,85	1,85	1,94	0,6	1,58	2,07	2,9
NO ₂ ⁻	0,030	0,016	0,066	0,044	0,066	0,001	0,055	0,002	0,002	0,002
NH ₄ ⁺	0,71	2,9	1,02	3,35	3,24	3,72	3,56	10	9	5,1
PO ₄ ³⁻	0,33	0,08	0,3	0,2	0,2	0,4	0,5	1,45	0,8	1,5
Si	1,17	0,92	1,38	4,09	1,73	2,92	4,49	3,91	2,53	2,94
Fe _{общ}	2,61	4,6	1,44	8	3,86	9,14	4,3	11,36	14,14	2,94
Жесткость общ., мг-экв/л	0,3	0,4	0,3	0,7	0,4	0,3	0,6	0,5	1,5	8
Сумма	34,2	36,5	32,2	31,5	20,2	15,8	32,1	30,3	44,6	20,3

Таблица 4.2. Гипотетическая комбинация солей в болотных водах, в %

Проба	Гипотетическая комбинация солей, %											
	KCL	NaCL	MgCL2	CaCL2	K2SO4	Na2SO4	MgSO4	CaSO4	NaHCO3	Mg(HCO3)2	Ca(HCO3)2	Сумма
3	5	0,00	0	0	6	0,77	0,00	0	7,5	26,7	54	100,00
4	3	4,1	9,9	0	0	0	4,12	0	0	9	69,95	100,00
149	7,1	3,9	0	0	0	4,78	0,00	0	2	27,2	55	100,00
152	0,3	24,9	0	0	0	3,70	4,05	0	0	31,5	35,8	100,00
153	2,9	32	6,6	0	0	0	11,83	0	0	13,5	32,7	100,00
162	2,95	11	28,4	18,9	0	0	0,00	9,9	0	0	28,7	100,00
173	4,6	5,9	9	0	0	0	5,64	0	0	29,5	45,05	100,00
178	5,6	40,3	21,5	19	0	0	0,00	7	0	0	6,6	100,00
179	4	13	27	34,2	0	0	0,00	6	0	0	14,9	100,00
186	13,3	4,5	26,5	0	0	0	4,12	5,5	0	0	46,3	100,00

Таблица 4.3. Содержание органических веществ в болотных водах, мг/л

№ пробы	Сорг	Фульвокислоты	Гуминовые кислоты
3	2,5	3,0	0,3
4	24,0	39,0	7,8
149	20,1	25,9	9,0
152	60,5	64,8	4,2
153	34,6	53,0	11,4
162	106,0	157,9	28,8
173	61,8	94,1	10,1
178	122,0	196,0	45,0
179	90,3	163,2	8,4
186	47,0	71,3	7,2

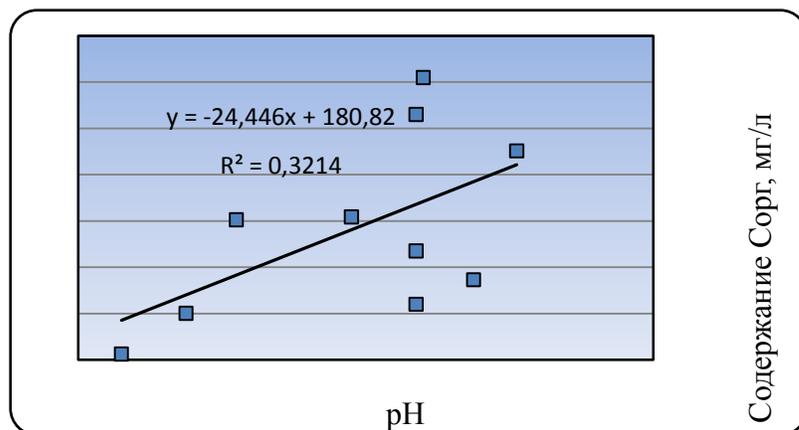


Рис. 4.9. Зависимость содержаний $C_{орг}$ в водах от рН

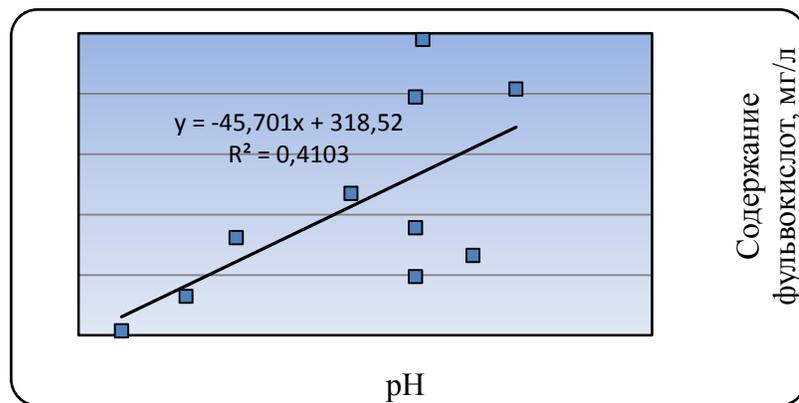


Рис. 4.10. Зависимость содержаний фульвокислот в водах от рН

4.3.3. Геохимия подземных вод

Неоген-четвертичный водоносный комплекс

Первый от поверхности неоген-четвертичный водоносный комплекс, включающий в себя воды пойменных отложений, надпойменных террас, древних ложбин стока и аккумулятивных равнин, питается атмосферными осадками, и потому в большей степени подвержен загрязнению [71].

По химическому составу воды комплекса гидрокарбонатные, иногда хлоридно-гидрокарбонатныенатриево-кальциевые, магниево-кальциевые (рис. 4.11), чаще всего умеренно жесткие. Среда вод нейтральная и слабощелочная. Минерализация изменяется от 0,1 до 0,6 г/л (табл. 4.4).

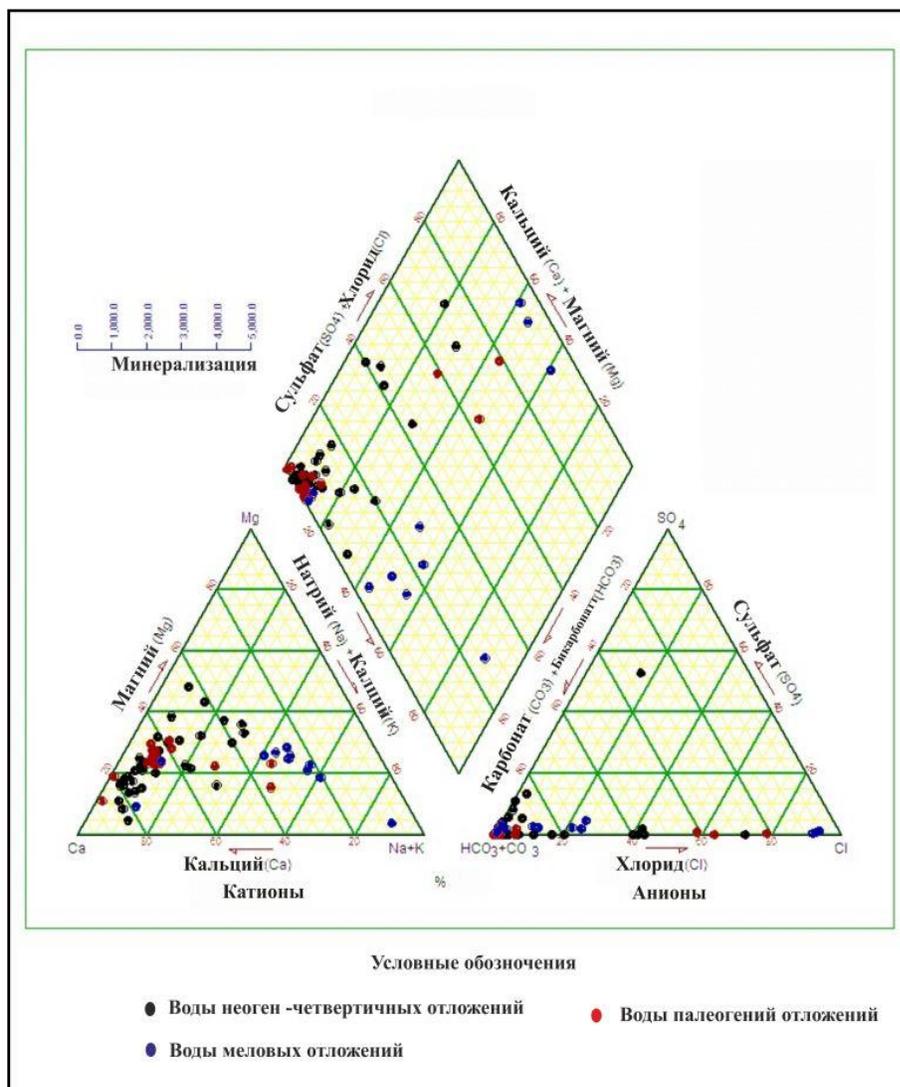


Рис. 4.11. Диаграмма Пайпера для подземных вод территории исследования

Таблица 4.4. Химический состав подземных вод неоген-четвертичного водоносного комплекса

Элементы	Ед. изм.	Миним.	Максим.	Среднее	
pH	–	6,1	8,5	7,3	
NH ₄	Мг/л	0,00	3,42	1,19	
NO ₂		0,00	0,15	0,02	
NO ₃		0,00	7,02	1,19	
HCO ₃		85,4	475,96	290,52	
SO ₄		0	41,6	6,62	
Cl		0,00	159,2	17,16	
Ca		4,0	160,3	71,08	
Mg		1,2	51,1	16,22	
Na		0,5	112,5	8,73	
K		0,00	3,5	1,16	
Общ.жеск.		Мг-экв/л	0,4	7,0	4,88
Сух.остаток		Мг/л	96,0	478,0	263,1
Минерализация	115,24		611,73	319,37	
Число анализов		63			

Палеогеновый водоносный комплекс

Подземные воды палеогенового комплекса в основном пресные гидрокарбонатные, реже хлоридные, смешанного с преобладанием магниево-кальциевого и натриевого катионного состава (рис. 4.11) с минерализацией от 0,2 до 0,9 г/л, умеренно-жесткие (табл. 4.5).

Таблица 4.5. Химический состав подземных вод палеогенового водоносного комплекса

Элементы	Ед. изм.	Миним.	Максим.	Среднее	
pH	–	6,2	8,0	7,2	
NH ₄	Мг/л	0,26	2,7	1,20	
NO ₂		0,00	0,05	0,003	
NO ₃		0,00	4,28	0,69	
HCO ₃		158,6	475,96	331,23	
SO ₄		0	12,5	2,73	
Cl		0	422	55,78	
Ca		12	701	111,93	
Mg		6,0	53,5	22,11	
Na		1,15	1,5	30,43	
K		0,00	5,03	1,84	
Общ.жеск.		Мг-экв/л	1,2	8,4	5,54
Сух.остаток		Мг/л	120	354	260
Минерализация	196		879,06	403,30	
Число анализов		89			

Меловой водоносный комплекс

Воды мелового водоносного комплекса в среднем пресные с минерализацией до 2 г/л, чаще 0,4–0,9 г/л, гидрокарбонатные с переходом в гидрокарбонатно-хлоридные, кальциево-магниевые и кальциево-натриевые, реже – натриевые (рис. 4.11, табл. 4.6).

Таблица 4.6. Химический состав подземных вод мелового водоносного комплекса

Элементы	Ед. изм.	Миним.	Максим.	Среднее
pH	–	6,8	8,2	7,22
NH ₄	Мг/л	0,50	2,72	1,003
NO ₂		0,00	0,00	0,00
NO ₃		0,00	3,87	0,863
HCO ₃		97,63	326,46	225,77
SO ₄		3,62	17,2	8,81
Cl		0,8	1048	308,64
Ca		10	184,4	65,54
Mg		3	87,6	33,4
Na		10,3	450	139,23
K		2	24,5	7,59
Общ. жеск.	Мг-эquiv/л	0,75	16,4	6,02
Сухой остаток	Мг/л	96,0	478,0	263,1
Минерализация		249	1845	726,608
Число анализов		10		

По комбинации анионов и катионов были определены гипотетические комбинации солей в подземных водах (табл. 4.7, рис. 4.12). Для вод неоген-четвертичных и палеогеновых отложений Ca(HCO₃)₂ составляет около 64 %, Mg(HCO₃)₂ и NaCl 13 и 15 % соответственно, для вод меловых отложений основная доля приходится на NaCl (около 50 %), Ca(HCO₃)₂ и MgCl₂ составляют 27 и 18 %, соответственно. Остальные соли составляют незначительное количество и не влияют на определение химического типа вод.

Таблица 4.7. Гипотетическая комбинация солей в подземных водах, %

Водоносный комплекс	Гипотетическая комбинация солей, %											Тип воды
	KCL	NaCL	MgCL ₂	CaCL ₂	K ₂ SO ₄	Na ₂ SO ₄	MgSO ₄	NaHCO ₃	Mg(HCO ₃) ₂	Ca(HCO ₃) ₂	Сумма	
Неоген-четвертичных отложений	0,5	15,1	6,7	0	0	0	0,8	0	13,2	63,7	100	Ca-Mg-HCO ₃
Палеогеновых отложений	0,5	15,1	6,7	0	0	0	0,8	0	13,2	63,7	100	Ca-Mg-HCO ₃
Меловых отложений	1,7	49,3	18,2	0	0	0	1,5	0	2,7	26,7	100	Na-Ca-Mg-Cl-HCO ₃

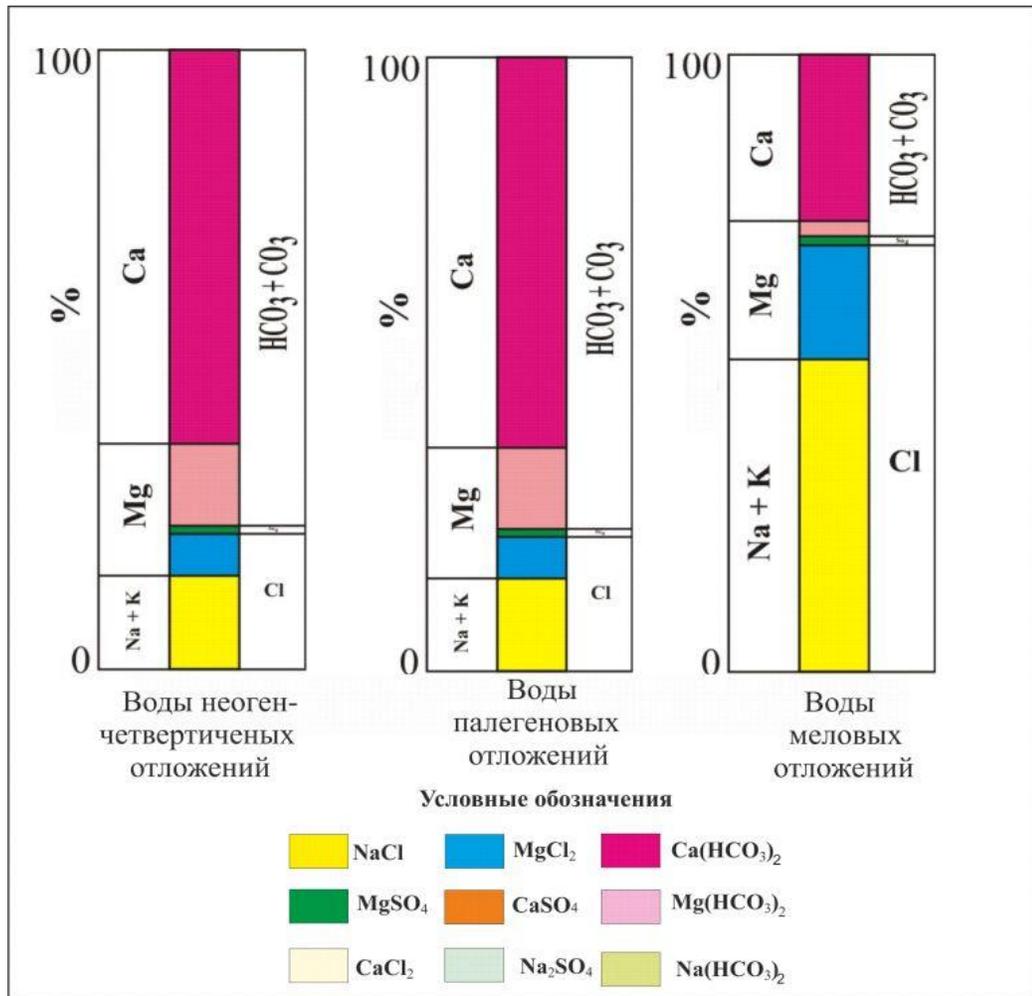


Рис. 4.12. Химический состав подземных вод

Выводы

1. В районе работ выделяются следующие водоносные горизонты и комплексы : Водоносный комплекс неоген-четвертичных отложений, водоносный комплекс палеогеновых отложений, водоносный комплекс меловых отложений и подземные воды трещиноватой водоносной.

2. Основную роль в питании подземных вод всех выделенных водоносных горизонтов и комплексов играет инфильтрация атмосферных осадков. В направлении реки Томи разности абсолютных отметок уровней воды в первом от поверхности водоносном горизонте и нижезалегающих горизонтах существенно уменьшаются.

3. В период половодья уровни воды в реке превышают уровни грунтовых вод, что приводит к смене направления фильтрационного потока. В это время река, вместо области разгрузки, становится областью питания грунтовых вод.

4. Болотные воды территории исследования являются ультрапресными: общая минерализация колеблется от 15 до 45 мг/л, кислыми и слабокислыми, реже нейтральными (рН составляет 4,0–6,7), гидрокарбонатными магниево-кальциевыми или хлоридными магниево-кальциевыми, реже натриево-калиевыми, мягкими.

5. По химическому составу воды Неоген-четвертичного водоносного комплекса гидрокарбонатные, иногда хлоридно-гидрокарбонатные натриево-кальциевые, магниево-кальциевые, чаще всего умеренно жесткие. Среда вод нейтральная и слабощелочная. Минерализация изменяется от 0,1 до 0,6 г/л.

6. Подземные воды палеогенового комплекса в основном пресные гидрокарбонатные, реже хлоридные, смешанного с преобладанием магниево-кальциевого и натриевого катионного состава (с минерализацией от 0,2 до 0,9 г/л, умеренно-жесткие.

7. Воды мелового водоносного комплекса в среднем пресные с минерализацией до 2 г/л, чаще 0,4-0,9 г/л, гидрокарбонатные с переходом в гидрокарбонатно-хлоридные, кальциево-магниевые и кальциево-натриевые, реже – натриевые.

8. По комбинации анионов и катионов были определены гипотетические комбинации солей которые в процентном выражении составляют повышено содержание $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ от 7 до 70 % и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ от 5 до 43 %, В нескольких пробах повышено содержание NaCl : и остальные соли составляют незначительное количество.

5. ИНЖЕНЕРНО- ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ТЕРРИТОРИИ

5.1. Методика работ

Показатели состава, физических и физико-механических свойств грунтов являются важнейшими характеристиками используемыми проектировщиками при расчетах оснований сооружений и поэтому они были изучены более детально для горизонтов залегающих у поверхности на значительных площадях территории исследований. Наиболее подробно изучены отложения поймы, болотные отложения, грунты второй террасы, федосовской и смирновской свит.

Для решения поставленных задач проводилось опробование скважин, шурфов и обнажений на наиболее интересных, с инженерно-геологической точки зрения участках, в основном, на территориях проявления экзогенных процессов. Лабораторные работы проводились на основе действующих методик определения характеристик грунтов [3]. Были определены: гранулометрический состав песчаных грунтов, плотность (ρ), плотность твердых частиц (ρ_s), плотность скелета (ρ_d), влажность (w), влажность на пределе раскатывания и текучести (w_L и w_p), коэффициент пористости (e). Кроме физических характеристик были определены такие показатели как зольность (D_{as}), ботанический состав и степень разложения (D_{dp}) торфов. Из механических характеристик, определенных в соответствии [14] получены показатели деформационных свойств: модули деформации, коэффициенты сжимаемости, коэффициенты консолидации, показатели структурной прочности полученные по методу Казагранде и Бекера. Прочностные характеристики: сцепление, угол внутреннего трения получены при испытании консолидировано-дренированных и неконсолидировано-дренированных также в соответствии с [14]. В табл. 5.1 приведены данные о количестве проведенных исследований свойств грунтов, на рис. 5.1 показаны точки опробования на карте схеме основанной на *фрагменте карты четвертичных отложений, автор В.Н. Сильвестров, к которой прилагается разрез (рис. 5.2).*

Выявление специфических грунтов на исследуемой территории велось при помощи следующих источников: относительная набухаемость и относительная просадочность под нагрузками определялись согласно [15] по значениям влажности, коэффициентов пористости и плотности скелета. Образцы глинистых грунтов были исследованы в

лаборатории на возможность набухания по методике [28]. Относительная деформация пучения глинистых грунтов определялась по значениям параметра R_f , который рассчитывается согласно требованиям [18]. Определение прочностных и деформационных характеристик грунтовых отложений проводилось по таблицам [61].

Таблица 5.1. Основные виды, объемы, методы выполнения работ и нормативные документы

Виды работ	Объемы работ	Метод выполнения Руководящие документы и Методическая литература
Полевые работы		
Отбор монолитов в нарушенном и естественном состоянии	54	ГОСТ 12071–2000. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов
Отбор проб поверхностных и подземных вод	187	Отбор проводился в соответствии с [ГОСТ Р 51592–2000] в полиэтиленовые канистры и стеклянные бутылки в зависимости от цели
Лабораторные работы		
Определение гранулометрического состава	100	ГОСТ 12536–79. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микрогетатного состава
Определение влажности (w , w_b , w_p)	102	ГОСТ 5180–84. Методы лабораторного определения физических характеристик.
Определения свободного набухания	8	ГОСТ 24143–80. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик набухания и усадки.
Определение плотности (ρ)	87	ГОСТ 5180–84. Методы лабораторного определения физических характеристик грунта методом режущего кольца.
Определение зольности, степени разложения и ботанического состава	8	1. ГОСТ 28245–89. Торф. Методы определения ботанического состава и степени разложения. ГОСТ 11306–94. Торф. Методы определения зольности.
Определение плотности твердых частиц (ρ_s)	87	ГОСТ 5180–84. Методы лабораторного определения физических характеристик грунта пикнометрическим методом
Определение свободного набухания	106	ГОСТ 24143–80. Методы лабораторного определения свободная набухания набухания.
Определения прочности и деформируемости	46	ГОСТ 12248–96. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости
Камеральные работы		
Статистическая обработка показателей свойства грунтов.		ГОСТ 20522–96. Методы статической обработки результатов испытаний, по рекомендациям И.С. Комарова

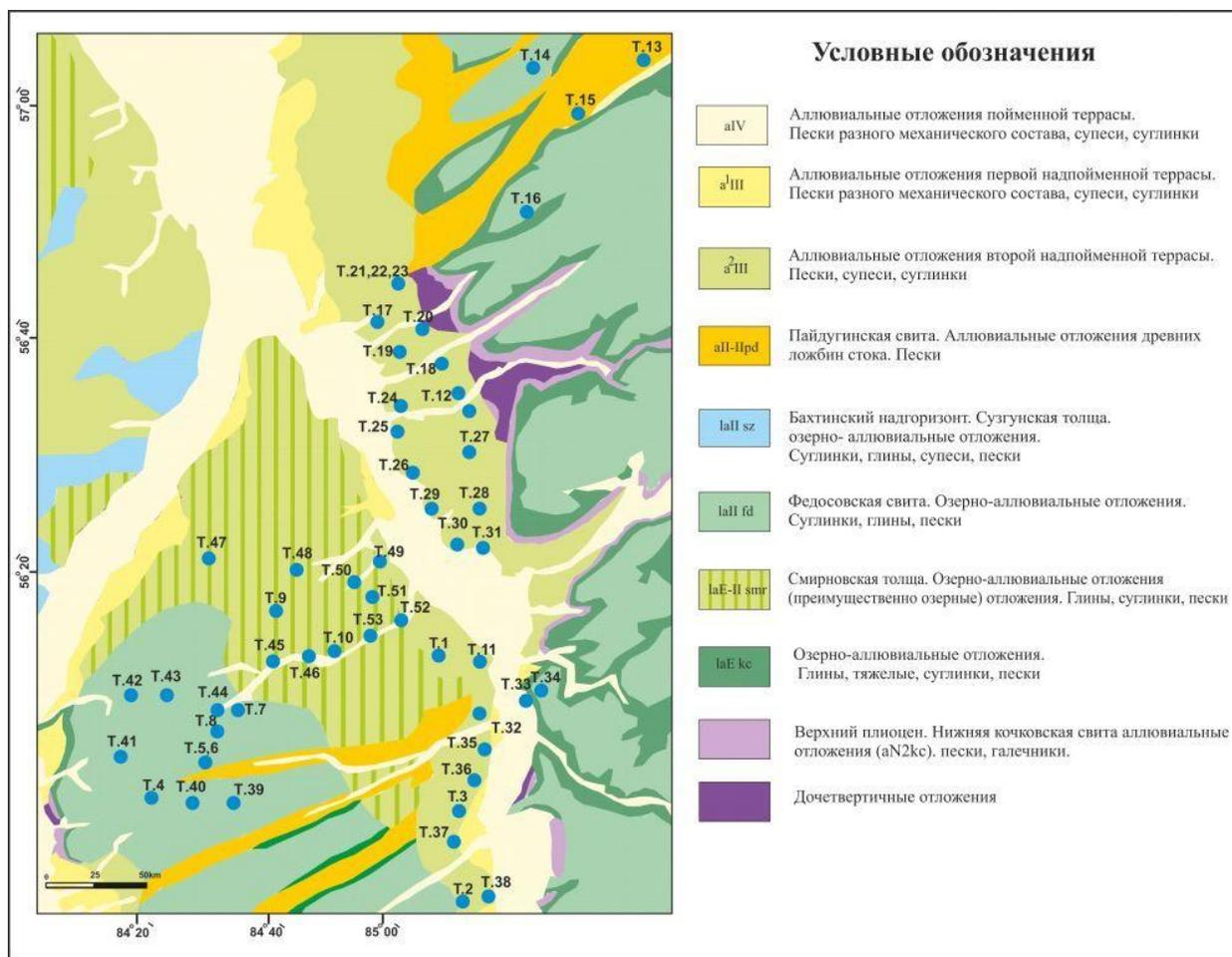
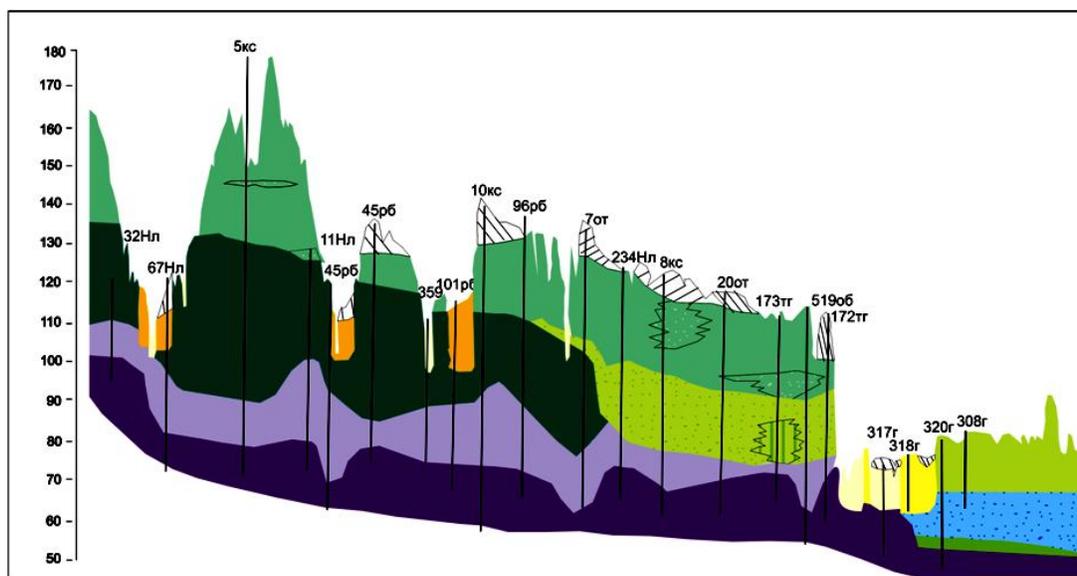


Рис. 5.1. Карта-схема опробования грунтов района нижнего течения р. Томи в основе фрагмент карты четвертичных отложений [59]

За основу данной работы взяты отчеты, наиболее полно обобщившие ранее проведенные исследования на исследуемой территории в основном проведенные Томской ГРЭ. Значения механических показателей зачастую не представляло возможности сравнить с другими данными, так как характеристики в ходе ранее проведенных работ не определялись или определялись без учета интервала нагрузок (модули деформации). Коэффициенты консолидации, значения структурной прочности и получаемые при заданных нагрузках коэффициенты фильтрации не всегда определяются при компрессионных испытаниях и редко бывают востребованы проектировщиками. К сожалению подобная информация получаемая изыскательскими организациями не является доступной и нередко не имеет геологической привязки.



условные обозначения

	Аллювиальные отложения пойменной террасы. Пески разного механического состава, супеси, суглинки		Тобольский горизонт: тобольская свита аллювиальные отложения Пески, супеси, суглинки, глина
	Озерно-болотные отложения Торф, суглинки, супеси, илы, пески,		Федосовская свита. Озерно-аллювиальные отложения. Суглинки, глины, пески
	Золотые отложения пески		Смирновская толща. Озерно-аллювиальные отложения (преимущественно озерные) отложения. Глины, суглинки, пески
	Субаральные покровные образования суглинки, лессовидные суглинки		Озерно-аллювиальные отложения. Глины, тяжелые, суглинки, пески
	Аллювиальные отложения первой надпойменной террасы. Пески разного механического состава, супеси, суглинки		Верхний плейстоцен. нижняя кочковская свита аллювиальные отложения (aN2kc). пески, галечники.
	Аллювиальные отложения второй надпойменной террасы. Пески, супеси, суглинки		Доцвертчные отложения
	Пайдугинская свита. Аллювиальные отложения древних ложбин стока. Пески		

Рис. 5.2. Разрез района нижнего течения р. Томи [59]

В ходе исследований для более детально изученных вышеприведенных отложений получены средние, минимальные и максимальные значения показателей состава и свойств грунтов. На основании полученных данных было проведено сравнение значений показателей физических свойств с результатами ранее проведенных работ, которое выявило ряд различий, что позволило расширить разброс некоторых характеристик. Перед статистической обработкой полученные данные были проверены на соответствие значений нормальному закону распределения, после чего составленные корреляционные матрицы позволили выявить значимые взаимосвязи между показателями физических и механических свойств, на основе которых получены корреляционные зависимости для нескольких разновидностей грунтов ряда свит, позволяющие прогнозировать характеристики их механических свойств по значениям свойств физических.

5.2. Особенности инженерно-геологических условий района работ

5.2.1. Особенности инженерно-геологических условий и районирование территории

Современные инженерно-геологические условия территории нижнего течения р. Томи сформировались под влиянием целого комплекса факторов и геологических процессов, протекавших длительное время. В целом рельеф, геоморфология, строение и состав переслаивающихся дисперсных неоген-четвертичных образований территории нижнего течения р. Томи, определили особенности обводнения этих отложений, в результате чего уровни подземных вод, зачастую играют главную роль при обустройстве малозаселенных районов Томской области, оказывая влияние на поведение специфических грунтов и развитие экзогенных процессов.

Анализ особенностей распространения геолого-генетических комплексов отложений, залегающих первыми от дневной поверхности, позволяет сделать следующие выводы: самая верхняя часть разреза во всех без исключения районах сложена четвертичными отложениями от нижнечетвертичных до голоценовых, причем наиболее древние образования развиты и южной половине плиты; в пространственном расположении отложений, слагающих междуречные равнины, прослеживается четко выраженная смена субэральных, аллювиальных и преимущественно озерно-аллювиальных образований внеледниковой зоны юга плиты озерно-аллювиальными среднеплейстоценовыми образованиями приледниковой зоны. В пределах территории очень широко распространены поздне-четвертичные аллювиальные и озерно-аллювиальные отложения, слагающие серию надпойменных террас и пойму в речных долинах.

Рельеф теснейшим образом связан с геологическим строением территории, которое в первую очередь зависит от неотектоники и палеогеографических условий, существовавших в новейшее время. Для территории Западно-Сибирской плиты, с точки зрения особенностей геологического строения поверхностной ее толщи (рис. 5.3) и формирования рельефа (рис. 5.4), особое значение имеет позднеплиоцен-четвертичный этап. Его три подэтапа явились теми ключевыми моментами в развитии Западно-Сибирской плиты, которые привели к возникновению на ее территории пяти инженерно-геологических областей первого порядка (рис. 5.5) согласно схеме районирования, две из которых вошли в район исследований.

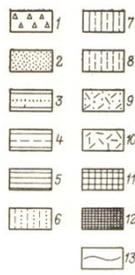
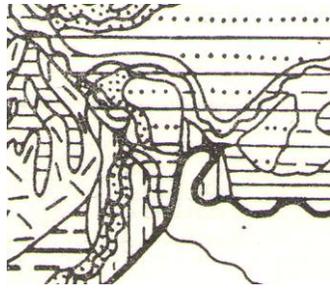


Схема распространения грунтовых толщ различного литологического состава (по В.Т. Трофимову, Н.Г. Фирсову, П.И. Кашперюку, В.Г. Кудряшову): 1 – преимущественно крупнообломочные; 2 – преимущественно песчаные; 3 – преимущественно песчано-глинистые с песчаным слоем в верхней части; 4 – преимущественно песчано-глинистые с глинистым слоем в верхней части; 5 – преимущественно глинистые; 6 – преимущественно песчаные с лёссовыми грунтами в верхней части; 7 – преимущественно глинистые с лёссовыми грунтами в верхней части; 8 – преимущественно лёссовые; 9 – преимущественно песчаные с торфяным слоем в верхней части; 10 – преимущественно глинистые с торфяным слоем в верхней части; 11 – преимущественно крупнообломочные, под-стилаемые скальными; 12 – преимущественно глинистые, подстилаемые скальными; 13 – границы грунтовых толщ разного литологического состава. Грунтовые толщи в районах, где в верхней части разреза по площади чередуются минеральные и торфяные грунты, показаны теми же знаками, но более толстой штриховкой

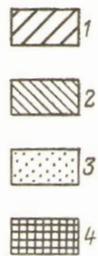


Схема распространения грунтовых толщ различного строения (по В.Т. Трофимову, Н.Г. Фирсову, П.И. Кашперюку, В.Г. Кудряшову): 1–3 – грунтовые толщи, сложенные грунтами одного класса, – дисперсные однопородные (1), двухпородные и многопородные (2–3); 4 – грунтовые толщ. сложенные грунтами разных классов, – дисперсные, подстилаемые скальными, преимущественно многопородные

Рис. 5.3. Схемы распространения грунтовых толщ различного литологического состава и строения

Впервые принципы районирования были изложены Поповым И.В., который отметил, что инженерно-геологическое описание какой-либо местности, чтобы стать систематичным и удобным для практического использования всегда требует районирования территории. Схема, составленная Е. М. Сергеевым и С.Б. Ершовой относится к смешанному виду схем генетико-морфологического типа инженерно-геологического районирования. Области первого порядка выделены на ней как типологические единицы, а области второго порядка – как региональные таксоны. При выделении последних соблюдено важнейшее требование регионального районирования – необходимость пространственной целостности выделяемых таксономических единиц.

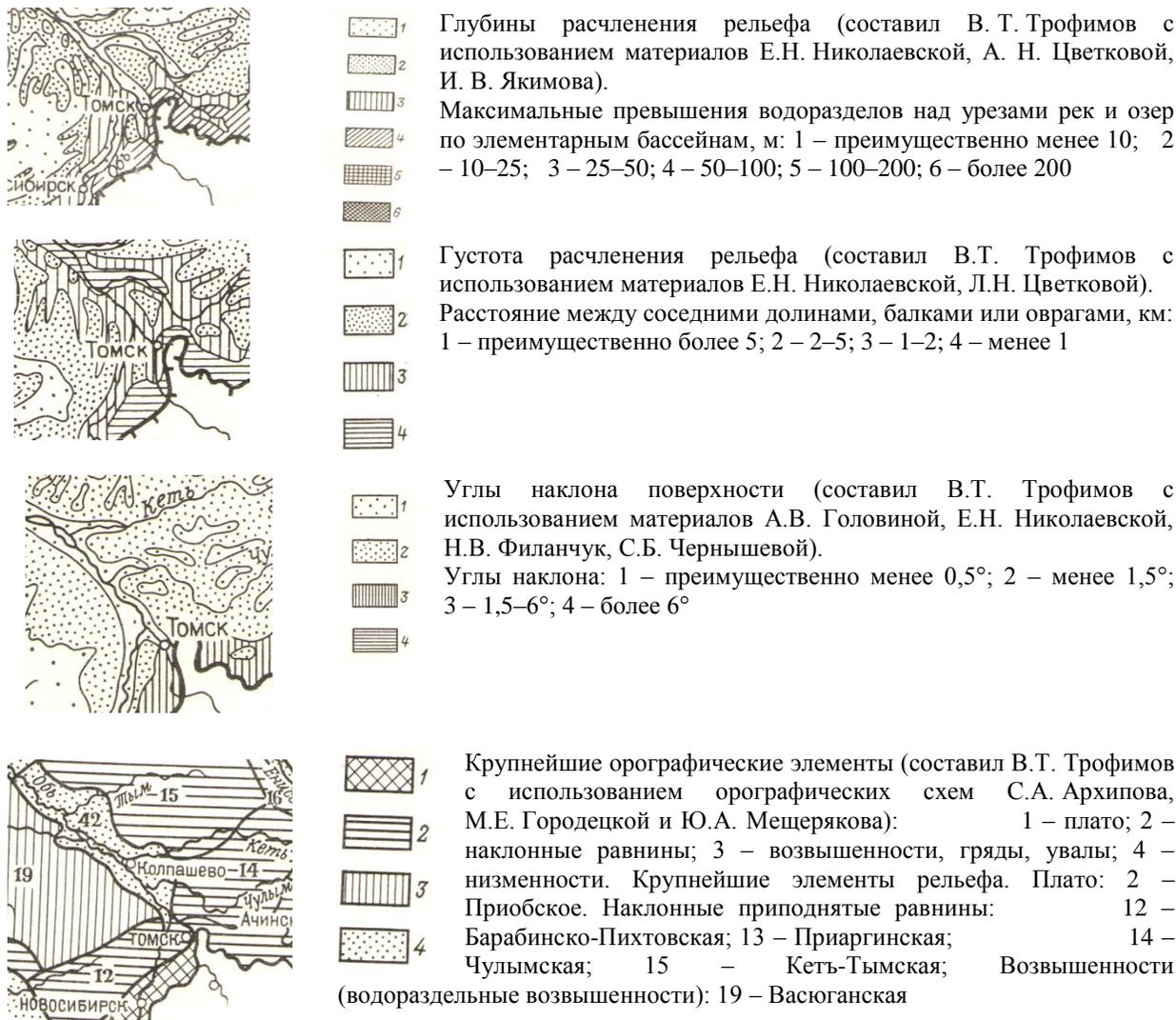
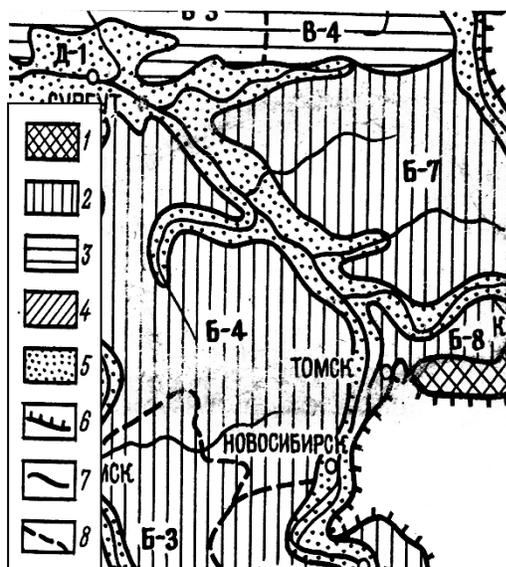


Рис. 5.4. Особенности рельефа территории нижнего течения р. Томи

Территория нижнего течения р. Томи включает пространства входящие в две области первого порядка: область аккумулятивных и денудационно-аккумулятивных равнин, сложенных преимущественно-озерно-аллювиальными верхнеплиоцен-нижнечетвертичными и среднечетвертичными отложениями (представленную Обь-Чулымской областью второго порядка Б-8, рис. 5.5) и областью крупных речных долин (представленную долиной р. Оби Д-1, рис. 5.5).

По физико-географическим условиям Обь-Чулымская область делится на две части: западную (Обь-Томское междуречье), которая относится к Приобской провинции северной лесостепи, и восточную (Томь-Чулымское междуречье), которая располагается в

пределах Кеть-Чулымской южнотаежной провинции таежной зоны. Обь-Томское междуречье – плоская пологохолмистая, слаборасчлененная равнина с абсолютными отметками 130–180 м, максимальные значения которых приурочены к водораздельной линии, сдвинутой в сторону Оби. Северная часть междуречья – плоская равнина, покатая к р. Томь и расчлененная густой гидрографической сетью, оврагами и балками с крутыми склонами.



Области:

- 1 – денудационных равнин, сформировавшихся на мезозойско-неогеновых отложениях;
- 2 – аккумулятивных и денудационно аккумулятивных равнин, сложенных преимущественно озерноаллювильными верхнеплиоцен-нижнечетвертичными и среднечетвертичными отложениями;
- 3 – аккумулятивных равнин, сложенных преимущественно ледниковыми и одноледниковыми среднечетвертичными отложениями;
- 4 – аккумулятивных равнин, сложенных преимущественно морскими средне- и верхнечетвертичными отложениями;
- 5 – аккумулятивных террасовых равнин крупных речных долин, сложенных преимущественно аллювиальными верхнечетвертичными и голоценовыми отложениями;
6. – граница Западно-Сибирской плиты;
- 7, 8 – границы областей первого и второго порядка соответственно.

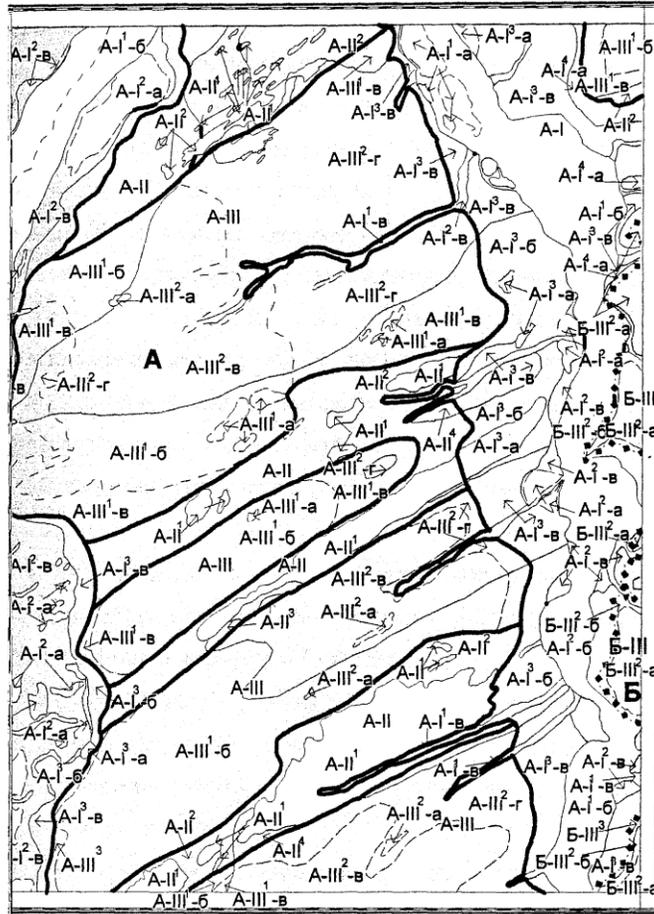
Б-1 – Д-6 – индексы областей второго порядка.

Рис. 5.5. Схема инженерно-геологического районирования континентальной части Западно-Сибирской плиты [68, 31]

Томь-Яя-Чулымское междуречье (Чулымо-Енисейское плато) возвышенная и расчлененная часть области с абсолютными отметками 200–266 м в центре водораздела, 108–200 м на западном склоне и 110–170 и на восточном – слабо понижается к северо-западу. Максимальные абсолютные отметки (258–266 м) приурочены к крайнему юго-востоку области. Склоны интенсивно расчленены густой сетью оврагов и балок и по характеру расчленения резко различны. Западный склон более короткий, крутой (до 40°) с высокой активностью современных эрозионных процессов и глубиной расчленения до 100 м и более. Восточный склон более вытянутый к р. Яя, с меньшим уклоном и глубиной расчленения до 80 м. Центральная часть междуречья – чередование плоских участков с отдельными холмами высотой 6–8 м, суффозиокными западинами (глубина до 6 м, диаметр до 10 м и более) и глубоко врезанными речными долинами с густой сетью логов.

Строение р. Оби наглядно показывает унаследованный характер ее развития, приуроченность к продолинам средне- и нижнечетвертичного возраста. Конфигурация речных долин бассейна Оби хорошо подчеркивает тектонический план отдельных участков, образуя коленообразные изгибы в районах блоковых поднятий. В пределах долинного комплекса выделяются три надпойменные террасы и два уровня поймы, сформированные аллювиальными отложениями современного и позднечетвертичного возраста и представляют собой типичные аккумулятивные равнины соответствующего генезиса. Этим определяется чрезвычайная выровненность и слабое эрозионное расчленение террасовых поверхностей. Исключение составляют прибрежные участки террас с глубиной эрозионного расчленения от нескольких до 25 см. Почти вся поверхность надпойменных террас захоронена под мощными торфяниками, сnivelировавшими неровности первичного микрорельефа. И только на приречных участках, сложенных песками, развиты невысокие эоловые бугры и мелкие западины [33].

Для более детальной характеристики инженерно-геологических условий нужно обратиться к схеме районирования территории нижнего течения р. Оби для массового строительства (рис. 5.6), составленной [4], в соответствии с современными требованиями и действующим «Методическим руководством» [6] на основе карты инженерно-геологических условий масштаба 1:200 000. Глубина, на которую распространена оценка инженерно-геологических условий, определена из мощности «активной зоны» и согласно «Методике...» [7] составляет 15–20 м. Инженерно-геологическое районирование проведено согласно методике последовательного инженерно-геологического районирования [54] с целью обобщения инженерно-геологической характеристики изучаемой территории, для различных видов строительства. Последовательность выделения таксометрических единиц районирования изучаемой площади: регион – область – район – участок.



Автор: Шабанина О.И.

5 0 5 10

Масштаб 1:500 000

Условные обозначения:



Рис. 5.6. Схема районирования территории нижнего течения р. Оби для массового строительства [31] (условные обозначения приведены в тексте)

Сложность инженерно-геологического районирования данной территории определяется расположением исследуемой территории в зоне сочленения Западно-Сибирской плиты и Колывань-Томской складчатой зоны. Для Западно-Сибирской плиты

(регион-А) характерно то что, верхнюю часть геологического разреза составляет чехол неоген-четвертичных образований большой мощности. Породы этого комплекса залегают горизонтально, имеют выдержанные мощности. Низезалегающие структурные этажи, представленные терригенными формациями кайнозойского и мезозойского возраста, не оказывают существенного влияния на условия массового строительства. В геологическом строении Колывань-Томской складчатой зоны (регион-Б) также выделены два структурных этажа. Верхний представлен маломощными палеоген-четвертичными образованиями, для которых характерно частое неупорядоченное переслаивание разновидностей грунтов, невыдержанных по мощности, залегающих на породах нижнего структурного этажа. Нижний структурный этаж представлен глинистыми сланцами и песчаниками каменноугольного возраста, имеющими выходы на поверхность в правом борту р.Томи и ее правых притоков.

Геоморфологически исследуемая территория разделена на пять областей: А-I; Б-I долины рек, А-II древние ложбины стока, А-III; Б-III – водораздельные равнины.

Область А-I выделена в границах долин рек Обь и Томь и их многочисленных притоках. Поверхность их слабонаклонная, террасированная, слабодренированная, местами заболоченная. Геологический разрез имеет двухслойное строение. Верхняя часть разреза представлена суглинками с прослоями супеси и песка. Нижняя часть преимущественно песчаная с гравийно-галечниковым горизонтом в основании. Грунтовые воды безнапорные, местами со слабыми местными напорами, гидравлически связаны с рекой.

Область Б-I выделена на площади правого берега р. Томи и ее притоков (рр. Ушайка, Басандайка, Тугояковка, Шумиха). Поверхность слабонаклонная. Грунтовые воды гидравлически связаны с рекой, безнапорные или со слабыми местными напорами.

Область А-II выделена в пределах древних долин стока. Это пониженная в рельефе, террасовидная полого-наклонная поверхность с чередованием полого-волнистого эолового рельефа с массивами крупных низинных болот. Естественная дренированность области весьма слабая. В сфере влияния сооружений широко развиты как «верховодка», так и грунтовые воды, которые способствуют постоянному заболачиванию поверхности.

Область А-III выделена в границах водораздельной эоплейстоцен-среднеоплейстоценовой аккумулятивной равнины. Поверхность плоская, слабо волнистая, в естественных понижениях рельефа заболоченная. Дренированность рельефа

изменяется от центра водораздела к склонам соответственно от слабой до хорошей. Грунтовые воды имеют слабо напорный характер. На поверхности развиты суффозионные процессы и процессы оврагообразования.

Область Б-III выделена в западной части Томь-Яйского междуречья и является склоном наклонной озерно-аллювиальной равнины эоплейстоцен-среднелепесточного возраста с денудационным рельефом. Поверхность склона на площади работ расчленена рядом притоков р. Томи. Широко развиты лога и овраги. Наблюдаются осыпи и оползни. К пойме р. Томи равнина часто обрывается крутым уступом высотой до 60 м.

Районы выделены внутри областей по площадям распространения верхних стратиграфо-генетических комплексов.

В области А-I выделено четыре района: А-I¹ – в границах пойменных отложений, А-I² – отложений первой надпойменной террасы, А-I³ – второй надпойменной террасы А-I⁴ отложения третьей надпойменной террасы. В области Б-I выделен один район Б-I¹ – в границах пойменных отложений. Для этих районов характерен плоский слабонаклонный, слаборасчлененный рельеф поверхности, «верховодка» и грунтовые воды залегают в сфере влияния сооружений, понижения в рельефе заболочены, на склоновых частях развиты эрозионные процессы на участках высоких террас изредка отмечаются просадочные явления.

В области А-II выделено четыре района: А-II¹ – по распространению болотных и озерно-болотных отложений, А-II² – площади распространения эоловых отложений, А-II³ – субаэральных образований, подстилаемых озерно-аллювиальными отложениями древних ложбин стока; и А-II⁴ – площади распространения озерно-аллювиальных отложений древних ложбин стока. Повсеместно озерно-аллювиальные отложения ложбин стока имеют мощность 20–25 м.

В области А-III выделено три района: А-III¹ – выделен на площади распространения эоловых отложений, А-III² – на площади развития субаэральных покровных образований, А-III³ – на площади развития озерно-аллювиальных отложений смирновской свиты. Преобладающая мощность покровных и эоловых отложений в районах 5–10 м, на склонах 2–5 м.

В области Б-III выделен один район: Б-III¹ – на площади распространения субаэральных покровных образований.

По соотношению первого стратиграфо-генетического комплекса пород (имеющего мощность менее 10 м) и подстилающего выделены подрайоны.

На условия строительства, в сфере влияния на сооружение, оказывают влияние грунтовые воды и «верховодка», уровни залегания которых в зависимости от расчлененности рельефа колеблются в широких пределах. Естественная дренированность исследуемой территории изменяется от хорошей до весьма слабой. Интенсивно развиваются процессы гидродинамические (боковая эрозия речных берегов, овражная эрозия), гравитационных (оползни, осыпи, обвалы), гидробиологических (заболачиваемость и болотообразование) [4].

5.2.2. Распространение, состав, физические и механические свойства грунтов

Состав и строение отложений определяются их генезисом, возрастом и неотектонической обстановкой в которую были сформированы эти массивы грунтов. Главные особенности современного состояния грунтов и, следовательно, инженерно-геологические свойства обусловлены в первую очередь современным их пространственным положением, с которым связаны характер теплообеспеченности и увлажненности территории, а также степень ее расчлененности и дренированности. Совокупное влияние этих главнейших причин определило все современные инженерно-геологические особенности и закономерности пространственного изменения пород территории нижнего течения р. Томи. Ниже приводится детальная характеристика условий залегания, состава, физических и физико-механических свойств грунтов на территории нижнего течения р. Томи для стратиграфо-генетических комплексов, базирующаяся на материалах работ Томской ГРЭ и результатах исследований проведенных автором работы.

ГОЛОЦЕН

Современное звено

Техногенные отложения голоцена. Техногенные отложения имеют ограниченное распространение на территории города Томска - в районе насосной станции, поселка Черемошники и по берегу р. Томи ниже устья р. Ушайка. Представлены они суглинком с прослоями песка и супеси светло-коричневого цвета. Мощность их изменяется от 0,5 до

3,8 м. Глубина сезонного промерзания грунтов, по результатам опытных работ, составляет 0,5–0,7 м. Грунты в основной своей массе рыхлые.

Грунты по плотности неоднородны, плотность частиц грунта – $2,64 \text{ г/см}^3$, плотность влажного грунта – $1,7 \text{ г/см}^3$, коэффициент пористости – 0,76 д.ед [4].

Модуль деформации, рассчитанный по компрессионной кривой в интервале давлений 0,05-0,30 МПа, составляет 4.0 МПа. Показатели сопротивления грунта срезу в условиях неконсолидированного сдвига равны 9 КПа, угол внутреннего трения – 12° [4].

Современные аллювиальные отложения пойменных террас (aIV) рек Томи, Ушайка, М. Киргизки. Аллювиальные отложения пойм распространены в долинах всех рек и представлены песками, в южной части содержащими в основании гравийно-галечниковые и песчано-гравийные отложениями. Пески руслового и стрежневого типов серые, желтовато-серые, голубовато- и зеленовато-серые, мелко и среднезернистые, реже крупнозернистые. По составу полевошпатово-кварцевые, местами глинистые с прослойками и линзами суглинков и супесей. Слоистость горизонтальная, косая и волнистая.

Рядом с г. Томском пойма р. Томи протягивается в виде полосы по ее правому берегу, шириной от 200–300 м в юго-западной части до 2,5–3 км в районе Чермошников. Ширина пойменных террас рр. Ушайки и М. Киргизки изменяется от 50 до 500 м и более. Мощность отложений пойм неоднородна – в долине р. Оби достигает 10–26 м также в среднем течении р. Томи, а в верховьях рек и более мелких притоков мощность сокращается до 0,5–1,0 м.

С поверхности отложения поймы представлены суглинками, супесями, песками и торфом. Суглинки серовато-бурые, серые, темно-серые, реже бурые, по гранулометрическому составу суглинки относятся к категории средних, реже тяжелых и легких с высоким содержанием пылеватой фракции (0,65–0,78 %). Мощность суглинков колеблется от 1,5 до 10,0 м, ниже по разрезу лежат желтовато-серые, бурые, кварцево-полевошпатовые мелкие пески (мощностью 1–8 м), реже супеси. В основании находится гравийно-галечниковый горизонт мощностью до 20–22 м с галькой кварцево-кремнистого состава, диаметром до 8 см.

Гранулометрический состав пойменных отложений изменяется незакономерно по площади и закономерно по глубине: с поверхности в грунтах преобладают пылеватые и

глинистые фракции, которые с глубиной замещаются песчаными фракциями, крупность которых возрастает с глубиной.

Грунты поймы не засолены, сухой остаток в водных вытяжках 0,03–0,12 %. Наличие монтмориллонита в составе глинистой фракции объясняет способность грунтов к набуханию, величина которого – 2–6 % [59].

Показатели физических свойств суглинков имеют большой разброс значений по площади и по глубине. Для них характерны повышенные значения естественной влажности, пористости и сжимаемости. По состоянию суглинки имеют все разновидности от твердых до текучих, но преобладают туго- и текучепластичные. С поверхности они слабогумусированны, по всему разрезу некарбонатные, по результатам водной вытяжки отнесены к незаселенным разновидностям, по коэффициенту относительной просадочности – непросадочны, по коэффициенту уплотнения отнесены к среднесжимаемым разновидностям.

Коэффициент фильтрации суглинков изменяются от 0,0013 до 0,15 м/сут. По механическим свойствам суглинки также имеют большой разброс значений: модуль деформации 1,7–4,5 МПа, удельное сцепление 12–120 кПа, угол внутреннего трения 13–17 градусов. Для них характерно увеличение и уменьшение водно-физических свойств в зависимости от местоположения верховодки.

Супеси в пойменных отложениях встречаются в виде прослоев и линз в основном на границах перехода суглинистых слоев в песи и наоборот. Из-за небольшой мощности показатели физико-механических свойств грунтов прослежены по 8 пробам. Для них характерны высокие значения естественной влажности и пористости. По состоянию грунты в основной массе пластичные и текучие. По плотности скелета грунта они относятся к рыхлым разновидностям, преобладающие значения коэффициента пористости 1,03–1,45. Коэффициенты фильтрации изменяются от 0,1 до 0,5 м/сут. Модуль деформации, рассчитанный по компрессионной кривой в интервале давления 0,05–0,3 МПа составляет 14,0–26,0 МПа. Показатели сопротивления грунта срезу при неконсолидированном сдвиге равны: C 6–19 кПа, угол внутреннего трения 17–27° [40].

Песками с гравием и галькой представлена нижняя часть пойменных отложений. Для песков характерно закономерное изменение гранулометрического состава по разрезу и незаконномерное изменение по площади.

Подстилаются суглинки, песками мелкой и средней крупности с преобладанием фракции 0,25–0,1, которые постепенно сменяются песками более крупными с преобладанием фракции – 2–0,5 мм до 15 %, > 2 мм до 25 %. В основании разреза залегают гравийно-галечниковые отложения, с содержанием фракции 20–10 мм до 50 %. По коэффициенту неоднородности пески в основной массе отнесены к несортированным разновидностям. Коэффициент фильтрации их, рассчитанный по кривой гранулометрического состава, изменяется от 0,016 до 11,03 м/сут .

Для всех разновидностей наблюдается увеличение значений природной влажности и влажности на пределе текучести в интервале 2–6 м, то есть в местах залегания верховодки. Остальные показатели физических свойств изменяются незакономерно как по площади, так и по глубине.

В табл. (5.2 и 5.3) приведены значения характеристики физических и деформационных свойств суглинков пойменных отложений полученные автором при их исследовании. При сравнении с ранее проведенными работами (табл. 5.2) выявлено, что средние значения влажности и плотности в естественном и сухом состоянии суглинков и супесей получены выше чем в работе.

Изучение физико-механических свойств позволило выявить что грунты явно обладают структурной прочностью (компрессионные кривые на рис. 5.4.). Значения показателя небольшие и соответствуют глубине отбора образцов из шурфов до 1 м. Расчетные значения структурной прочности по методу Казагранде (P_{str1}) и Бекера (P_{str2}) приведены в (табл. 5.4). Корреляционный анализ (табл. 5.5) определил наиболее тесные взаимосвязи между показателями. На основе выявленных взаимосвязей получены корреляционные зависимости между (рис 5.7–5.8): σ - e ($r = -0,47$), σ - E ($r = 0,07$).

Таблица 5.2. Характеристики физических свойств грунтов аллювиальных отложений поймы

Наименование грунта	Естественная влажность W, %	Пределы пластичности, %		Плотность, г/см ³	
		текучести, WL	текуцести, WL	грунта в естественном состоянии, ρw	сухого грунта, ρd
Суглинок	31	36	19	1,85	1,46
	25–36	29–36	16–21	1,73–1,94	1,41–1,54
Супесь	25	23	22	1,91	1,36
	21–29	20–27	19–25	1,81–1,99	1,24–1,42
Глина	36	46	24	1,98	1,59
	20–45	39–59	20–30	1,96–1,99	1,5–1,62

Таблица 5.3. Характеристики физических свойств грунтов аллювиальных отложений поймы (по данным автора)

Наименование грунта	Естественная влажность W, %	Пределы пластичности, %		Число пластичности, I _p	Число текуцести, I _L	Коэффициент водонасыщения Sr, д, е,	Плотность, г/см ³			Пористость, n	Коэффициент пористости, e
		текучести, W _L	раскативания, W _p				частиц грунта, ρs	грунта в естественном состоянии, ρw	сухого грунта, ρd		
Суглинок	33 (20)	32 (20)	22,7 (20)	9,3 (20)	0,79 (20)	–	2,5 (8)	1,7(8)	1,5 (8)	0,54 (8)	1,3 (8)
	28– 40	31–33	20,9–24,7	7,8–13,6	–0,6 – 0,8	–	2,5– 2,7	1,2–1,5	1,2–1,3	0,8–0,9	1–1,4
Супесь	26 (18)	27,4 (18)	21,1 (18)	6,3 (18)	–0,56 (18)	0,38	2,6 (10)	1,4 (6)	1,2 (6)	52 (6)	0,8 (6)
	23–32	26,6–28,6	20–22,2	5,3–6,2	–1,4 – 0,1	0,29 – 0,47	2,5– 2,7	1,2–1,5	1,1–1,3	48–56	0,8–0,9

Примечание: в скобках приведено количество образцов

Таблица 5.4. Физические и деформационные свойства грунтов аллювиальных отложений поймы (по данным автора)

Наименование грунта	Характеристики свойств грунтов										
	Коэффициент пористости, e	Естественная влажность W , %	Плотность, г/см ³			Пористость, n	Структурная прочность, P_{str} (по Казагранде), КПа	Структурная прочность, P_{str} (по Бекеру), КПа	Модуль деформации, E (при нагрузке 0,1 МПа)	Модуль деформации, E (при нагрузке 0,2 МПа)	Модуль деформации, E (при нагрузке 0,3 МПа)
			частиц грунта, ρ_s	грунта в естественном состоянии, ρ_w	сухого грунта, ρ_d						
суглинок	1,3	30	2,5	1,7	1,5	0,54	29,6	18,9	0,7	1	1,2
	1–1,4	10–40	2,5–2,7	1,2–1,5	1,2–1,3	0,8–0,9	19,3–40,4	0–29	0–0,3	0,7–1,4	0–0,5

Примечание: в скобках приведено количество образцов

Таблица 5.5. Корреляционный анализ физических и деформационных свойств грунтов аллювиальных отложений поймы

	Нагрузка, σ	Модуль деформации, E	Коэффициент пористости, e	Структурная прочность, P_{str} (по Казагранде),	Структурная прочность, P_{str} (по Бекеру)
Нагрузка, σ	1,00				
Модуль деформации, E	0,07	1,00			
Коэффициент пористости, e	-0,47	0,31	1,00		
Структурная прочность, P_{str} (по Казагранде),	0,26	0,37	0,04	1,00	
Структурная прочность, P_{str} (по Бекеру)	-0,18	-0,44	-0,50	-0,15	1,00

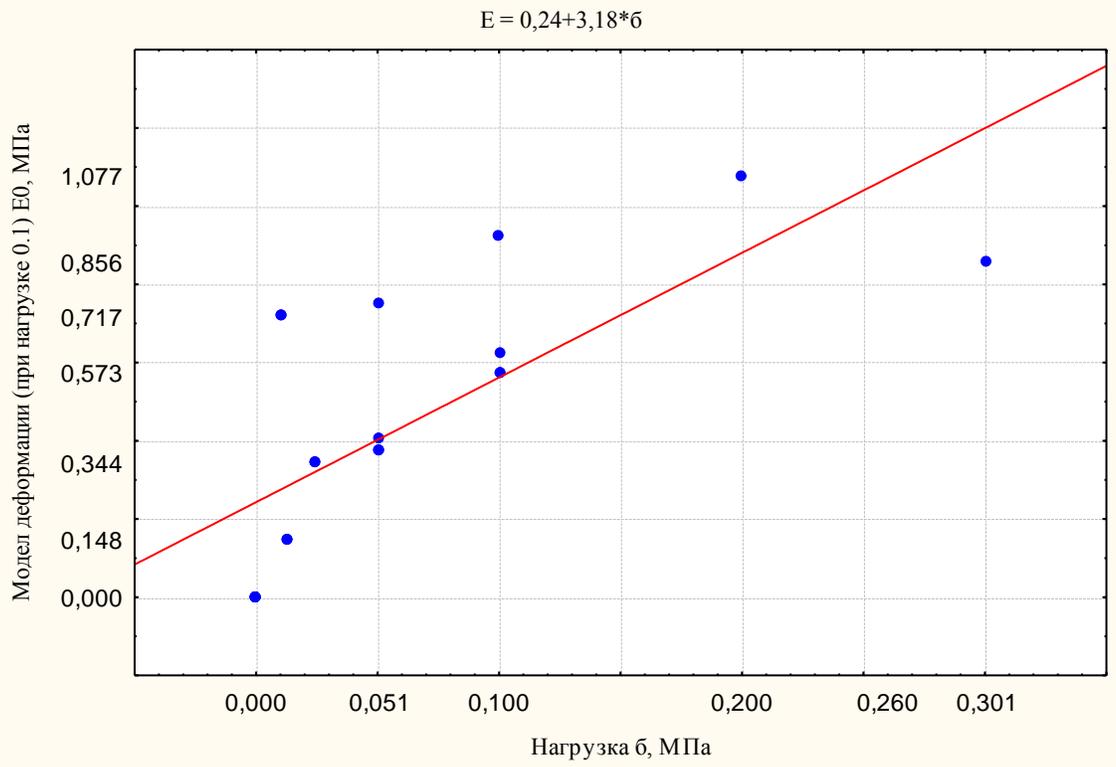


Рис. 5.7. Зависимость модуля деформации от нагрузки

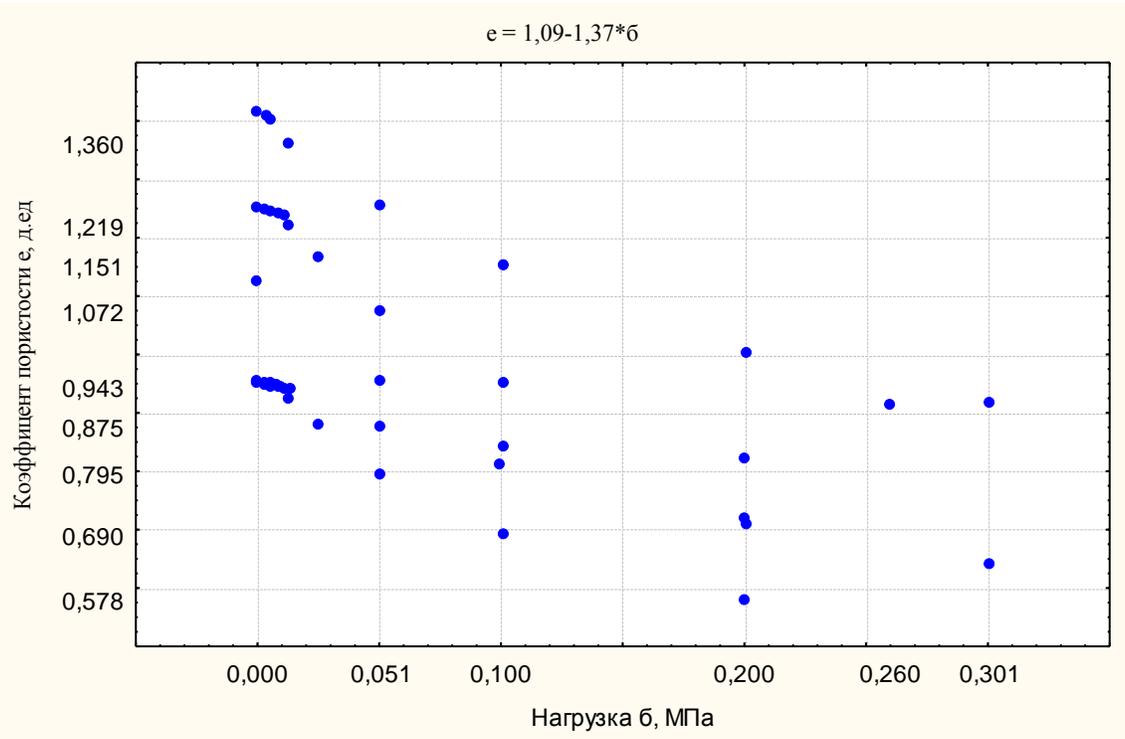


Рис. 5.8. Компрессионные кривые грунтов пойменных отложений

Озерно-болотные отложения. Озерно-болотные отложения широко распространены в пределах изучаемой территории. В зависимости от различного геоморфологического строения, густоты речной сети, расчлененности отдельных участков, болота распределены неравномерно. Отложения представлены торфами, илистыми суглинками и глинами, илистыми сапропелями, гажей, залегающими в основании разреза. Торфа разной степени разложения, в основном малозольные, представлены все типы залежей: верховые, низинные, переходные, смешанные. Характеристики влажности и плотности торфов приведены в (табл. 5.6)

Таблица 5.6. Характеристики физических свойств грунтов озерно-болотных отложений

Стратиграфо-генетический комплекс пород	Наименование грунта	Естественная влажность W, %	Плотность твердых частиц ρ_s , г/см ³
Озерно-болотные отложения (vIV)	Торф	8,7	1,57
		5,8–19,5	1,23–1,89

Важнейшей целью инженерно-геологических изысканий является изучение физико-механических свойств торфов, выявление и анализ закономерностей их изменения на изучаемой территории. Задачами данной работы являлось систематизация и анализ фондовых материалов, а также, описание инженерно-геологических условий района. Объектами исследования стали болотные массивы Томского района Томской области: «Клюквенное», «Усть-Кандинское», «Песчаное» и безымянные массива болот. Исследования проводились с учетом методик приведенных в нормативных документах.

[32], это высокотравные (тростниково-крупноосоковые) пойменные болота; лесные болота или Согласно болотному районированию территории томской области по [44] изучаемые болотные массивы находятся в Нарымской провинции юкондинского, шегарского и Обь-Томского района [43]. На изучаемой территории по геоморфологическим особенностям распространены болота пойменного, террасового и водораздельного типа. В значительной степени преобладают на террасах и в поймах евтрофные, на водоразделах располагаются олиготрофные и мезотрофные болота. Из всего многообразия болотных ландшафтов на изучаемой территории расположено 4 основных типа болотных ландшафтов [44] согры; низкотравные осоково-моховые топяные болота; 4 – выпуклые (сосново)-кустарничково-сфагновые болота.

Наиболее распространены выпуклые болота сосново-кустарничково-сфагнового типа на правобережных высоких террасах р. Томи. Выпуклая поверхность обусловлена оптимальными климатическими условиями торфонакопления, преобладания осадков над испарением. Данный тип болотного ландшафта встречается на террасах и в поймах рек. Они характеризуются наличием всех типов залежи. Самыми яркими представителями данного типа ландшафта являются торфяные массивы «Клюквенное», «Большое Клюквенное» и «Коржавинское», которые сливаются друг с другом, образуя единую болотную систему. Выделено 3 фитоценоза – сосново-кустарничково-сфагновый верховой тип, древесно-осоковый переходный и древесно-осоковый низинный. Еще один тип болотных ландшафтов, лесные болота или согры, приурочен в основном к водораздельным равнинам, но также может наблюдаться и на болотах расположенных в поймах рек.

Другой тип болотного ландшафта это высокотравные (тростниково-крупноосоковые) пойменные болота встречается на массивах «Усть-Кандинское», «Чагинское» и «Таган». Залежь верхового типа, сфагновая (сфагнум – 90 %, осока – 10 %). Переходная и низинная группа, представлены сфагновым и древесно-тростниковым видами. В геоморфологическом отношении, как правило, высокотравные тростниково-крупноосоковые болота расположены в поймах рек. Низкотравные осоково-моховые топяные болота встречаются значительно реже и представляют собой менее залесенные участки. Характеризуются они доминированием низкорослых осок и осокоподобных трав, из мхов встречаются сфагновые либо гипновые, древесный ярус представлен низкорослыми деревьями березой пушистой и сосной.

Любое исследование болота должно быть комплексным: охватывать растительный покров, состав торфяной залежи, рельеф поверхности и дна болота, и гидрологические условия, и конечно состав и свойства торфяных грунтов. Каждый тип болотного ландшафта располагается на определенном геоморфологическом элементе (или нескольких). В свою очередь болотный ландшафт определяет тип залежи, состав и значения характеристик свойств типичных торфов. Нами были отобраны и проанализированы образцы наиболее распространенные на изучаемой территории виды торфа, представители моховой, травяной и древесной групп, для которых согласно определены классификационные показатели и показатели деформационных (рис. 5.9) и прочностных свойств.

Образец, отобранный на верховом участке торфяного массива «Клюквенное» по составу малозольный, малоразложившийся фускум-торф; средние значения показателей физических свойств: естественная влажность (w) составляет 10,9 д.е., плотность $\rho = 1,02 \text{ г/см}^3$, плотность сухого грунта $\rho_d = 0,09 \text{ г/см}^3$, плотность частиц грунта $\rho_s = 1,50 \text{ г/см}^3$, пористость $n = 0,96 \text{ г/см}^3$, коэффициент пористости $e = 16,5 \text{ г/см}^3$, степень водонасыщения $S_r = 0,99 \text{ г/см}^3$. Для данного образца была построена компрессионная кривая, из которой следует, что торф обладает чрезвычайной сжимаемостью (рис. 5.9, а). При нагрузках 0,025–0,05 МПа (до структурной прочности) значение модуля деформации составили 0,52 МПа, при нагрузках 0,05–0,10 МПа – 0,033 МПа. Угол внутреннего трения составляет 17° , сцепление 0,013 МПа.

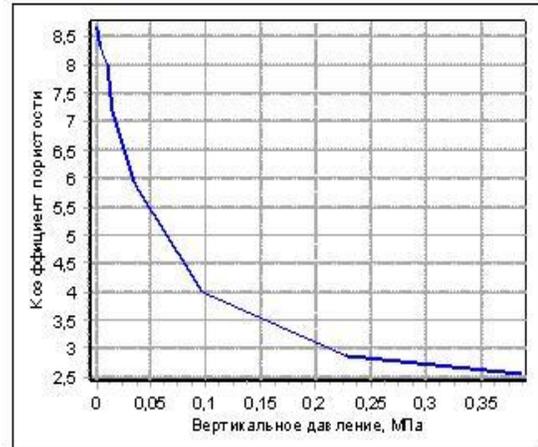
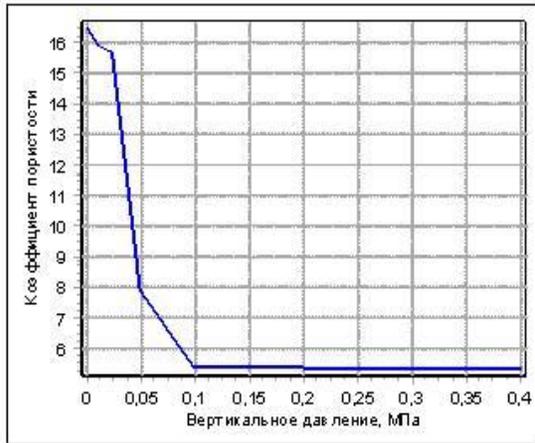
Физические и механические свойства низинного торфа проанализированы на основе данных полученных из шурфов рядом с п. Тимирязево и п. Кандинка. Низинный торф представлен несколькими образцами травяной и древесной групп и образцом погребенного древесного торфа.

Образец вахтово-осокового малоразложившегося малозольного торфа, отобранного рядом с п. Тимирязево на безымянном массиве, характеризуется следующими средними значениями показателей: влажность $w = 5,51$ д.е., плотность $\rho = 1,01 \text{ г/см}^3$, плотность сухого грунта $\rho_d = 0,16 \text{ г/см}^3$, плотность частиц грунта $\rho_s = 1,50 \text{ г/см}^3$, коэффициент пористости $e = 8,67$ д.е., степень водонасыщения $S_r = 0,95$). При нагрузках 0–0,10 МПа значение модуля деформации составили 0,21 МПа, при нагрузках 0,10–0,20 МПа – 0,75 МПа, при нагрузках 0,20–0,30 МПа – 3,55 МПа. Значение угла внутреннего трения составляет 6° , сцепление 0,022 МПа.

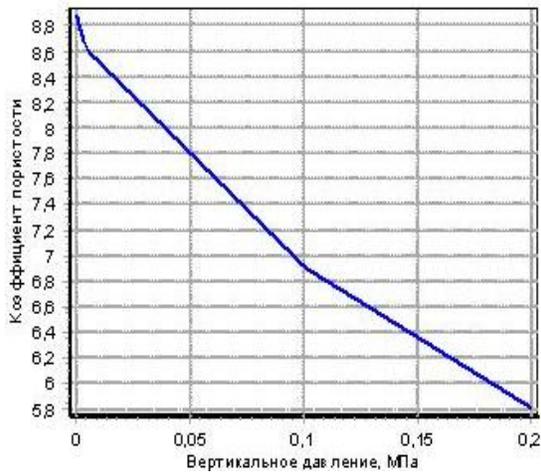
Образец низинного торфа представлен древесным видом малоразложившегося малозольного торфа, влажность его составила $w = 5,51$ д.е., плотность $\rho = 1,02 \text{ г/см}^3$, плотность сухого грунта $\rho_d = 0,18 \text{ г/см}^3$, плотность частиц грунта $\rho_s = 1,50 \text{ г/см}^3$, коэффициент пористости $e = 8,82$ д.е., степень водонасыщения $S_r = 0,95$. При нагрузках 0–0,03 МПа значение модуля деформации составили 0,095 МПа, при нагрузках 0,03–0,06 МПа – 0,02 МПа, при нагрузках 0,06–0,10 МПа – 0,34 МПа, при нагрузках 0,100–0,200 МПа – 0,56 МПа. Значение угла внутреннего трения составляет 6° , сцепление 0,022 МПа.

а)

б)



в)



г)

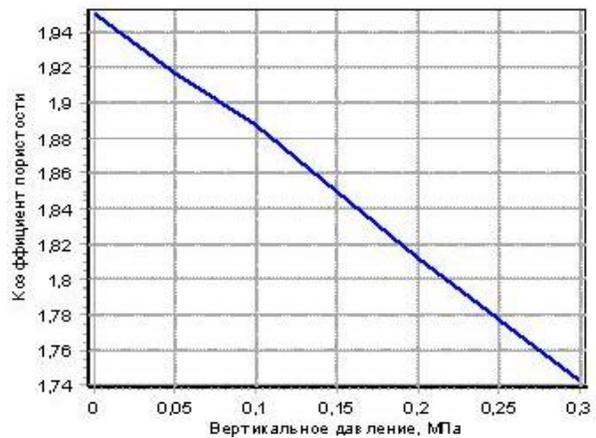


Рис. 5.9. Компрессионные кривые: а) сфагнового фускум-торфа, б) вахтово-осокового, в) древесного березового торфа, г) погребенного древесного торфа

Четвертый образец, отобранный из скважины с глубины 10,5 м, представлен разновидностью погребенного древесного слаборазложившегося малозольного торфа (рис. 5.9, г): влажность $w = 0,70$ д.ед., плотность $\rho = 1,43 \text{ г/см}^3$, плотность сухого грунта $\rho_d = 0,84 \text{ г/см}^3$, плотность частиц грунта $\rho_s = 2,48$, коэффициент пористости $e = 1,95$, степень водонасыщения $S_r = 0,89$. При нагрузках 0–0,05 МПа значение модуля деформации составили 2,77 МПа, при нагрузках 0,05–0,10 МПа (до структурной прочности) – 3,10 МПа, при нагрузках 0,10–0,20 МПа – 2,43 МПа, при нагрузках 0,20–0,30 МПа – 2,68 МПа.

В результате анализа проведенных испытаний было выявлено, что верховой тип торфа, представленный фускум-торфом, имеет более худшие характеристики физико-механических свойств: низкое значение плотности, повышенная влажность, а также

большой коэффициент пористости делают данный вид торфа сильносжимаемым, а следовательно наиболее неблагоприятным для использования его в основании сооружений. Низинный вид торфа на изучаемом участке представлен торфами травяной и древесной группы. Торфа низинного типа отличаются более низким значением коэффициентов пористости, более высокими значениями плотностей и низкой влажностью. Показатели физико-механических свойств имеют близкие значения, которые несколько лучше, чем у верхового торфа. Наиболее оптимальными характеристиками физико-механических свойств обладает погребенный торф, высокая плотность и сцепление, низкое значение коэффициента пористости, делает его наиболее пригодным для использования в качестве оснований.

ПЛЕЙСТОЦЕН-ГОЛОЦЕН

Верхнее-современное звенья

Эоловые отложения (vIII-IV). Эоловые отложения широко распространены на площади исследований. Залегают они с поверхности в виде шлейфа, на отложениях древних ложбин стока, федосовской и кочковской свит, а также участками перекрывают отложения второй надпойменной террасы. На повышенных участках водораздела мощности их достигают 15 м, на остальной площади они равны 5–10 м, на склонах – до 0,5–1,0 м. Представлены эоловые отложения желтовато-серыми песками мелкими и пылеватыми с незначительными прослоями супесей и суглинков.

По гранулометрическому составу преобладают пылеватые и мелкие разновидности песков. Пески мелкие характеризуются высоким содержанием фракции 0,25–0,1 мм (до 50 %), содержание фракции 0,5–0,25 мм изменяется от 8 до 20 %, содержание фракций 0,1–0,005 мм составляет 5–10 %.

Для песков пылеватых содержание грунтов по фракциям изменяется: 0,1–0,5 мм – 50 %; 0,25–0,1 мм – 15–20 %; 0,5–0,25 мм – 10–15 %.

Показатели физико-механических свойств песков мелких и пылеватых незначительно различаются друг от друга, естественная влажность – 0,01–0,36 д.е., плотность влажного грунта – 1,48–2,13 г/см³, коэффициент пористости – 0,08–1,0 д.е., степень влажности – 0,0–0,99 д.е., коэффициент неоднородности изменяется от 1,76 до 6,83. Величина угла внутреннего трения – 23–25 град, сцепление 20–30 КПа, модуль деформации

при нагрузке 0,3 МПа изменяется в пределах 1,8–13 МПа. Коэффициент фильтрации изменяется от 0,23 до 16,5 м/сут.

В эоловых отложениях суглинки выделены в виде прослоев мощностью 5–15 см. По числу пластичности и гранулометрическому составу, в основной массе, это тяжелые песчанистые и пылеватые разновидности. Показатели физических свойств приводятся по результатам предыдущих исследований, где эти суглинки были выделены также в виде маломощных прослоев.

Содержание песчаной и пылевой фракций, в суглинистых отложениях, почти равны (средние значения соответственно равны 42 и 47 %) и существенно преобладают над глинистой фракцией (15 %).

Грунты имеют большой разброс значений по показателям естественной влажности 0,13–0,32 д.е.; плотности влажного грунта 1,62–2,27 кгс/см; показателю текучести – 0,56–1,43; коэффициенту пористости 0,6–0,98; степени влажности – 0,25–0,8.

Супеси, также как и суглинки, выделены в виде маломощных прослоев и линз по всему разрезу верхнеоплейстоценовых-голоценовых эоловых отложений. В гранулометрическом составе ее преобладает содержание песчаной фракции (75–89 %), пылевой фракции – 6,0–17 %; глинистой фракции – 4–7 %.

По показателю состояния это твердые грунты. Показатели физических свойств имеют большой разброс значений, что обусловлено незакономерным расположением супесей в пространстве и по глубине в виде прослоев.

В целом наблюдается увеличение влажности грунтов верхнеоплейстоценовых-голоценовых эоловых песчаных отложений от склонов к центру водоразделов и по глубине в местах залегания верховодки. Остальные показатели изменяются незакономерно по площади и по глубине. Для остальных разновидностей грунтов из-за их малой мощности изменчивость свойств проследить не представилось возможным [4].

Субаэральные покровные образования (saIII-IV). Субаэральные покровные образования залегают на отложениях федосовской и кочковской свит и распространены на всех водораздельных поверхностях за исключением площадей, занимаемых эоловыми отложениями. Мощность субаэральные отложений в среднем составляет 2–7 м, на повышенных участках водоразделов достигает 10 м, на склонах и понижениях – 0,5–1,0 м.

Наблюдается общее увеличение мощности покровных образований к центральным частям водораздела. Представлены они суглинками с прослоями супесей и песков [4].

Суглинки темно-коричневые неслоистые, макропористые, карбонатные, с большим количеством гидроокислов железа по трещинам и в виде маленьких пятен, с известковистыми стяжениями, журавчиками, прожилками и налетами по стенкам пор.

Гранулометрический состав грунтов изменяется незакономерно, но наблюдается значительное преобладание пылеватой фракции – 49–72 %, содержание песчаной значительно ниже – 9–37%, глинистой еще меньше чем песчаной – 11–19 %. По гранулометрическому составу и числу пластичности, преобладают суглинки легкие и тяжелые – пылеватые, реже легкие песчанистые. По числу пластичности они имеют большой разброс значений (в пределах разновидности) и по площади и по глубине.

Супеси в верхнеплейстоценовых- голоценовых субэкральных покровных образованиях встречаются в виде прослоев мощностью от 0,5 до 1,5м. Для них, как и для суглинков, характерны светло-коричневые тона. По гранулометрическому составу преобладают песчаная и пылеватая фракции. По состоянию грунты имеют большой разброс значений от твердых до текучих. Показатели их физических свойств изменяются незакономерно по площади и по глубине, кроме значений природной.

Пески встречаются в виде маломощных линз и прослоев по всему выделенному стратиграфо-генетическому комплексу. По кривым гранулометрического состава пески относятся к несортированным разновидностям. Показатели природной влажности песков в основной массе имеют пониженные значения. По плотности сухого грунта - это рыхлые разновидности, по коэффициенту водонасыщения пески отнесены к грунтам с малой и средней степенью водонасыщения. По гранулометрическому составу преобладают фракции 0,1–0,05 мм.

Как грансостав, так и показатели физико-механических свойств песчаных грунтов изменяются незакономерно по площади и по глубине.

Основную массу обломочного материала составляют кварц и полевые шпаты. Преобладающими в тяжелой фракции являются неустойчивые минералы эпидот-цоизитовая группа и зеленая роговая обманка. Количество этих минералов существенно убывает снизу вверх – от нижнего лессового горизонта к верхнему, что указывает на возрастание влияния

субаэрального фактора при формировании пород. Глинистая фракция представлена гидрослюдами с примесью каолинита.

Показатели физико-механических свойств субаэральных покровных образований имеют большой разброс значений так как они занимают большие площади. По состоянию суглинки имеют пестрый состав от твердого до текучего с преобладанием тугопластичных разновидностей. Показатели влажности, плотности влажного и сухого грунта, коэффициента пористости и степени влажности имеют большой разброс значений. Для всех разновидностей грунтов характерно повышение природной влажности с глубиной и коэффициента водонасыщенности в интервале 2–6 м, что связано с условиями залегания верховодки в этих интервалах. Остальные показатели изменяются незакономерно.

ПЛЕЙСТОЦЕН

Верхнее звено

Верхнеоплейстоценовые аллювиальные отложения первой надпойменной террасы (a^1_{III}) выделены по правому берегу р. Оби, где они прослеживаются полосой шириной от 1 до 10 км и в долине р. Томи – в виде небольших площадок, с относительной высотой – 8–10 м. Первая надпойменная терраса встречается по обоим берегам р. Ушайки на небольших площадях. Поверхность террасы ровная, плоская, со слабозаметным уклоном в сторону русла, резко увеличивающемся на правом берегу. Заболоченные участки террасы приурочены к заросшим старицам. Абсолютные отметки поверхности изменяются от 90 м – на севере, до 105 м – на юге изучаемой территории. Мощность отложений составляет 20–25 м.

Отложения террасы представлены русловой, пойменной и старичной фациями. Нижняя часть разреза аллювия – преимущественно галечники и песчано-галечниковые отложения, мощностью до 10 м. Выше залегают пылеватые суглинки, супеси, глины пойменной фракции с прослоями и линзами гумусированных и глинистых разностей стариц.

Отложения первой надпойменной террасы Обь-Томского междуречья представлены желтовато-серыми песками с прослоями бурых суглинков, редко супесей с песками и гравийно-галечниковым горизонтом в основании. По гранулометрическому составу отложения характеризуются преобладанием песчаной фракции – 81–95 %, пылевой – 3–15 %, глинистой – 0–4 %.

В данном стратиграфо-генетическом комплексе для всех разновидностей грунтов гранулометрический состав закономерно изменяется по глубине (с поверхности преобладает пылеватая и глинистая фракции, которые постепенно заменяются фракцией 0,1–0,05, а затем и более крупными фракциями) и незакономерно по площади [4]. На территории г. Томска суглинки первой террасы относятся преимущественно к тяжелыми пылеватым разновидностям и существенно отличаются от суглинков второй и третьей террас, являясь более однородными, т. к. содержание пылеватой фракции составляет 50–70 % [28].

Пески по результатам предыдущих исследований по гранулометрическому составу закономерно изменяются по разрезу от пылеватых, мелких и средних на поверхности до крупных и разных в подошве. Преобладают фракции 0,05–0,1мм и 0,1–0,25 мм. По коэффициенту неоднородности пески относятся к несортированным разновидностям. Коэффициент фильтрации песчаных отложений, рассчитанный по кривым гранулометрического состава, изменяется незакономерно по площади и по глубине от 0,016 до 0,69 м/сут.

Значения естественной влажности имеют пониженные значения 0,1–0,16. По коэффициенту пористости грунты отнесены к плотным и средней плотности разновидностям. Для всех разновидностей песков (пылеватых, мелких, средних и крупных) показатели природной влажности, плотности влажного грунта, коэффициента пористости и степени водонасыщения изменяются незакономерно по площади и по глубине, хотя наблюдается увеличение водных свойств в местах залегания верховодки [40].

Суглинки в разрезах террас рек Оби и Томи имеют ограниченное распространение в виде маломощных прослоев по всему разрезу, но большая часть их встречена в кровле. По гранулометрическому составу и числу пластичности они относятся к легким и тяжелым пылеватым разновидностям.

По состоянию они имеют пестрый состав от твердых до текучих разновидностей, но в основной массе это полутвердые, тугопластичные и мягкопластичные грунты. Природная влажность, плотность влажного грунта, коэффициент пористости и коэффициент водонасыщенности имеют повышенные значения.

Показатели физико-механические свойств имеют большой разброс значений. По показателю относительной просадочности они непросадочны. По коэффициенту уплотнения суглинки отнесены к среднесжимаемым.

Супеси из-за редкой встречаемости изучены по незначительному числу проб, поэтому судить об изменчивости их свойств по данному количеству проб не представительно [4].

По коэффициенту относительной просадочности все разновидности грунтов отнесены к непросадочным.

Минералогический состав грунтов первой террасы характеризуется преобладанием минералов легкой фракции кварца и полевого шпата, содержание которых почти не меняется по разрезу. В тяжелой фракции преобладают минералы из группы рудных, эпидота-цоизита, зеленой роговой обманки, в значительном количестве присутствуют циркон, лейкоксен, гранат. Тонкодисперсная фракция состоит из гидрослюд и каолинита [28].

Верхнеплейстоценовые аллювиальные отложения второй надпойменной террасы (a^2_{III}). Верхнеплейстоценовые аллювиальные отложения второй надпойменной террасы широко развиты в долинах рек Оби и Томи, протягиваясь широкой (иногда до 10 км на Томи, на Оби – гораздо больше) почти непрерывной полосой на левобережье, и появляясь в виде небольших площадок на правом берегу рек. Поверхность террасы ровная с понижением абсолютных отметок с юга – 110 м, на север – 95 м, высота над уровнем рек – 20–25 м, мощность отложений – 30–35 м. Меньшее распространение вторая терраса имеет в долине р. Ушайка и на левобережье М. Киргизки. Поверхность террасы сравнительно ровная, несколько осложнена микрорельефом с высотной амплитудой 1–2 м. Микропонижения в большинстве случаев заболочены, особенно в закраинной части террасы, где наряду с поверхностными водами разгружаются грунтовые воды третьей террасы [28].

Отложения второй надпойменной террасы имеют двухслойное строение. С поверхности повсеместно залегают суглинки с незначительными прослоями супесей, глин и песков, которые постепенно сменяются песками мелкими и средними в подошве с гравийно-галечниковыми отложениями. В южной части г. Томска поверхность второй надпойменной террасы частично покрыта покровными отложениями: суглинками бурыми и

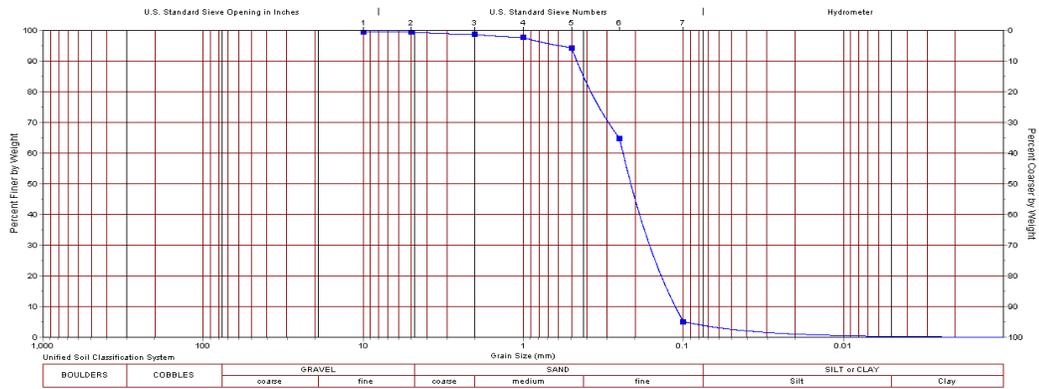
серовато-бурыми, средними, мелкими и тяжелыми, макропористыми. Мощность покрова колеблется от 0,0 до 4–6 м, верхняя часть на 2–3 м – выщелочена. Покровные суглинки в обнажениях имеют признаки лессовых пород с типичной макропористостью и столбчатой отдельностью. Супеси, как правило, не лессовидные. В гранулометрическом составе суглинков и супесей преобладает песчаная фракция, или пылеватая и песчаная находятся в равных количествах.

Суглинки с поверхности до 2–4 м представлены пылеватыми фракциями до 70 %, по разрезу они постепенно замещаются более песчаными разностями (фракции 0,25–0,1). представлены всеми разновидностями от твердых до текучих. Преобладают грунты твердой, тугопластичной и мягкопластичной консистенции. Текучие и текучепластичные грунты имеют ограниченное распространение. Встречаются они в виде линз и прослоев в местах залегания верховодки. По коэффициенту уплотнения суглинки отнесены к среднесжимаемым разновидностям. По коэффициенту относительной просадочности грунты не просадочны. По результатам анализа водной вытяжки грунты незасолены.

Супеси встречаются в виде прослоев как в верхней суглинистой, так и в нижней песчанистой части разреза. По грансоставу у них преобладает фракция 0,25–0,1 мм (60–85 %), пылеватая фракция составляет 12–27 %, глинистая 5–9 %. По состоянию встречаются все разновидности грунтов от твердых до текучих. Коэффициент водонасыщенности их имеет повышенные значения (0,6–0,83).

Пески второй надпойменной террасы по крупности представлены тремя разновидностями: пылеватыми, мелкими и средними. С увеличением глубины крупность их увеличивается. В гранулометрическом составе преобладают фракции 0,05–0,1, 0,1–0,25, 0,25–0,5 мм. По коэффициенту неоднородности пески в основном несортированные, коэффициенты фильтрации их изменяются от 0,014 до 4,99 м/сут [4]. На (рис. 5.10) приведены кривые гранулометрического состава, полученные автором, для 6 образцов отобранных в точке 3 (рядом с п. Тахтамышево). Всего было построено 12 кривых из которых следует, что все пески мелкие и средние (с глубиной немного увеличиваются размеры фракций), коэффициенты неоднородности 2–3,2.

ACME		Project No.: CompletedTutorial				GRAINSIZE DISTRIBUTION GRAPH			
		Borehole No.: 1				Tested By:			
		Client:				Test Date: 11/7/2010			
Symbol	Sample No.	% Clay	% Silt	% Fine Sand	% Medium Sand	% Coarse Sand	% Fine Gravel	% Coarse Gravel	% Cobbles
•	3	0.2	3.7	81.0	13.9	0.8	0.2	0.0	0.0



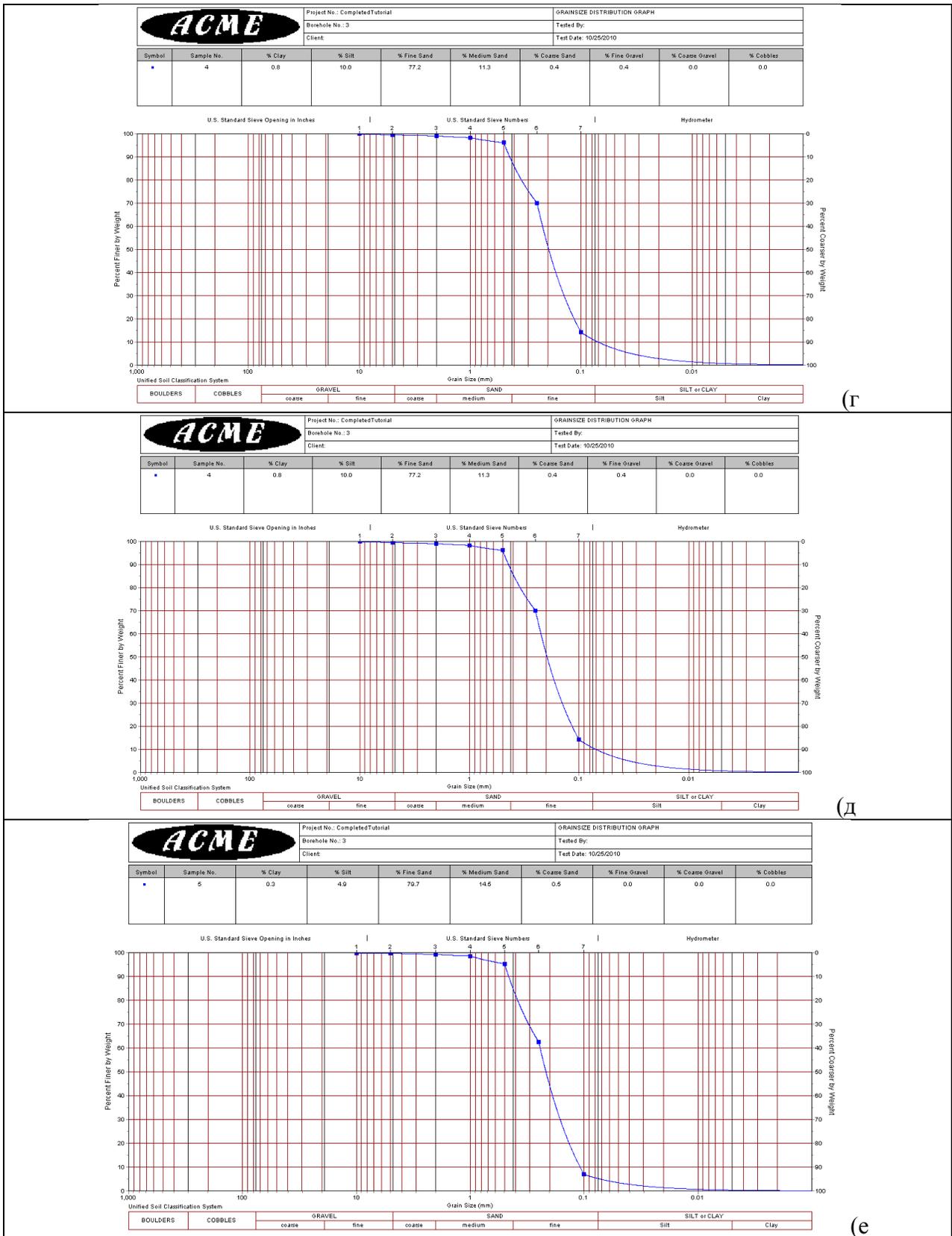


Рис. 5.10. Кривые гранулометрического состава песков второй надпойменной террасы (a^2Q_{II}): а) – глубина – 1 м, б) – глубина – 2 м, в) – глубина – 3 м, г) глубина – 4 м, д) – глубина – 5 м и е) глубина 9 м

Показатели природной влажности песков имеют невысокие значения (0,04–0,12). Согласно [16] это рыхлые и средней плотности разновидности грунтов, значения коэффициента пористости для них изменяются от 0,65 до 1,08. Отмечается закономерное увлечение влажности с глубиной (по данным автора), на основе которого выявлена приведенная на (рис. 5.11) зависимость.

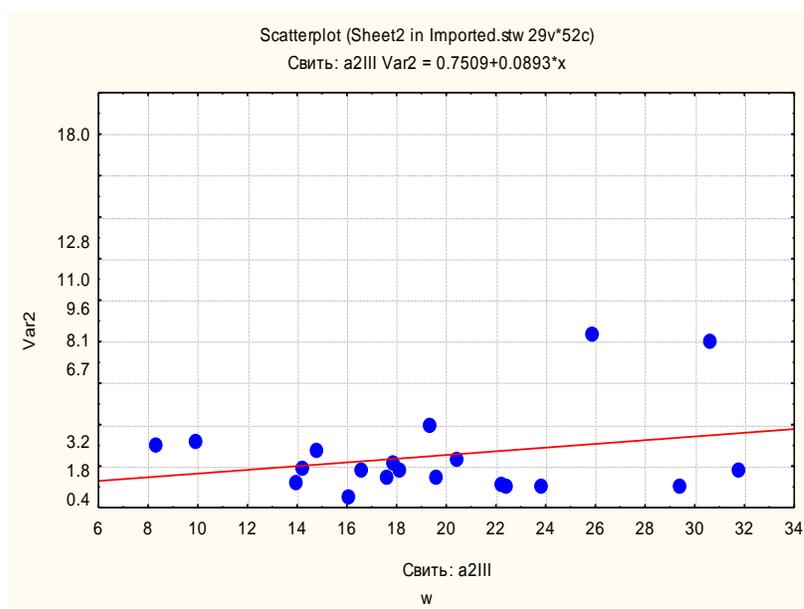


Рис. 5.11. Изменение влажности с глубиной в грунтах второй террасы

В обломочной части отложений второй надпойменной террасы преобладает легкая фракция кварц и полевоый шпат, в составе тяжелой фракции – эпидот-цоизит-роговообманковый со значительным содержанием рудных, тонкодисперсная фракция состоит из гидрослюд с примесью кварца и органического вещества [28].

Таблица 5.7. Гранулометрический состав грунтов

Разновидность грунта по ГОСТ 25100–95	Гранулометрический состав, %							
	> 2	> 0,5	> 0,25	> 0,10	> 0,05	> 0,01	> 0,005	< 0,005
Стратиграфо-генетический комплекс верхнечетвертичных аллювиальных отложений второй надпойменной террасы (a ² Q _{III})								
Суглинок	–	<u>0,0–0,3</u> 0,12	<u>0,5–5,4</u> 3,9(3)	<u>3,8–15,1</u> 4,2(3)	<u>14,3–36,5</u> 20,8(3)	<u>13,0–33,9</u> 18,3(3)	<u>3,2–29,8</u> 20,6(3)	<u>26,8–35,6</u> 32,1(3)
Супесь	–	–	<u>2,3–5,4</u> 4,0(3)	<u>6,5–24,4</u> 16,1(3)	<u>20,1–28,5</u> 24,9(3)	<u>22,7–49,0</u> 33,75(3)	<u>8,3–10,1</u> 9,25(3)	<u>11,1–12,4</u> 12(3)
Песок	–	<u>0,5–6,0</u> 2,13(15)	<u>3,6–54,3</u> 27,7(15)	<u>26,7–59,5</u> 43,16(15)	<u>1,8–42,9</u> 10,6(15)	<u>1,3–23,6</u> 7,45(15)	<u>1,9–10,6</u> 5,08(15)	<u>1,6–9,3</u> 3,88(15)

По графикам изменчивости показателей физических свойств видно, что они имеют существенный разброс значений для террасового комплекса р. Оби и Томи. По площади и по глубине они изменяются незакономерно. Показатели естественной влажности суглинков имеют повышенные значения и изменяются незначительно по глубине и по площади. В табл. 5.9, 5.10 и 5.11 приведены значения физических, прочностных и деформационных характеристик свойств верхнечетвертичных аллювиальных отложения второй надпойменной террасы ($a^2\Pi$) полученные автором при их исследовании.

При сравнении с ранее проведенными работами выявлено, что средние значения влажности и плотности (в естественном и сухом состоянии), плотности твердых частиц, коэффициентов пористости суглинков, супесей и пески получены несколько выше (см. табл. 5.8 и 5.9).

Корреляционный анализ (табл. 5.12) определил наиболее тесные взаимосвязи между показателями: ρ и ρ_d ($r = 0,72$), ρ_s и ρ ($r = 0,45$), ρ и P_{str} (по Казагранде) ($r = 0,04$), ρ_d - C_v (при нагрузке 0,1 МПа) ($r = -0,58$), ρ_d - C_v (при нагрузке 0,2 МПа) ($r = -0,73$), E (при нагрузке 0,1 МПа) – W ($r = -0,76$), E (при нагрузке 0,2 МПа) – W ($r = -0,57$), E (при нагрузке 0,3 МПа)- W ($r = -0,60$), C - P_{str} (по Казагранде) ($r = 0,11$), e - C_v 0,2 ($r = 0,63$), E 0,1 - P_{str} (по Казагранде) ($r = 0,466$), P_{str} (по Казагранде)- C_v (при нагрузке 0,1 МПа) ($r = -0,45$) и C_v (при нагрузке 0,2 МПа)- ρ_d ($r = -0,58$). На основе выявленных взаимосвязей получены корреляционные зависимости между вышеперечисленными характеристиками (рис. 5.12 – 5.20).

Таблица 5.8. Характеристики физических свойств грунтов верхнечетвертичных аллювиальных отложений второй надпойменной террасы (а²III)

Наименование грунта	Преобладающие значения свойств грунтов									
	Естественная влажность W, %	Пределы пластичности, %		Число пластичности, IP	Коэффициент водонасыщения, Sr, д, е,	Плотность, г/см ³			Пористость, n	Коэффициент пористости, e
		текучести, WL	раскатывания, Wp			частиц грунта, ρs	грунта в естественном состоянии, ρw	сухого грунта, ρd		
Суглинок	12,6	28,3	18,8	9,5	0,55	2,75	1,88	1,88	39	0,74
	1–27	16–48	13–39	7–17	0–0,9	2,66–2,92	1,64–1,89	1,37–2,0	36–44	0,35–1,28
Супесь	10,6	24	17,5	6,5	0,49	2,68	1,78	1,58	35	0,73
	15–26	15–40	14–29	1–7	0,08–1,11	2,54–2,81	1,50–2,12	1,32–2,07	34–36	1–1,08
Песок	11	–	–	–	0,67	2,66	1,94	1,62	38	0,54
	9–15	–	–	–	0,35–0,95	–	1,78–2,08	1,54–1,71	33–45	0,48–0,62

Таблица 5.9. Характеристики физических свойств грунтов верхнечетвертичных аллювиальных отложении второй надпойменной террасы (а²III) (по данным автора)

Наименование грунта	Естественная влажность W, %	Пределы пластичности, %		Число пластичности, IP	Число текучести IL%	Коэффициент водонасыщения, Sr, д, е,	Плотность, г/см ³			Пористость, n	Коэффициент пористости e	Полная влагоемкость, Wsat
		текучести, WL	раскатывания, Wp				частиц грунта, ρs	грунта в естественном состоянии, ρw	сухого грунта, ρd			
Суглинок	22,8 (10)	32 (10)	24,5 (10)	7,5 (10)	-0,26 (10)	0,42 (5)	2,61 (7)	1,88 (7)	1,65 (7)	39 (7)	0,56 (7)	20 (7)
	16,4–31	22,4–40	19–28,9	7,12–12,1	0,24–0,91	0,05–0,42	2,4–2,82	1,62–2,03	1,47–1,74	28–67	0,35–0,75	16–23
Супесь	21,2 (17)	33 (17)	28 (17)	5 (17)	-1,36 (17)	0,93 (7)	2,62 (7)	2,00 (7)	1,69 (7)	36 (7)	0,58 (7)	21 (7)
	11–29,4	28,6–37	22,9–33	2,34–5,85	0,86–1,34	0,45–1,17	2,53–2,74	1,80–2,11	1,62–1,79	33–39	0,49–0,67	18–24
Песок	18,9 (22)	-	-	-	-	0,82 (7)	2,63 (9)	1,94 (9)	1,63 (9)	38 (9)	0,62 (9)	24 (9)
	12–32	-	-	-	-	0,35–0,57	2,54–2,66	1,53–2,13	1,28–1,78	30–52	0,43–1,07	17–40

Таблица 5.10. Прочностные свойства грунтов верхнечетвертичных аллювиальных отложениях второй надпойменной террасы (а²III) (по данным автора)

Наименование грунта	Характеристики свойств грунтов										
	Коэффициент пористости, e	Естественная влажность W , %	Значение прочности грунта при сдвиге					Плотность, г/см ³			Пористость, n
			Сцепление C , МПа	Угол внутреннего трения, φ , град.°	Касательная нагрузка τ (при $\sigma^= 0,1$ МПа)	Касательная нагрузка τ (при $\sigma^= 0,2$ МПа)	Касательная нагрузка τ (при $\sigma^= 0,3$ МПа)	частиц грунта, ρ_s	грунта в естественном состоянии, ρ_w	сухого грунта, ρ_d	
Суглинок	0,56(4)	22,8 (4)	0,029(4)	22(4)	-	-	-	2,59(4)	2,05(4)	1,67(4)	35(4)
	0,35-0,75	16,4- 31	0,017-0,037	13-37	-	-	-	2,55-2,65	1,91-2,21	1,46-1,9	26-43
Песок	0,62(8)	18,9(8)	0,036(8)	15(8)	0,036(8)	0,089(8)	0,115(8)	2,63(10)	1,93(10)	1,64(10)	38(10)
	0,43-1,07	8,3- 32	0,005-0,080	11-25	0,035-0,087	0,061-0,115	0,073-0,160	2,54-2,66	1,53-2,13	1,28-1,78	30-52
Супесь	0,58(8)	21,2 (8)	0,038(8)	15(8)	0,085(8)	0,107	0,134(8)	2,64(8)	2,03(8)	1,68(8)	0,37(8)
	0,49-0,67	9,9- 29,4	0,011-0,087	4-27	0,054-0,107	-	0,096-0,211	2,53-2,74	1,8-2,12	1,6-1,79	33-40
Суглинок орг	-	-	0,036	15	-	-	-	2,35	1,42	-	13,1

Таблица 5.11. Деформационные свойства грунтов верхнечетвертичных аллювиальных отложениях второй надпойменной террасы (а²III) (по данным автора)

Наименование грунта	Характеристики свойств грунтов									
	Естественная влажность W , %	Структурная прочность, P_{str} (по Казагранде), КПа	Структурная прочность, P_{str} (по Бекеру), КПа	Модуль деформации, E (при нагрузке 0,1 МПа)	Модуль деформации E (при нагрузке 0,2 МПа)	Модуль деформации E (при нагрузке 0,3 МПа)	Коэффициент консолидации c_v и c_v (при нагрузке 0,1 МПа), см ² /с	Коэффициент консолидации c_v (при нагрузке 0,2 МПа), см ² /с	Коэффициент консолидации c_v (при нагрузке 0,3 МПа), см ² /с	Коэффициент пористости, e
Суглинок	22,8 (4)	22,8	49,61	48,86	4,6	5,8	6,9	0,013	0,010	0,007
	16,4- 31	16,4- 31	30,30-68,91	37,51-60,20	3,4- 6,4	4,7- 6,9	6,9- 7	0,010-0,017	0,007-0,012	0,005-0,001
Песок	18,9(8)	18,9	61,83	51,41	8,4	14,6	21,6	0,060	0,013	0,011
	8,3- 32	8,3- 32	30,24-107,31	25,18-73,40	2,6- 17	3,6- 56	8,9- 56,2	0,004-0,377	0,002-0,043	0,002-0,038
Супесь	21,2 (8)	21,2	21,85	28,82	4,4	7, 6	10,6	0,009	0,012	0,008
	9,9- 29,4	9,9- 29,4	0-33,58	0-55,63	2 - 8	3,8- 16,3	2,4- 33,9	0,001-0,017	0,002-0,022	0,002-0,020
Суглинок орг	-	-	80,90	58,20	3	2,3	3,4	0,006	0,002	0,002

Таблица 5.12. Корреляционный анализ характеристик состава и свойств грунтов второй надпойменной террасы (по данным автора)

	p	pd	ps	w	π	e	C	Φ	Pstr1	Pstr2	t0,1	t0,2	t0,3	E0,1	E0,2	E0,3	cv 0,1	cv 0,2	cv 0,3	
p	1,00																			
pd	0,72	1,00																		
ps	0,45	-0,04	1,00																	
w	0,38	-0,35	0,10	1,00																
π	-0,72	-0,95	-0,60	0,36	1,00															
e	-0,69	-0,96	0,29	0,31	0,99	1,00														
C	0,13	0,17	0,05	-0,06	-0,03	-0,18	1,00													
Φ	0,10	0,20	-0,32	-0,19	-0,13	-0,26	-0,38	1,00												
P _{str1}	0,04	0,42	-0,29	-0,63	0,44	0,49	0,11	0,36	1,00											
P _{str2}	0,15	0,05	-0,67	0,04	-0,28	-0,31	-0,21	0,50	0,64	1,00										
t _{0,1}	0,18	0,24	-0,26	-0,40	-0,28	-0,32	0,84	0,03	-0,30	0,86	1,00									
t _{0,2}	0,57	0,27	0,37	0,32	-0,23	-0,26	0,74	-0,22			0,91	1,00								
t _{0,3}	-0,03	0,04	-0,54	-0,28	-0,17	-0,16	0,20	0,77	-0,16	-0,39	0,62	0,62	1,00							
E _{0,1}	-0,17	0,07	0,00	-0,67	-0,21	-0,15	0,40	-0,17	0,46	-0,13	0,83	-0,09	0,03	1,00						
E _{0,2}	-0,17	0,02	0,05	-0,57	-0,17	-0,08	-0,07	-0,05	0,58	0,15	0,81	-0,61	-0,16	0,82	1,00					
E _{0,3}	-0,15	0,02	-0,02	-0,60	-0,21	-0,10	-0,11	0,16	0,54	0,25	0,40	-0,66	0,19	0,75	0,91	1,00				
c _{v0,1}	-0,28	-0,30	0,11	-0,23	-0,01	0,28	0,41	-0,23	0,45	0,35	0,43	0,45	0,01	0,36	0,02	-0,03	1,00			
c _{v0,2}	-0,23	-0,58	0,22	0,10	-0,10	0,63	-0,21	0,07	0,29	0,02	-0,76	-0,39	-0,06	-0,33	-0,28	-0,30	-0,07	1,00		
c _{v0,3}	-0,44	-0,73	0,28	0,02	0,00	0,81	-0,18	-0,03	0,11	-0,08	-0,59	-0,30	-0,14	-0,22	-0,21	-0,25	0,26	0,90	1,00	

Примечание: индексы 0,1, 0,2 и 0,3 соответствуют наружке в МПа, P_{str1} структурная прочность по Казагранде, P_{str2} структурная прочность по Бекеру

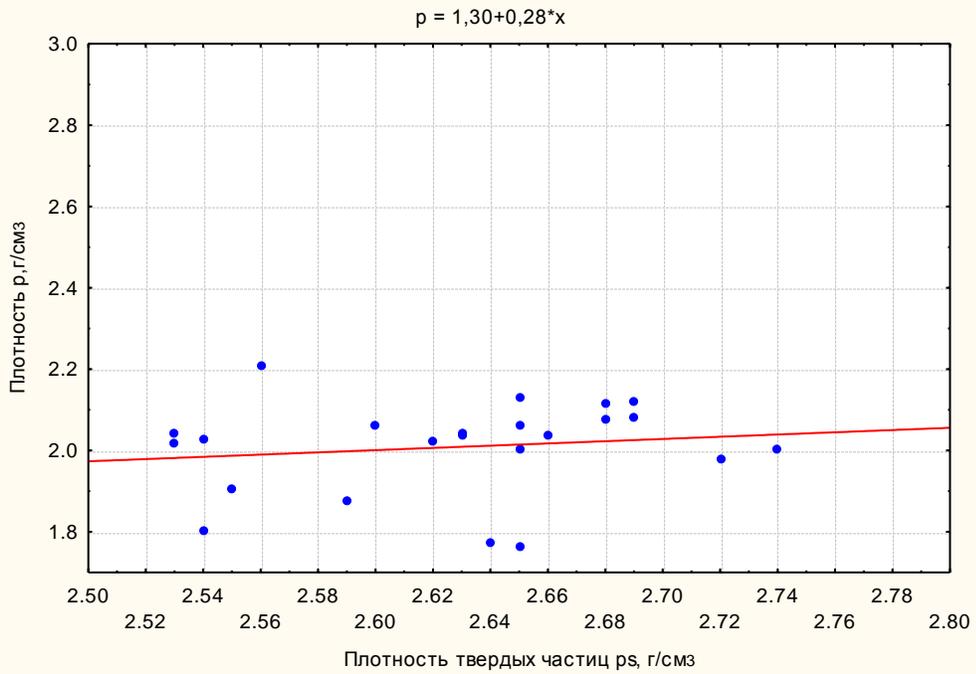


Рис. 5.12. Зависимость плотности грунта от плотности твердых частиц

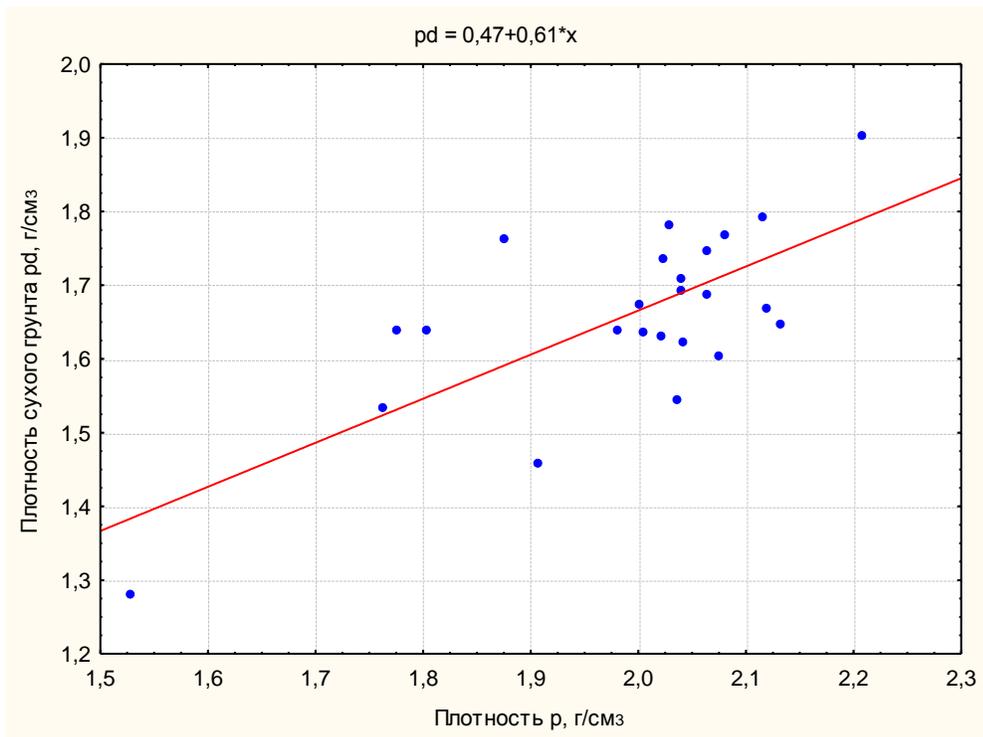


Рис. 5.13. Зависимость плотности сухого грунта от плотности

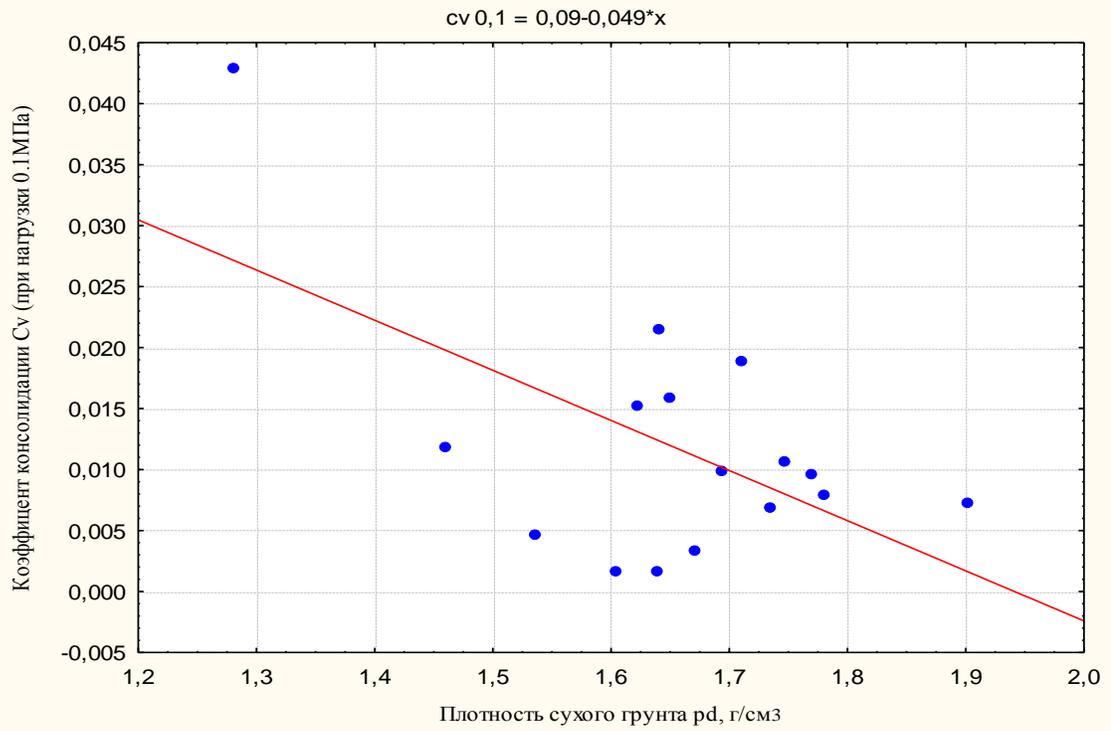


Рис 5.14. Зависимость коэффицента консолидации от плотности сухого грунта

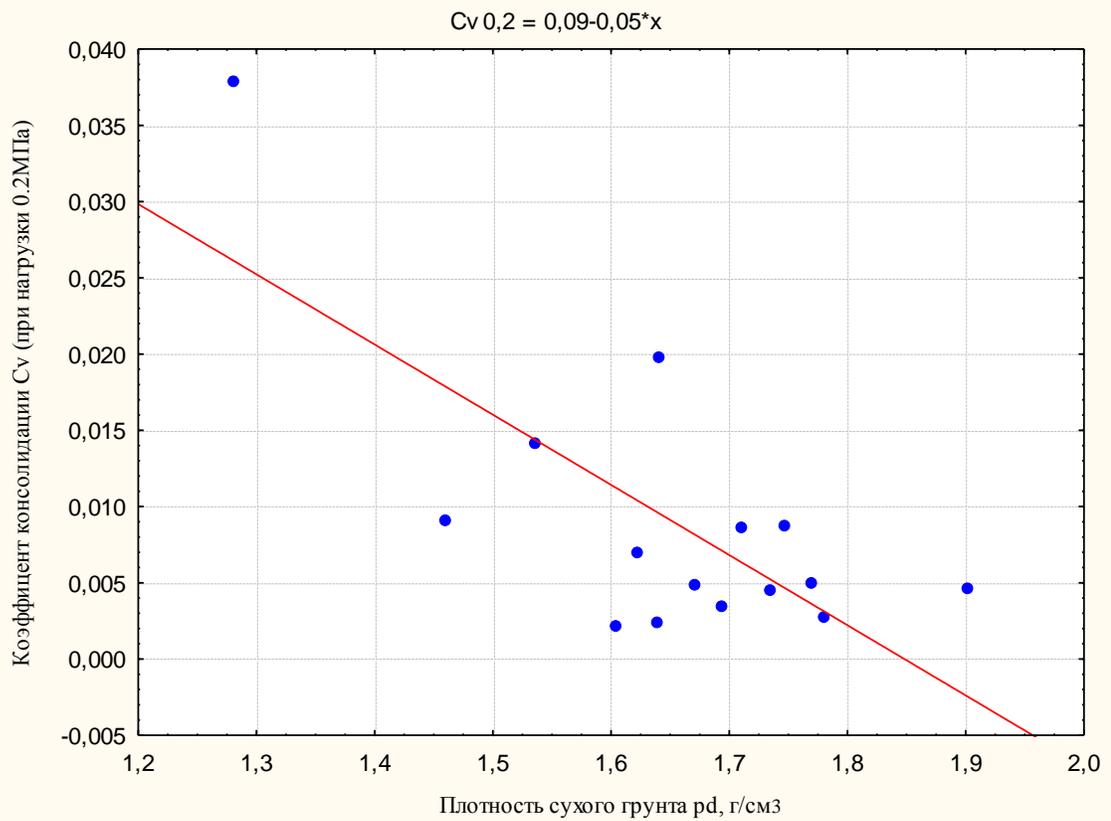


Рис 5.15. Зависимость коэффицента консолидации от плотности сухого грунта

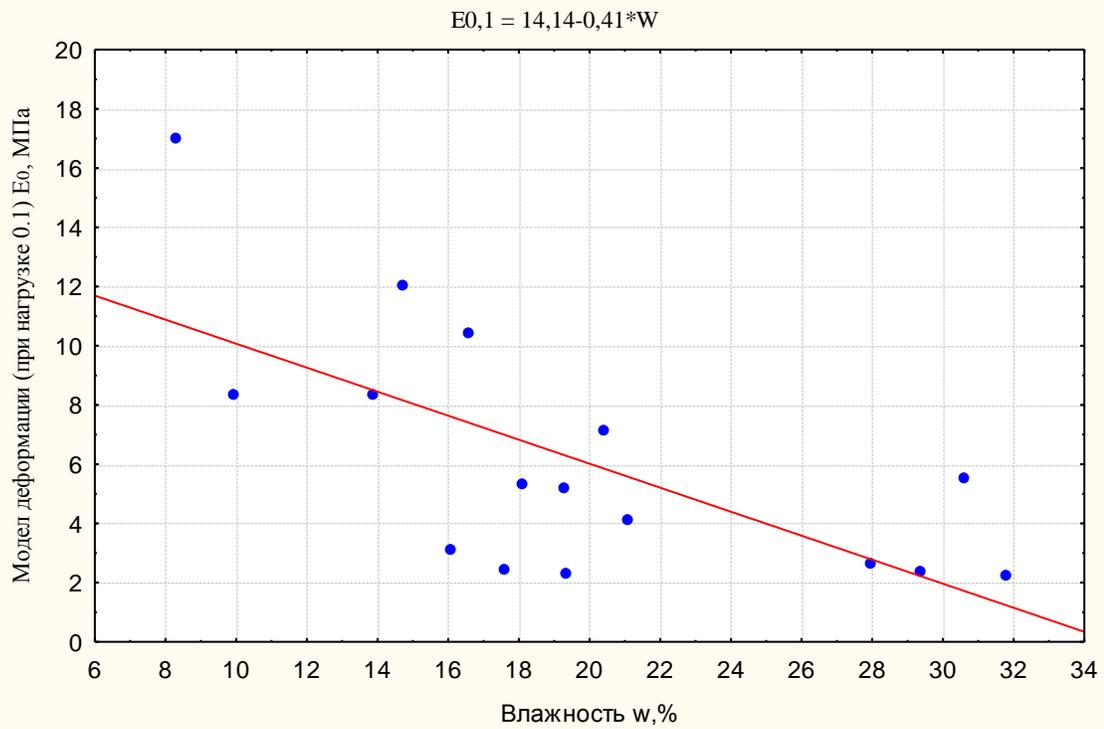


Рис 5.16. Зависимость модуля деформации (при нагрузке 0.1 МПа) от влажности

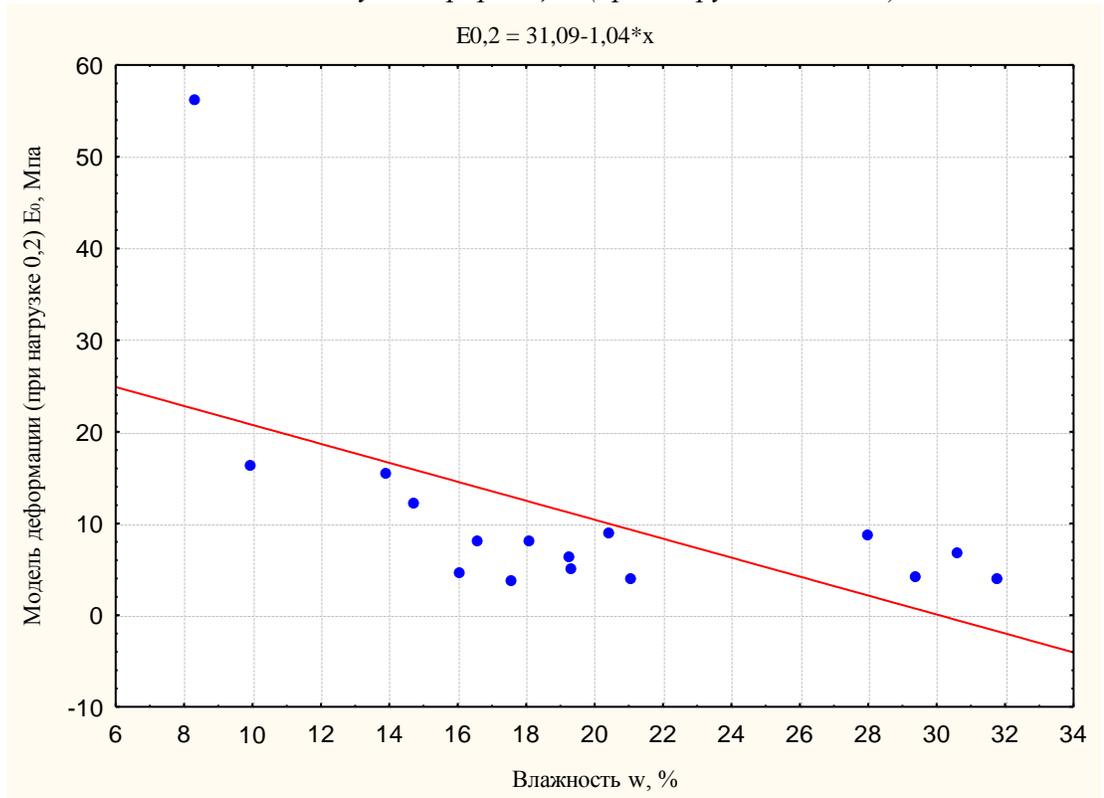


Рис 5.17. Зависимость модуля деформации (при нагрузке 0,2 МПа) от влажности

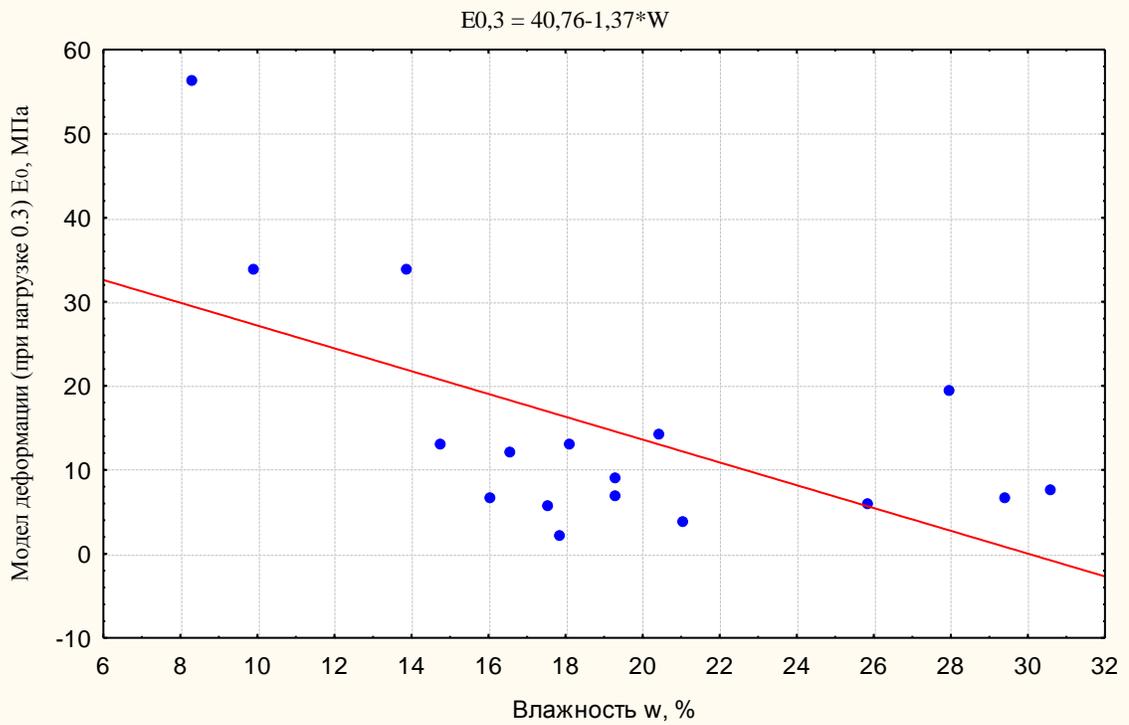


Рис. 5.18. Зависимость модуля деформации (при нагрузке 0,3 МПа) от влажности

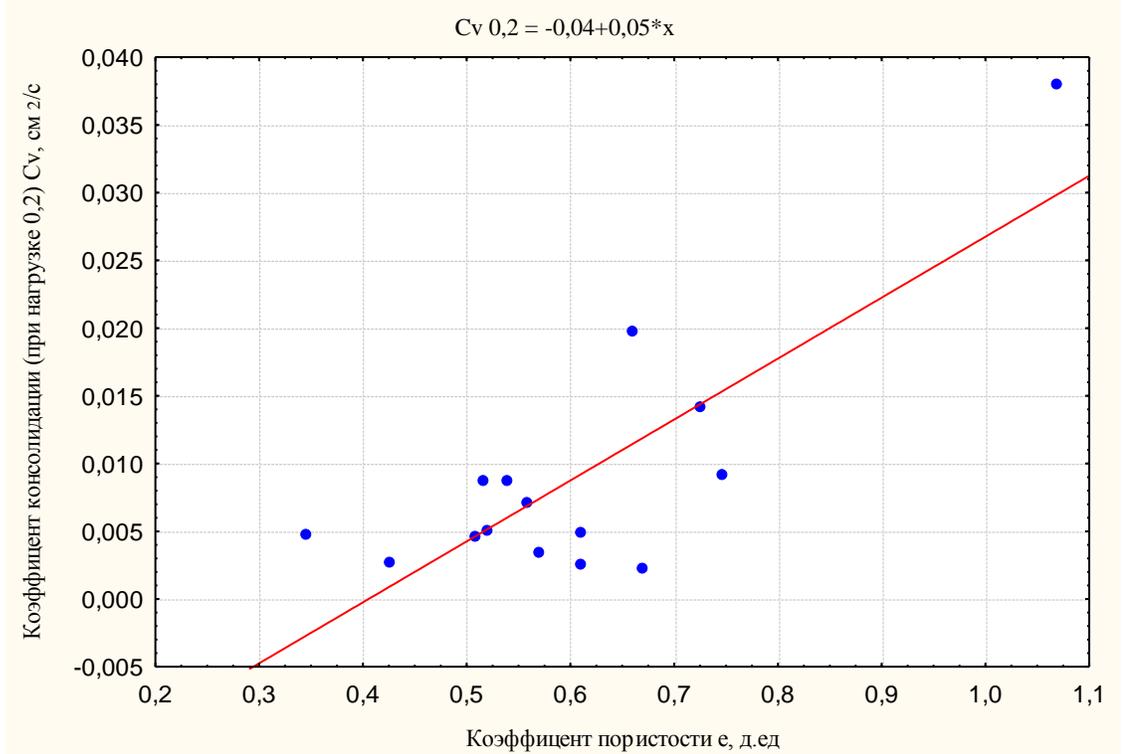


Рис. 5.19. Зависимость коэффициента консолидации (при нагрузке 0,2 МПа) от влажности

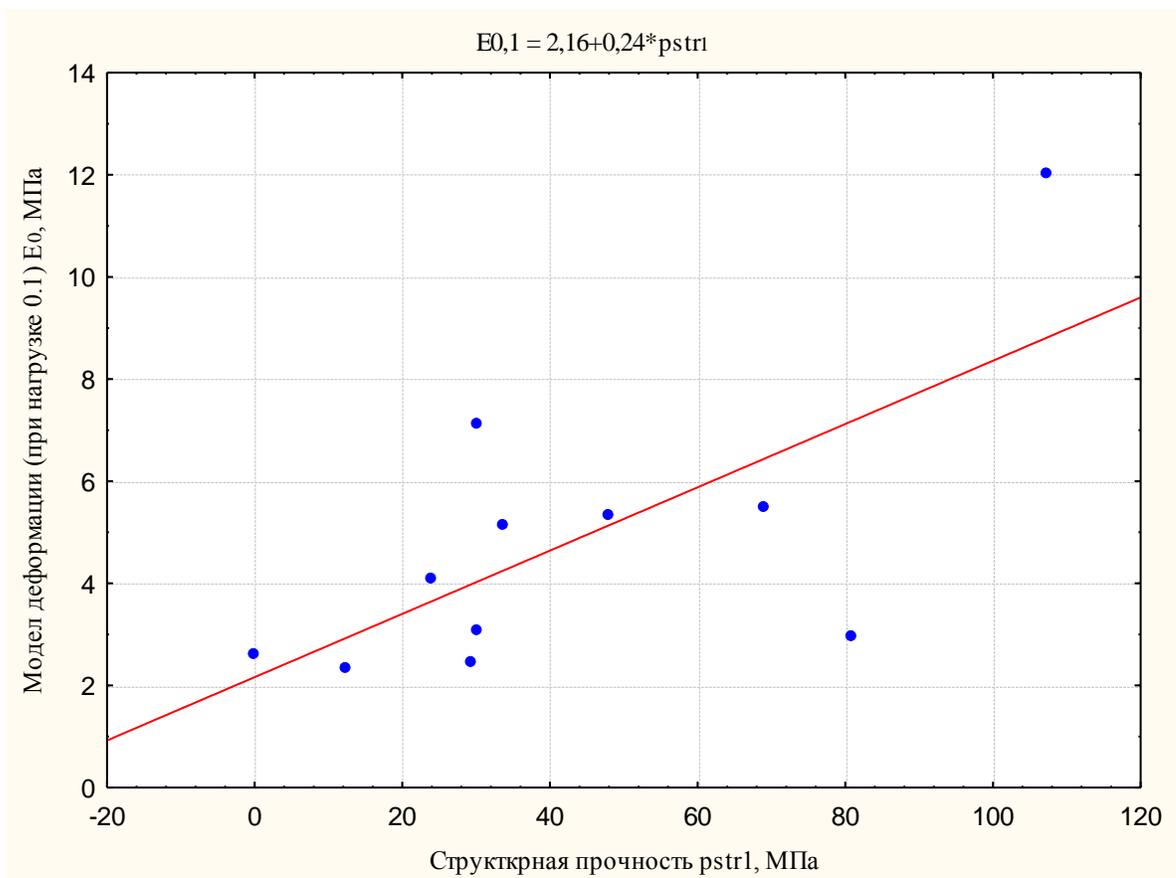


Рис. 5.20. Зависимость модуля деформации при нагрузке 0,1 МПа от структурной прочности грунта

Верхнеоплейстоценовые аллювиальные отложения третьей надпойменной террасы (a^3_{III}). Верхнеоплейстоценовые аллювиальные отложения третьей надпойменной террасы выделены только по правому берегу р. Томи в районе г. Томска. Абсолютные отметки ее поверхности 110–120 м. Относительное превышение поверхности 25–35 м. В цоколе террасы залегают отложения новомихайловской свиты. Большая часть поверхности третьей надпойменной террасы перекрыта покровными субэральными образованиями.

В геологическом строении террасы выделены две части: верхняя часть, представленная суглинком бурым светло-коричневым с прослоями супеси и глины и нижняя, представленная песками различной крупности с включениями гравийно-галечниковых отложений в подошве. По внешнему облику и по показателям состояния верхняя суглинистая часть может быть отнесена к лессовидным грунтам.

Суглинки. В верхней суглинистой части преобладает пылеватая фракция, в нижней – песчаная фракция.

Суглинки и супеси макропористые, лессовидные, слоистые с прослоями и линзами мелкозернистого песка и мелкой галькой. Гранулометрический состав верхней суглинистой части закономерно изменяется по разрезу. Отложения бескарбонатны, содержание гумуса: 0,19–0,96 %.

Суглинки серовато-бурые, темно-бурые, серые, пылеватые, плотные, иногда илистые, слабомакропористые с прослоями мелкозернистого песка, с подстилающими их иловым песком.

Пески в нижней часть террасового комплекса пылеватые и мелкие по крупности с высоким содержанием фракций 0,1–0,05 и 0,1–0,25 мм [4].

При общей выраженности верхненеоплейстоценого аллювиального стратиграфо-генетического комплекса, представленного отложениями третьей надпойменной террасы, геологического разреза по площади отмечается повсеместное изменение мощностей пород, появленые песчаных линз и прослоев, а также их выклинивание. Это создает очень сложную и пеструю картину литологического состава толщи. На склонах террасы и других участках, подвергнутых эрозионным размывам, на поверхность нередко выходят нижележащие слои пески и супеси несмотря на пестроту состава, в пределах террасы выделяются два горизонта, свидетельствующие о ритмичности осадконакопления.

Мощность лессовидных суглинков 1,5–6 м. Мощности отложений террасы достигает 24 м, наименьшие мощности террасы приурочены к раамытым ее склонам, обращенным в сторону рек Томи, Ушайки, М. Киргизки.

Минералогический состав обломочной части отложений третьей надпойменной террасы характеризуется преобладанием легкой фракции (в составе 50–75 % кварца, 15,5–41 % полевых шпатов). Встречаются кварциты, слюды, хлорит. Тяжелая фракция составляет всего 0,3613–1,980 %, из этого количества 22–72 % приходится на рудные минералы, 21–38 % составляет группа эпидота и цоизита, и 2,8–24,8 % зеленая роговая обманка. Заметное место занимает лейкоксен (0,9–6,9 %), циркон (2,3–10,2 %), пироксены, гранат, сфен. Сверху вниз (от лессовидного суглинка к пескам) существенно убывает содержание рудных минералов, циркона и увеличивается количество эпидота-цоизитовых минералов, зеленой

роговой обманки, апатита, лекоксена и пироксенов. По сравнению с лессовым покровом водораздела, количество неустойчивых минералов в породах террасы выше.

Глинистые минералы террасового комплекса имеют преимущественно гидрослюдистый состав с примесями каолинита, каллоидно-дисперсного кварца, органического вещества, кальцита и, возможно, монтмориллонита [29].

Отложения бескарбонатны с содержанием гумуса 0,19–0,96 %. Значения рН меняются в пределах 5,05–6,6. Емкость поглощения изменяется от 6,16 до 25,66 мг/экв на 100 г грунта. В поглощенном комплексе преобладают катионы Ca^{2+} , Значения природной влажности, плотности влажного грунта, коэффициента пористости и коэффициента водонасыщенности варьируют в больших пределах. По состоянию встречены все разновидности грунтов от твердых до текучих. По коэффициенту относительной просадочности грунты отнесены к непросадочным разновидностям. Коэффициент фильтрации суглинков изменяется от 0,01 до 0,1 м/сут [40].

Среднее и верхнее звенья

Флювиальные отложения (f_{II-III})

Средне-верхнеоплейстоценовые отложения древних ложбин стока. Пайдугинская свита (Ia_{II-IIIpd}). Древние ложбины стока сложены мелко- и тонкозернистыми, желтовато-серыми, полевошпатово-кварцевыми песками с горизонтальной и волнистой слоистостью. Преимущественно песчаный разрез имеет моряковская долина стока. Кисловская и чернореченская долины сложены переслаивающимися суглинками и супесями с прослоями и линзами песков, в направлении к долине р.Томи доля песков в их разрезе резко возрастает. Иногда отмечается каолинизация песков. По минеральному составу они идентичны аллювиальным отложениям более ранних эпох четвертичного периода. Характерна хорошая окатанность минералов и преобладание легкой фракции кварца [55].

В геологическом разрезе представлены глины, суглинки, супеси, пески, которые по площади и по глубине часто и незакономерно переслаиваются. Наблюдается закономерное увеличение содержания песчаных фракций по глубине для всех разновидностей грунтов.

Суглинки буровато-коричневые с включениями карбонатов, слабо гумусированны по всему разрезу. В гранулометрическом составе преобладает пылеватая фракция, по состоянию представлены все разновидности грунтов от твердых до текучих, которые по

площади и по глубине часто и закономерно переслаиваются. значения природной влажности имеют невысокие. Значения плотности влажного и сухого грунта имеют большой разброс значений по площади и по глубине.

По коэффициенту относительной просадочности грунты непросадочны). По коэффициенту уплотнения они отнесены к средне и слабосжимаемым разновидностям. Коэффициент фильтрации их $8,4 \times 10^{-5}$ м/сут. В целом для суглинка наблюдается закономерное изменение показателей физических свойств.

Пески светло-коричневые представлены разновидностями: мелкими, пылеватыми и средней крупности. Наблюдается закономерное изменение гранулометрического состава вниз по разрезу. С поверхности преобладают пески с содержанием фракции 0,05-0,1мм, постепенно замещающиеся фракциями 0,1–0,25 мм и более крупными. По кривым гранулометрического состава большая часть их отнесена к несортированным разновидностям, по коэффициенту водонасыщения пески средней степени водонасыщенности. Коэффициент фильтрации их изменяется от 0,69 до 8,99 м/сут [40]. Показатели природной влажности с глубиной уменьшаются, что объясняется изменением гранулометрического состава.

Супеси буровато-коричневые, с характерным преобладанием в грансоставе фракции 0,25–0,1 мм (30–89 %), содержание пылеватой и глинистой фракций соответственно равны 5–48 % и 5–15 %. Отмечено закономерное увеличение с глубиной фракции 0,5–0,25 мм до 15 %. В основной массе они отнесены к песчанистым разновидностям. по состоянию преобладают пластичные и текучие, в виде прослоев отмечены грунты твердые. Значения природной влажности, плотности влажного грунта, коэффициента пористости имеют большой разброс показателей. Коэффициент фильтрации их изменяется 0,3 до 2,8 м/сут.

Глины встречаются в виде прослоев во всех разновидностях выделенных грунтов. Мощность их 0,5 - 1,5 м. В гранулометрическом составе преобладает пылеватая фракция. Гранулометрический состав всех разновидностей грунтов изменяется закономерно по площади и закономерно по глубине.

По показателю состояния они имеют пестрый состав, преобладают же полутвердые и тугопластичные разновидности. По природной влажности грунты в основной массе имеют небольшой разброс значений – 0,21–0,29. Плотность влажного грунта, коэффициент пористости имеют большой разброс показателей.

Анализируя изменчивость показателей всех разновидностей грунтов данного стратиграфо-генетического комплекса по природной влажности, плотности частиц грунта, плотности влажного грунта, коэффициенту пористости по основным направлениям и по глубине, по данным предыдущих исследований, можно сделать вывод, что они изменяются незакономерно. Исключение составляют показатели природной влажности для песчаных разновидностей, которые к подошве слоя уменьшаются. Гранулометрический состав всех разновидностей грунтов изменяется незакономерно по площади и закономерно по глубине.

Среднее звено

Озерно-аллювиальные отложения. Бахтинский надгоризонт. Сузгунская толща.

Представлены отложения свиты глинистыми и песчаными разновидностями, встречаются прослой погребенных почв. Представлена сузгунская толща в основном глинистыми грунтами. Суглинки нередко лессовидные, со столбчатой отдельностью, мощность до 8м, легкие и средние, комковатые коричневато-желтые, коричневатые, серые и зеленовато-серые цвета, в восточных районах местами каолинизированы.

Пески на левобережье р. Оби от желтовато-коричневых до серых, на правобережье – темно-серые, серо-голубые, тонко- и мелкозернистые, полевошпатово-кварцевые. Отмечена тонкая горизонтальная волнистость, реже косая слоистость. Глинистые разновидности слагают преимущественно верхнюю часть разреза. Глины голубовато-серые, темно-серые, коричневато-серые, карбонатные, местами иловатые, с четко выраженной горизонтальной слоистостью, содержат линзы песков, прослой погребенных почв, редкие растительные остатки плохой сохранности. В минеральном составе глинистой фракции преобладают гидрослюда, монтмориллонит и органика. Пески в нижней части разреза, преимущественно пылеватые (рис. 5.21) и мелкозернистые, часто тонкослоистые. Мощность отложений свиты 7–18 м.

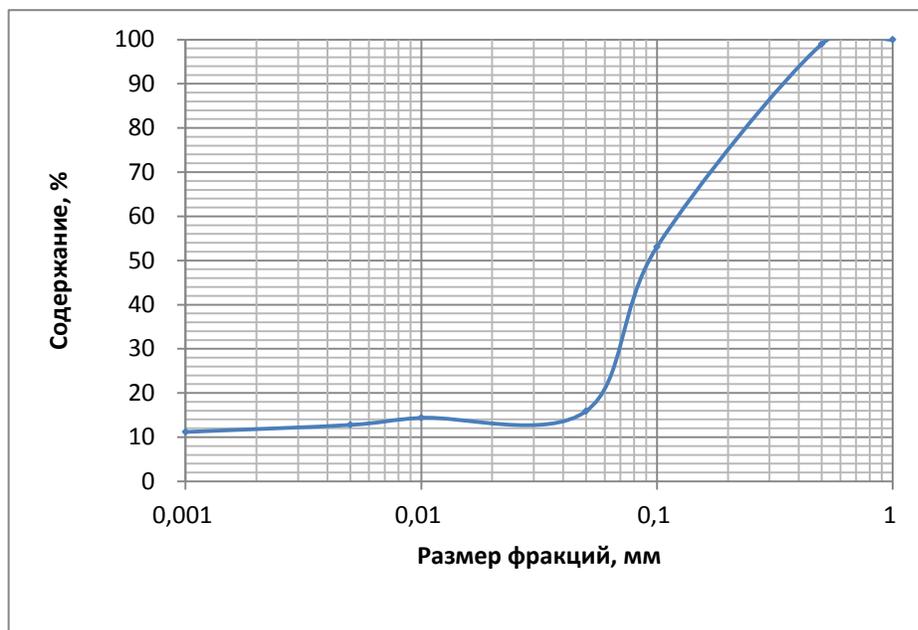


Рис. 5.21. Кривая гранулометрического состава песков сузгунской свиты (ал $Q_{Пsz}$)

При сравнении с ранее проведенными работами сотрудниками ТПУ в 2008 г. (табл. 5.24) выявлено, что средние значения плотности получены ниже чем в работе, но плотности в естественном и сухом состоянии, суглинков получены выше чем в работе (табл. 5.13–5.16).

Корреляционный анализ (табл. 5.17) определил наиболее тесные взаимосвязи между показателями: $\rho-\rho_d$ ($r = 0,93$), $\rho_s-\rho$ ($r = 0,58$), ρ_s-W ($r = -0,46$), $C-\Phi$ ($r = -0,61$), $C-E_{0,1}$ ($r = 0,59$), $C-E_{0,2}$ ($r = 0,52$), $C-E_{0,3}$ ($r = 0,55$) и $Cv_{0,2}-\phi$ ($r = 0,62$). По результатам анализа построены графики зависимости и получены регрессионные уравнения (рис. 5.22–5.31). Графики построены с учетом результатов работ 2008 г. на правобережье р. Томи.

Таблица 5.13. Характеристики физических свойств грунтов сузгунской толщи

Наименование грунта	Естественная влажность W, %	Пределы пластичности, %		Число пластичности, IP	Число текучести, IL	Плотность, г/см ³			Пористость, n	Коэффициент пористости, e
		текучести, WL	раскатывания, Wp			частиц грунта, ρs	грунта в естественном состоянии, ρw	сухого грунта, ρd		
Суглинок	-	-	-	-	-	2,66	2,18	1,71	28	0,39
	19,6- 29,7	24,3- 33	17,1- 24,3	7,2- 8,5	3,5- 6,4	2,68- 2,69	1,91- 2,05	1,47- 1,92	36- 45	0,56- 0,83

Таблица 5.14. Прочностные свойства грунтов (по данным автора)

наименование грунта	Характеристики свойств грунтов										
	Коэффициент пористости, e	Естественная влажность, W%	Значение прочности грунта при сдвиге					Плотность, г/см ³			Пористость n
			Сцепление C, МПа	Угол внутреннег трения, φ, град.°	Касательная нагрузка τ (при σ= 0,1 МПа)	Касательная нагрузка τ (при σ= 0,2 МПа)	Касательная нагрузка τ (при σ= 0,3 МПа)	частиц грунта, ρs	грунта в естественно м состоянии, ρw	сухого грунта, ρd	
Суглинок	0,65 (17)	27,9 (17)	0,029 (17)	16,7 (17)	0,56 (17)	0,084 (17)	0,111 (17)	2,54 (17)	1,79 (17)	1,55 (17)	39 (17)
	0,38-1,03	11,6- 39	0,004-0,052	9- 24	0,023-0,068	0,077-0,097	0,098-0,129	2,4-2,67	1,43- 2,02	1,32-1,74	28-51
Песок	0,53	17,9	0,018	19	-	0,085	0,119	2,58	1,99	1,69	35
Супесь	0,62	25,5	0,096	9	0,1	-	0,143	22,63	2,04	1,62	38
Суглинок орг	1,04 (4)	38 (4)	0,039 (4)	14,5 (4)	0,099	-	0,154	2,51 (4)	1,94 (4)	1,34 (4)	50 (4)
	0,72- 1,74	23,4- 70	0,017- 0,07	6-24	-	-	-	2,3-2,69	1,43-2,12	0,84-1,68	42-63

Таблица 5.15. Характеристики физических свойств грунтов сугунской толщи (по данным автора)

Наименование грунта	Естественная влажность W, %	Пределы пластичности, %		Число пластичности, IP%	Число текучести, IL%	Плотность, г/см ³			Пористость, n	Коэффициент пористости, e	Полная влагоемкость, Wsat
		текучести, WL	раскатывания, Wp			частиц грунта, ρs	грунта в естественном состоянии, ρw	сухого грунта, ρd			
Суглинок	28 (20)	37 (20)	25 (20)	12 (20)	0,25 (20)	2,57 (20)	2,00 (20)	1,58 (20)	39 (20)	0,65 (20)	25 (20)
	11,6- 39	29,8- 58	17,6- 36	7,2- 17	-3,14- -1,44	2,46- 2,69	1,84- 2,21	1,44- 1,9	26- 35	0,38- 1,03	14- 31

Таблица 5.16. Деформационные свойства грунтов сугунской толщи (по данным автора)

Наименование грунта	Характеристики свойств грунтов									
	Естественная влажность W, %	Структурная прочность, Pstr (по Казагранде), КПа	Структурная прочность, Pstr (по Бекеру), КПа	Модуль деформации, E (при нагрузке 0,1 МПа)	Модуль деформации, E (при нагрузке 0,2 МПа)	Модуль деформации E (при нагрузке 0,3 МПа)	Коэффициент консолидации cv (при нагрузке 0,1 МПа), см ² /с	Коэффициент консолидации cv (при нагрузке 0,2 МПа), см ² /с	Коэффициент консолидации cv (при нагрузке 0,3 МПа), см ² /с	Коэффициент пористости, e
Суглинок	0,65(17)	28 (17)	44,37 (10)	42,58 (10)	2,8 (10)	4, 5 (10)	5,7 (10)	0,011(17)	0,010(17)	0,004(17)
	0,38- 1,03	11,6- 39	17,75- 99,65	27,68- 55,76	1, 5- 5,9	2,5- 8,6	3,5- 11,1	0,002-0,020	0,002-0,024	0,002-0,008
Песок	0,53	17,9	-	-	0,4	0,4	0,4	0,004	0,007	0,009
Супесь	0,62	25,5	70,38	56,51	5,7	7,8	11,2	-	-	-
Суглинок орг	1,04(4)	38 (4)	43,56 (4)	48,45 (4)	2,8 (4)	3,6 (4)	4,7 (4)	0,007 (4)	0,006 (4)	0,004 (4)
	0,72-1,74	23,4- 70	0- 99,65	20,06- 92,83	1,9- 3,7	2,4- 5,2	2,8- 6,9	0,002- 0,021	0,002- 0,010	0,002- 0,007

Таблица 5.17. Корреляционный анализ сузгунской толщи (по данным автора)

	p	pd	ps	w	π	e	C	Φ	Pstr1	Pstr2	t0,1	t0,2	t0,3	E0,1	E0,2	E0,3	cv 0,1	cv 0,2	cv 0,3	
p	1,00																			
pd	0,93	1,00																		
ps	0,58	0,51	1,00																	
w	-0,79	-0,95	-0,46	1,00																
π	-0,79	-0,86	-0,20	0,85	1,00															
e	-0,86	-0,90	-0,35	0,89	0,98	1,00														
C	-0,16	-0,13	-0,24	0,07	-0,03	0,00	1,00													
Φ	0,07	0,07	-0,14	0,03	0,06	0,11	-0,61	1,00												
Pstr1	0,16	0,26	0,12	-0,33	-0,23	-0,23	0,42	0,10	1,00											
Pstr2	0,27	0,25	0,13	-0,23	-0,16	-0,20	0,30	0,10	0,83	1,00										
t0,1	-0,45	-0,39	-0,25	0,32	0,41	0,44	0,92	-0,53	0,57	0,07	1,00									
t0,2	-0,36	-0,16	-0,53	-0,08	-0,10	-0,10	0,61	-0,42	-0,27	0,89	0,64	1,00								
t0,3	-0,66	-0,60	-0,49	0,50	0,60	0,63	0,39	0,21	0,16	-0,69	0,65	-0,22	1,00							
E0,1	-0,02	-0,02	0,09	0,02	0,11	0,09	0,59	-0,26	0,46	0,22	0,71	0,11	0,37	1,00						
E0,2	0,19	0,19	0,22	-0,17	-0,06	-0,10	0,52	-0,19	0,40	0,17	0,85	0,13	0,49	0,95	1,00					
E0,3	0,24	0,26	0,22	-0,26	-0,16	-0,19	0,55	-0,22	0,41	0,12	0,87	0,11	0,56	0,91	0,98	1,00				
cv 0,1	0,30	0,38	-0,06	-0,34	-0,17	-0,16	-0,43	0,62	0,51	0,26	-0,56	-0,47	0,17	0,35	0,50	0,51	1,00			
cv 0,2	0,27	0,29	-0,06	-0,25	-0,33	-0,31	-0,27	0,43	0,41	0,18	-0,47	-0,58	0,28	0,18	0,25	0,26	0,76	1,00		
cv 0,3	-0,20	0,28	-0,35	-0,45	-0,36	-0,30	-0,05	0,15	0,32	-0,02	-0,39	-0,40	0,88	-0,12	-0,13	-0,02	0,33	0,45	1,00	

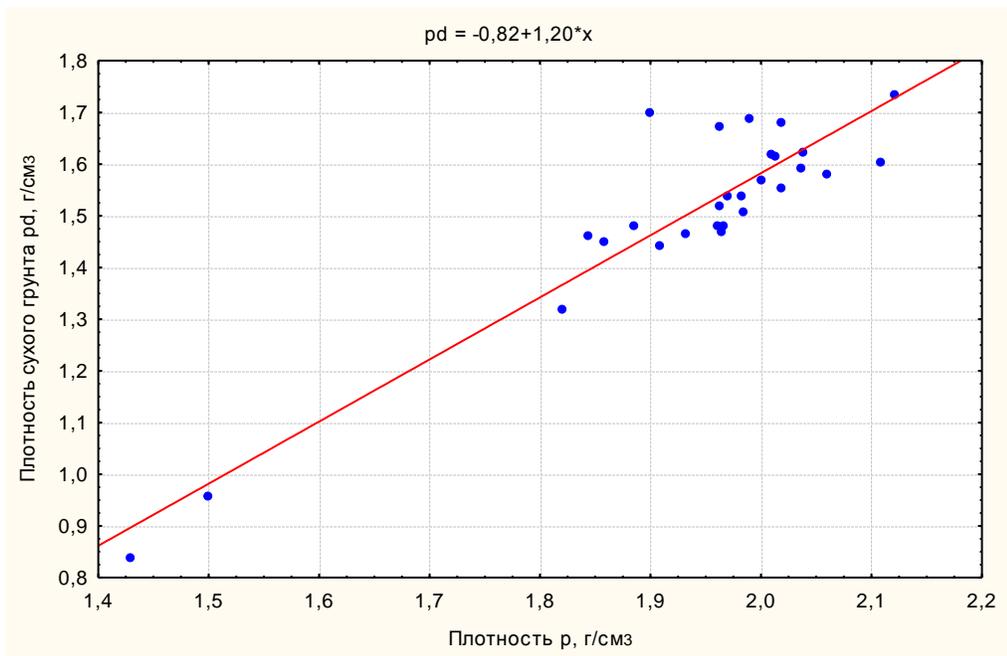


Рис. 5.22. Зависимость между плотностью сухого грунта и естественной плотностью

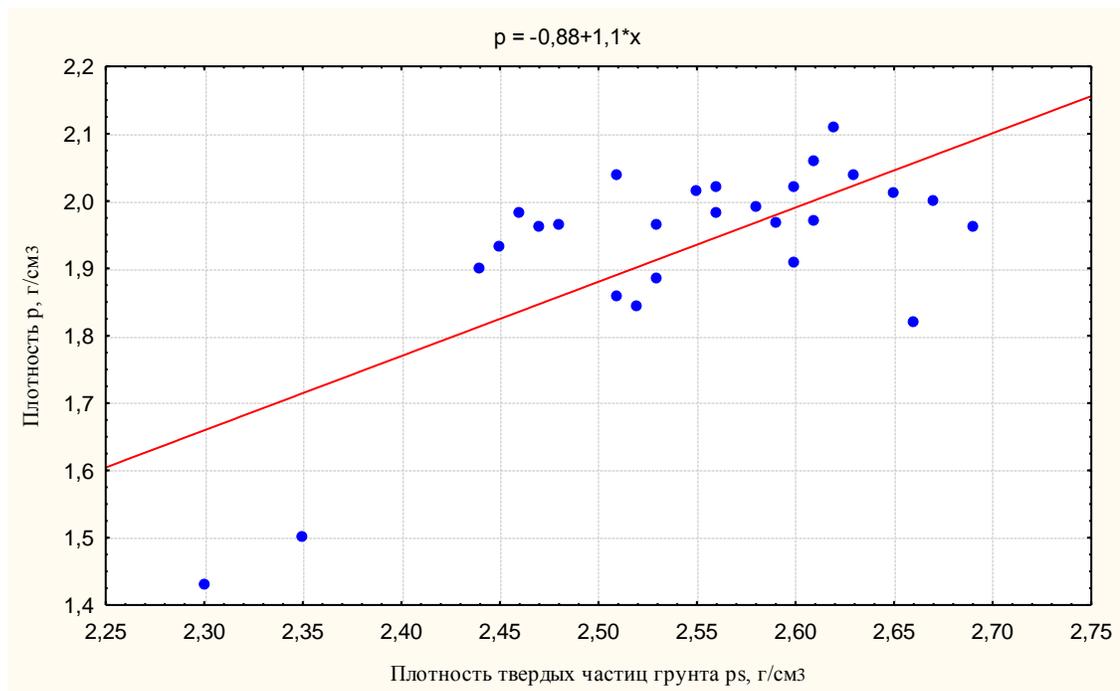


Рис. 5.23. Зависимость между плотностью и плотностью твердых частиц грунта

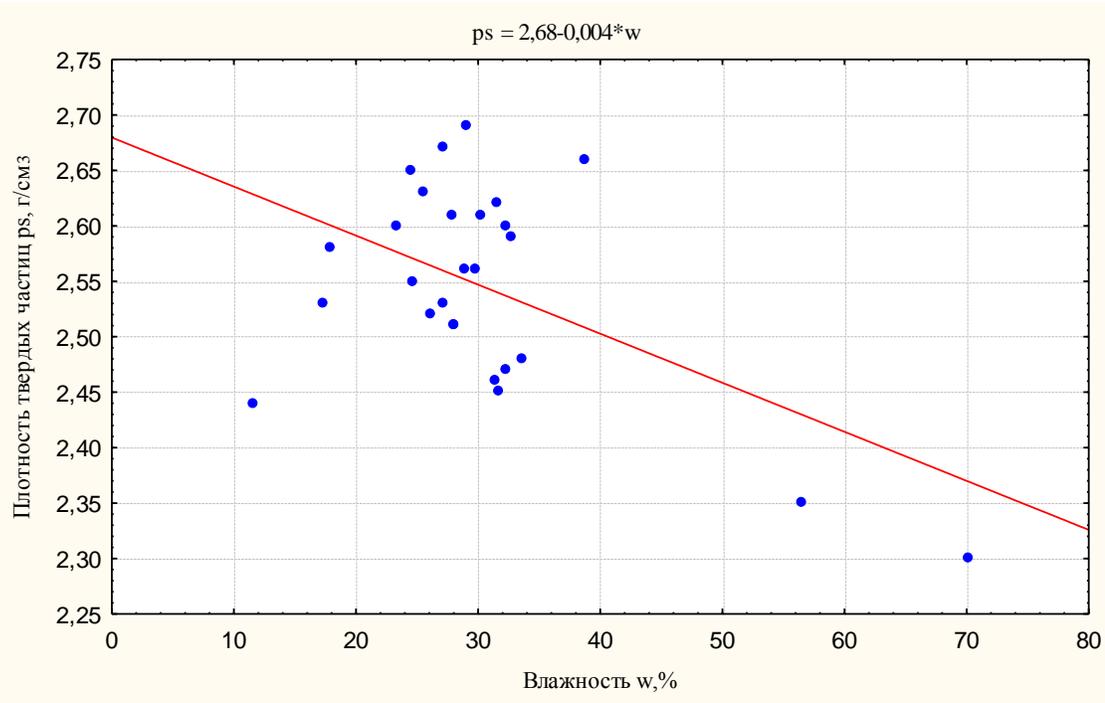


Рис. 5.24. Зависимости между плотностью твердых частиц и влажностью

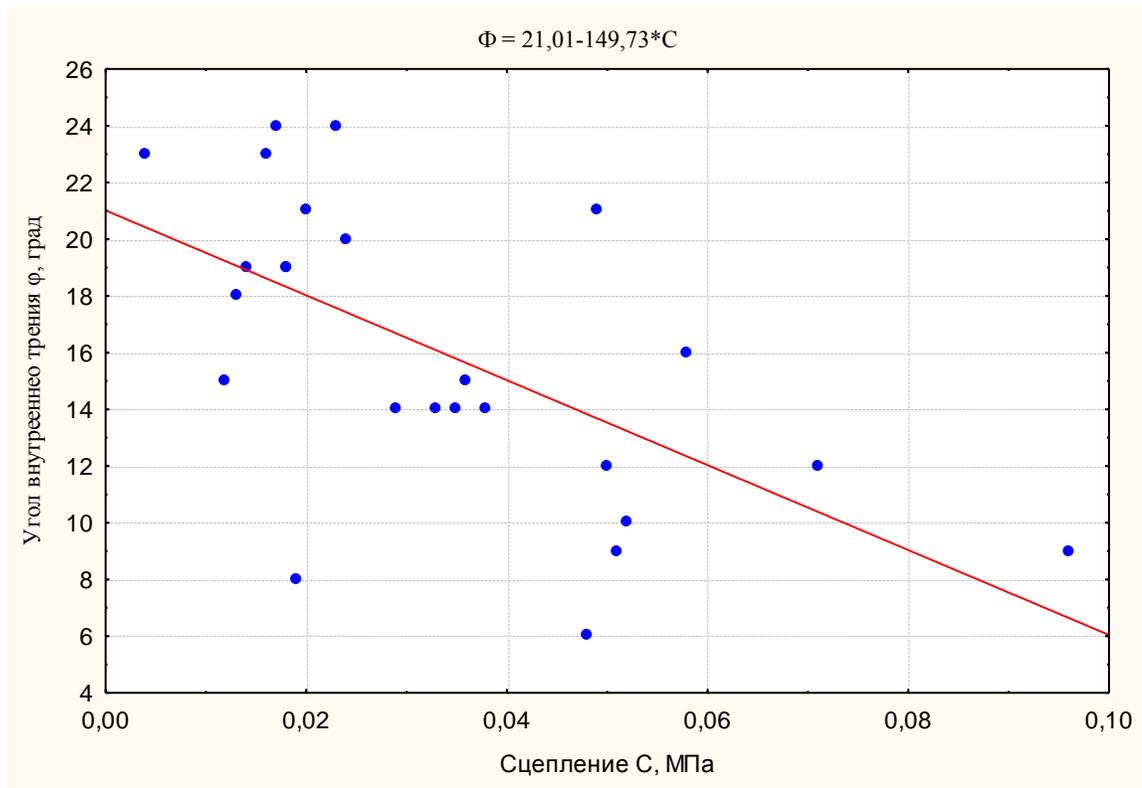


Рис. 5.25. Зависимость между углом внутреннего трения и сцеплением

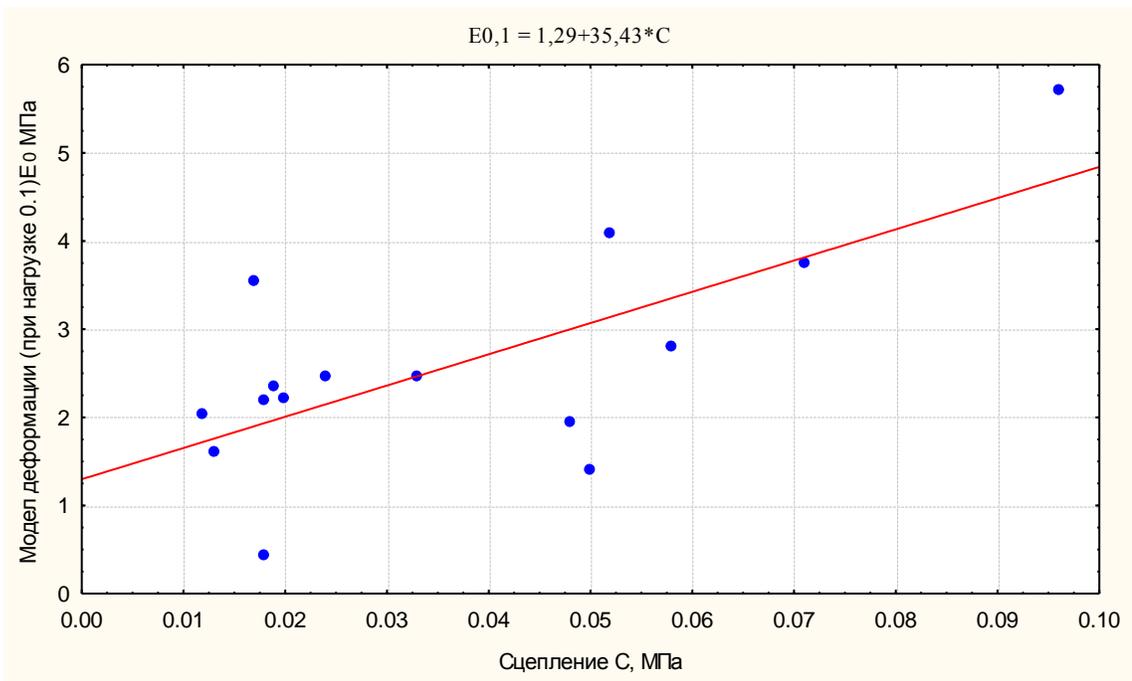


Рис. 5.26. Зависимость между модулем деформации (при нагрузке 0,1 МПа) и сцеплением

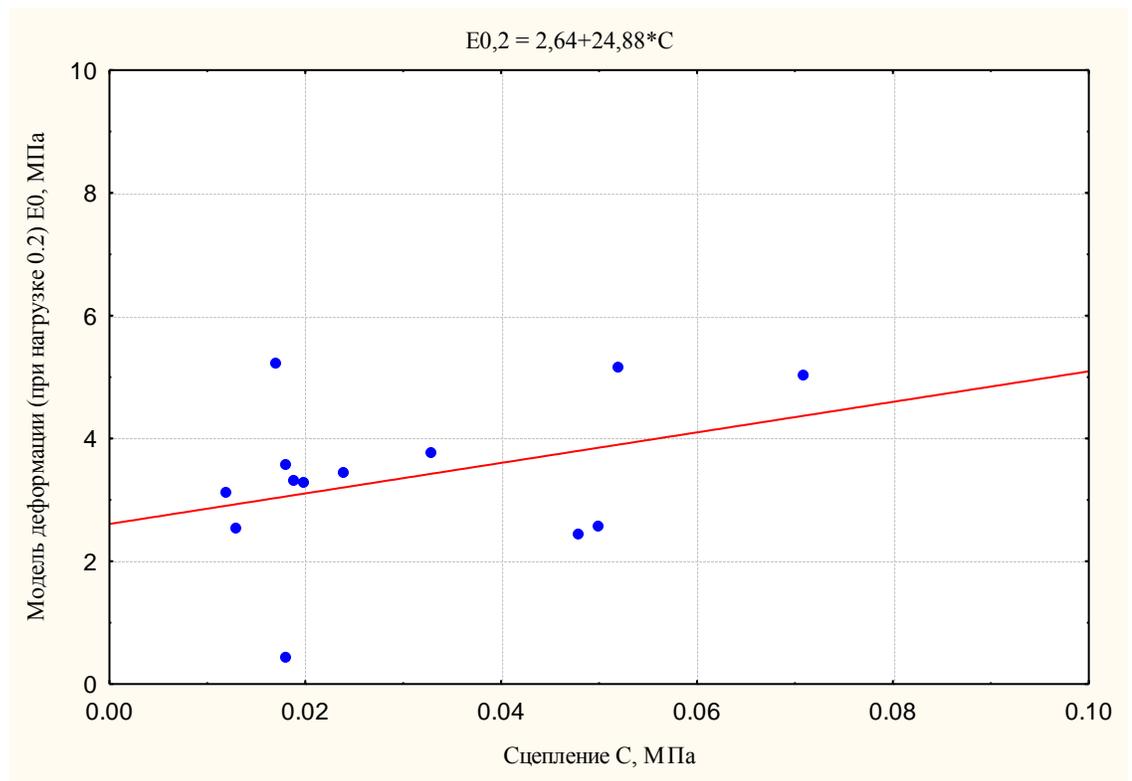


Рис. 5.27. Зависимость между модулем деформации (при нагрузке 0,2 МПа) и сцеплением

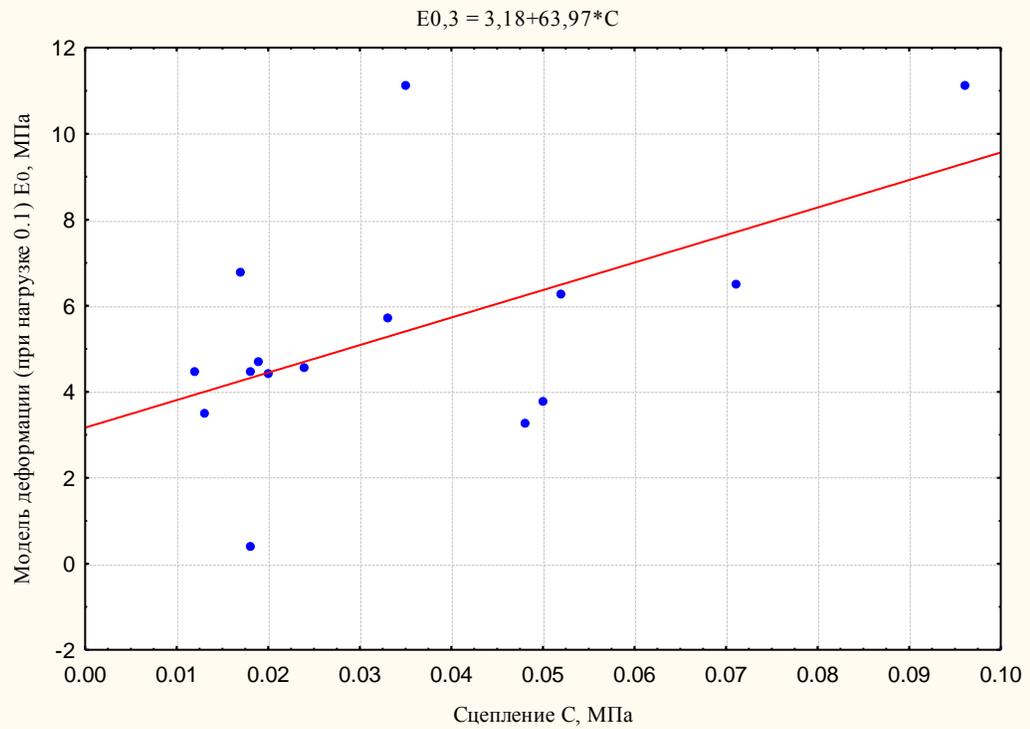


Рис. 5.28. Зависимость между модулем деформации (при нагрузке 0,3 МПа) и сцеплением

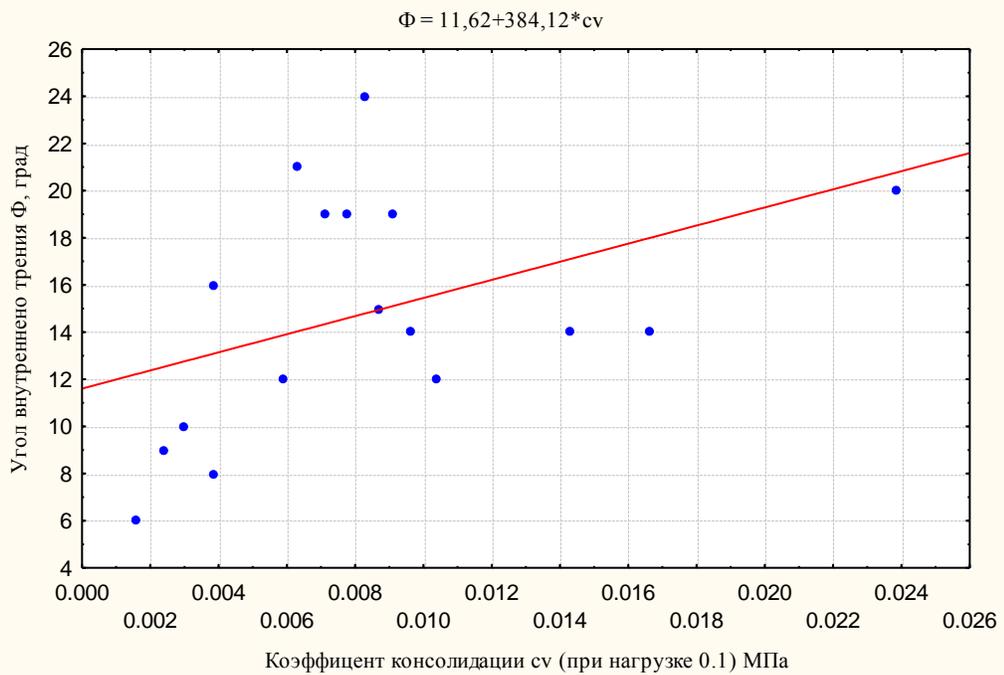


Рис. 5.29. Зависимость между углом внутреннего трения и коэффициентом консолидации, C_v (при нагрузке 0,1 МПа)

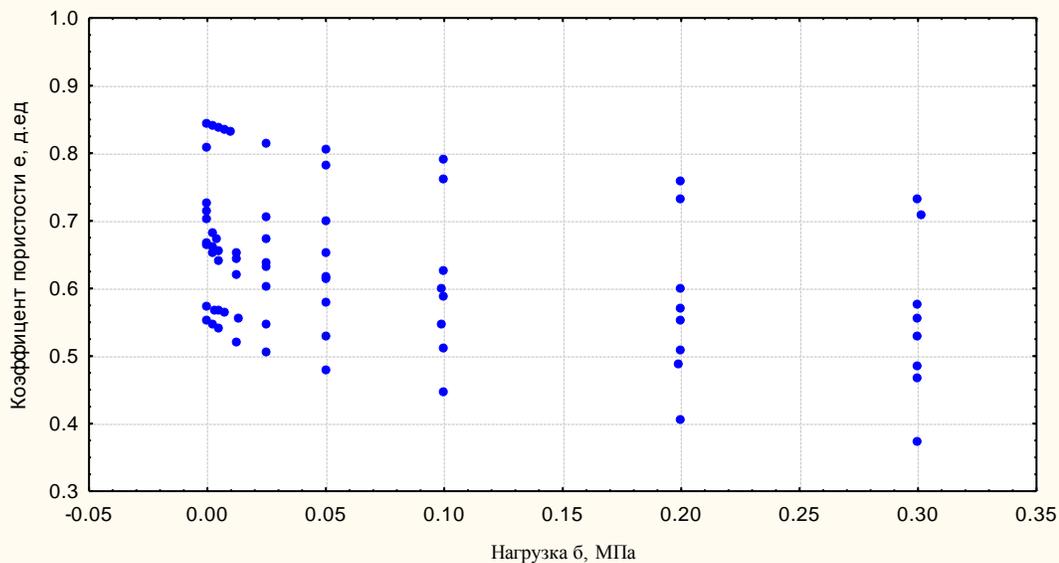


Рис. 5.30. Компрессионные кривые

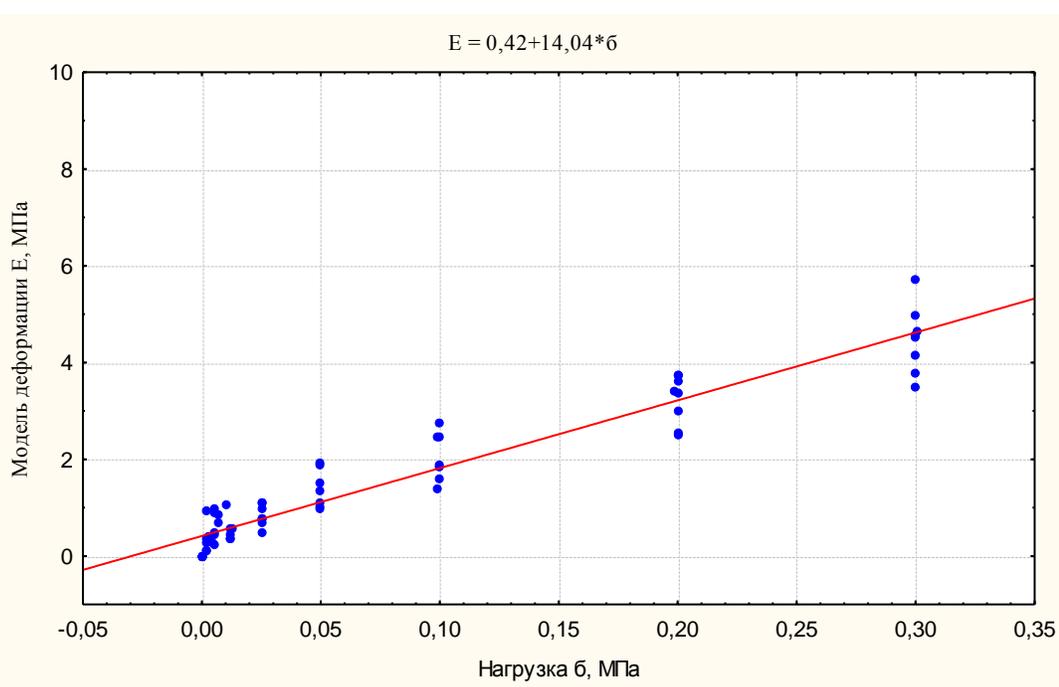


Рис. 5.31. Зависимость модуля деформации от нагрузки

Аллювиальные отложения тобольского горизонта тобольской свиты (а Q_{Пб})

Тобольские отложения повсеместно представлены русловым аллювием и реже в верховьях разреза пойменными фациями. Русловой аллювий представлен серыми песками от пылеватых и мелких до грубозернистых, полевошпатово-кварцевыми, в основании часто гравелистые пески или песчано-гравийные отложения с включением растительной

крошки и лигнита (рис. 5.32, 5.33, построены по материалам работ Зятевой О.Ф.).
 пойменный аллювий представлен маломощными слоями и линзами серых, голубовато-серых суглинков, супесей и иловатых глин, мощностью от первых метров до 26 м (табл. 5.18).

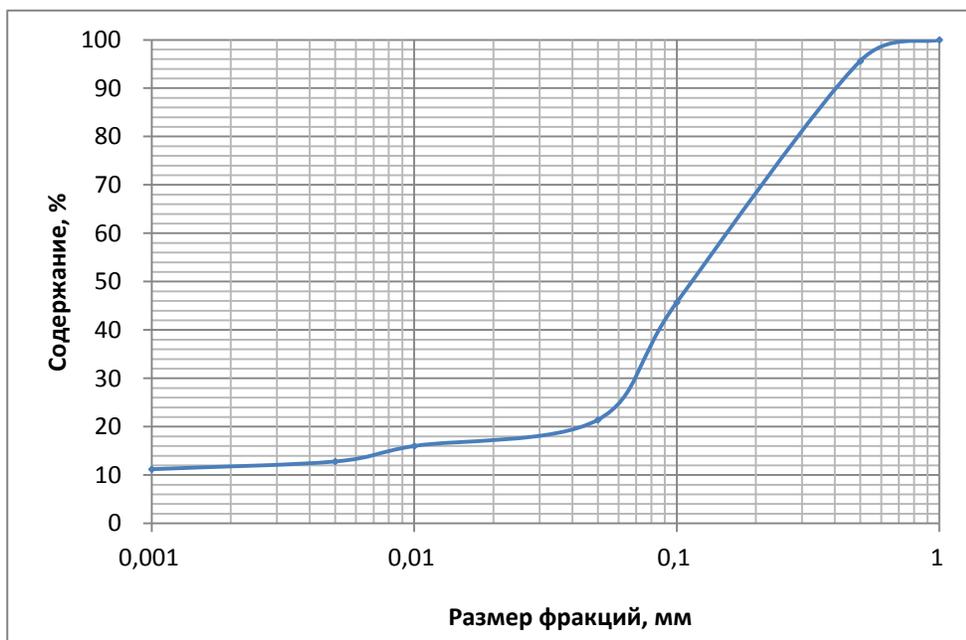


Рис. 5.32. Кривая гранулометрического состава песков тобольской свиты (а $Q_{Птб}$)

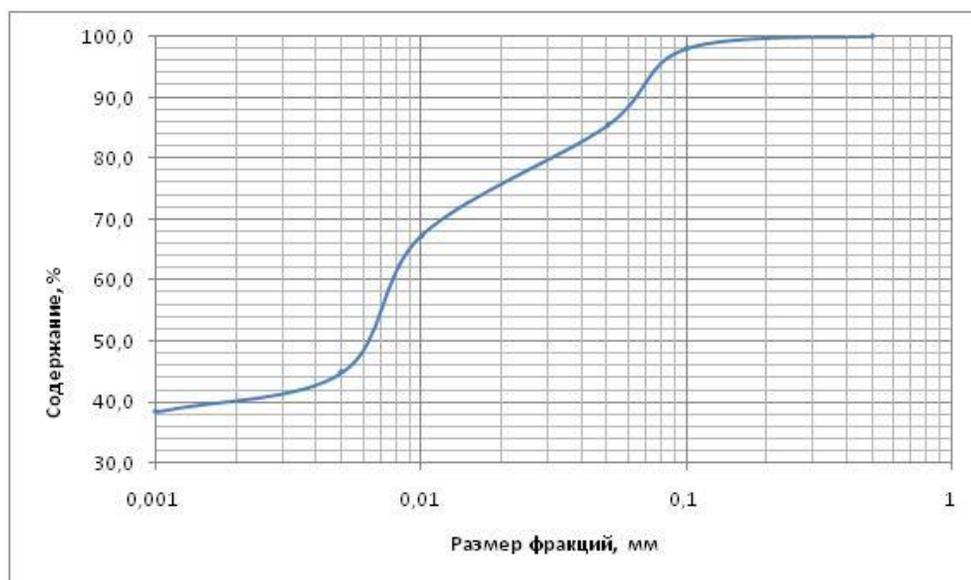


Рис. 5.33. Кривая гранулометрического состава глин тобольской свиты (а $Q_{Птб}$)

Таблица 5.18. Гранулометрического состава грунтов аллювиальных среднечетвертичных отложений тобольской свиты (а Q_{IIIb})

Разновидность грунта по ГОСТ 25100-95	Гранулометрический состав, %							
	>2	>0,5	>0,25	>0,10	>0,05	>0,01	>0,005	<0,005
Суглинок	–	$\frac{0,0-1,0}{0,3}$	$\frac{3,2-13,7}{6,2}$	$\frac{5,6-19,7}{11,96}$	$\frac{13,4-43}{17,1}$	$\frac{20,6-26,8}{22,05}$	$\frac{11,9-19,3}{16,6}$	$\frac{13,2-32,7}{25,8}$
Супесь	–	$\frac{1,6-7,9}{4,7(8)}$	$\frac{4,6-19,9}{12,4(8)}$	$\frac{9,1-40,2}{14,4(8)}$	$\frac{7,3-38,5}{17,8(8)}$	$\frac{6,7-20,9}{16,8(8)}$	$\frac{5,4-16,3}{7,6(8)}$	$\frac{14,2-32,6}{26,3(8)}$
Песок	$\frac{11,4-38,7}{19,76}$	$\frac{11,0-28,3}{18,2(13)}$	$\frac{30,1-40,3}{33,9(13)}$	$\frac{6,6-17,6}{10,3(13)}$	$\frac{2,0-7,1}{4,32(13)}$	$\frac{1,7-16,3}{5,2(13)}$	$\frac{1,3-8,7}{4,18(13)}$	$\frac{1,6-9,2}{4,32(13)}$

Нижнее и среднее звенья

Нижне-среднеплейстоценовые озерно-аллювиальные отложения федосовской свиты (Ia_{1-III}fd)

Нижне-среднеплейстоценовые озерно-аллювиальные отложения федосовской (тайгинской) свиты представлены они суглинками с прослоями супесей, глин и песка.

Суглинки серого цвета с зеленоватым и голубоватым оттенком, с большим включением сажистого материала. По содержанию песчаной фракции и числу пластичности преимущественным распространением пользуются легкие и тяжелые пылеватые разновидности грунтов. По состоянию суглинки имеют все разновидности от твердых до текучих, которые по площади и по глубине незакономерно переслаиваются.

Показатели природной влажности имеют небольшой разброс значений (0,21–0,31), несколько повышенные значения наблюдаются в местах развития верховодки. Показатели плотности влажного грунта, коэффициента пористости и коэффициента водонасыщения имеют большой разброс значений.

Прочностные и деформационные характеристики получены по 4 пробам: значения модуля деформации и удельного сцепления в интервале нагрузок $P = 0,1-0,3$ МПа соответственно изменяются: E (3,3–4,2 МПа); c (13–68 КПа); угла внутреннего трения (17–21°). По коэффициенту относительной просадочности грунты непросадочны. По коэффициенту уплотнения они отнесены к средне- и слабосжимаемым разновидностям.

Супеси голубовато-серые встречаются в виде прослоев по площади и по разрезу. Мощность их изменяется незакономерно. По гранулометрическому составу (преобладает

песчанистая фракция) и числу пластичности грунты отнесены к песчанистым разновидностям.

Значения модуля деформации и удельного сцепления в интервале нагрузок $P = 0,05-0,35$ МПа соответственно изменяются: $E = 4,6-7,45$ МПа; $C = 5-10$ КПа; угла внутреннего трения – $12-25^\circ$ [40].

По состоянию грунты имеют пестрый состав от твердых до текучих разновидностей. Разброс показателей физических свойств грунтов не большой, но все они изменяются незакономерно по площади и по глубине.

Глины в отложениях федосовской свиты, встречаются в виде маломощных прослоев. Изучены они по единичным пробам. По числу пластичности и гранулометрическому составу это легкие пылеватые разновидности. По состоянию встречены все разновидности грунта от твердых до текучих, но преобладают полутвердые, тугопластичные и мягкопластичные консистенции.

Показатели природной влажности имеют небольшой разброс значений $0,21-0,28$, в местах близких к залеганию водосодержащих грунтов значения увеличиваются до $0,38$.

По плотности влажного грунта, коэффициенту пористости и коэффициенту водонасыщенности грунты имеют большой разброс значений. Значения модуля деформации и удельного сцепления в интервале нагрузок $P = 0,0-0,35$ МПа соответственно изменяются: $E = 2,13-4$ МПа; $C = 10-50$ КПа; угла внутреннего трения – $2-21^\circ$ [40].

Песок в отложениях федосовской свиты встречается на самых возвышенных частях водораздельной поверхности сразу под эоловыми отложениями, а также в виде прослоев по всему разрезу. По гранулометрическому составу в песках преобладает фракция $0,25-0,1$ и $0,1-0,05$ мм, что позволило отнести его мелкой разновидности с прослиями среднего. большая часть их отнесена к несортированным разновидностям [4]. На (рис. 5.34) приведены кривые гранулометрического состава, полученные автором, в точке 4 (рядом с п. Тахтамышево, на Обь-Томском междуречье рис. 5.1), коэффициенты неоднородности $2,22-3,65$.

По коэффициенту пористости грунты средней плотности, коэффициент фильтрации их меняется в пределах $0,6$ до $8,1$ м/сут. По коэффициенту водонасыщения

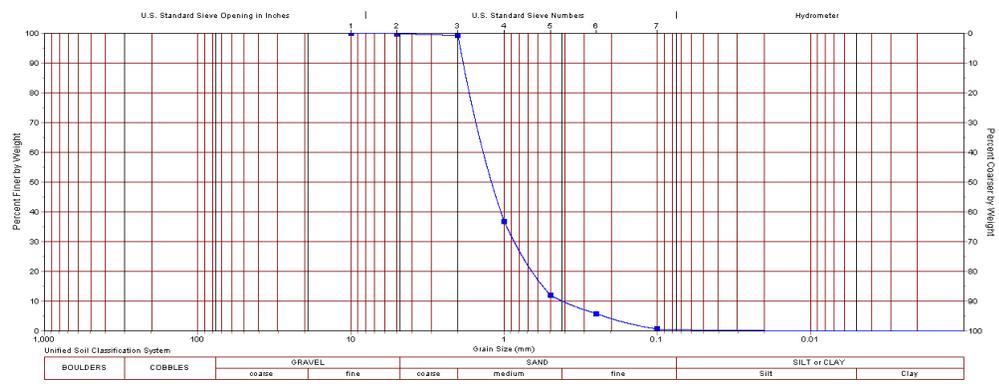
пески имеют все разновидности от грунтов малой степени водонасыщения до насыщенных водой.

По основным направлениям и по глубине для всех разновидностей грунтов, данного стратиграфо-генетического комплекса, плотности влажного грунта, значения пределов пластичности и коэффициента пористости изменяются незакономерно, скачкообразно. Показатели природной влажности увеличиваются в водосодержащих грунтах, но по площади и по глубине также изменяются незакономерно.

В табл. (5.19–5.22) приведены значения физических и деформационных характеристик свойства суглинков отложений полученные автором. При сравнении с ранее проведенными работами (табл. 5.19) выявлено, что средние значения влажности и плотности в естественном и сухом состоянии, коэффициент пористости суглинков и супесей получены выше чем в работах.

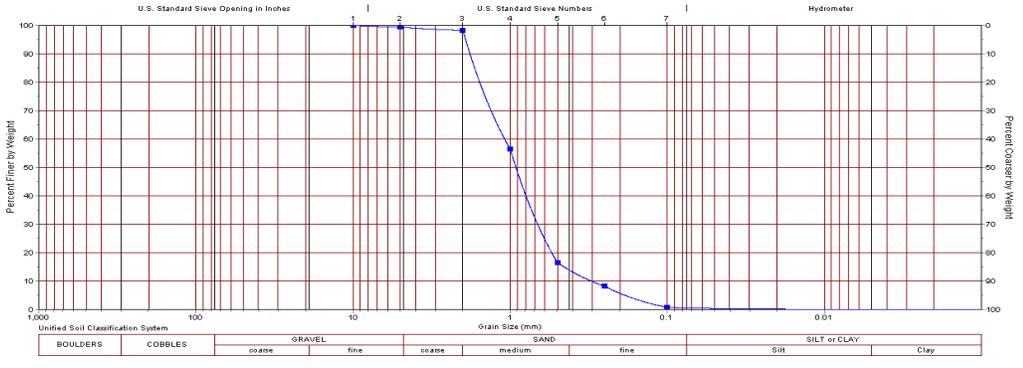
Корреляционный анализ (табл. 5.22) выявил наиболее тесные взаимосвязи между коэффициентом пористости и нагрузкой ($r = -0,87$) и модулем деформации и нагрузкой ($r = 0,24$) На основе этих взаимосвязей получены корреляционные зависимости между деформационными показателями и нагрузкой (рис. 5.35–5.36.).

		Project No.: CompletedTutorial					GRAINSIZE DISTRIBUTION GRAPH			
		Borehole No.: 4					Tested By:			
		Client:					Test Date: 10/25/2010			
Symbol	Sample No.	% Clay	% Silt	% Fine Sand	% Medium Sand	% Coarse Sand	% Fine Gravel	% Coarse Gravel	% Cobbles	
•	20cm	0.0	0.4	0.7	89.2	0.7	0.2	0.0	0.0	



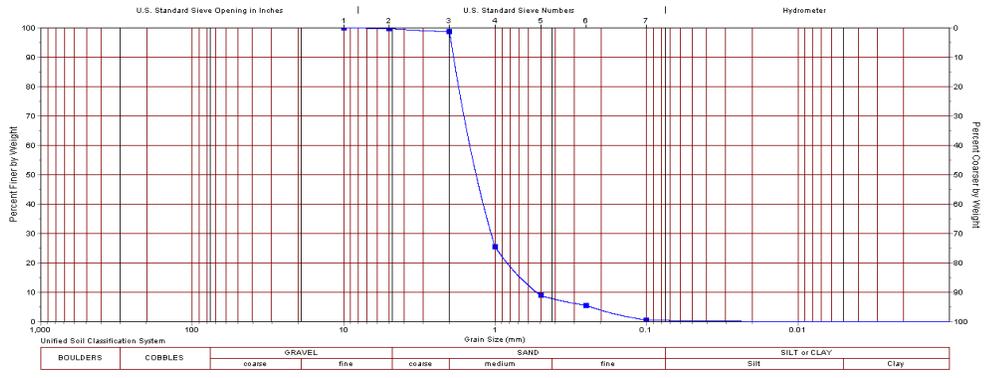
(a)

		Project No.: CompletedTutorial					GRAINSIZE DISTRIBUTION GRAPH			
		Borehole No.: 4					Tested By:			
		Client:					Test Date: 10/27/2010			
Symbol	Sample No.	% Clay	% Silt	% Fine Sand	% Medium Sand	% Coarse Sand	% Fine Gravel	% Coarse Gravel	% Cobbles	
•	40cm	0.0	0.5	13.3	84.4	1.1	0.8	0.0	0.0	



(b)

		Project No.: CompletedTutorial					GRAINSIZE DISTRIBUTION GRAPH			
		Borehole No.: 4					Tested By:			
		Client:					Test Date: 10/25/2010			
Symbol	Sample No.	% Clay	% Silt	% Fine Sand	% Medium Sand	% Coarse Sand	% Fine Gravel	% Coarse Gravel	% Cobbles	
•	20cm	0.0	0.4	7.4	91.0	1.0	0.3	0.0	0.0	



(B)

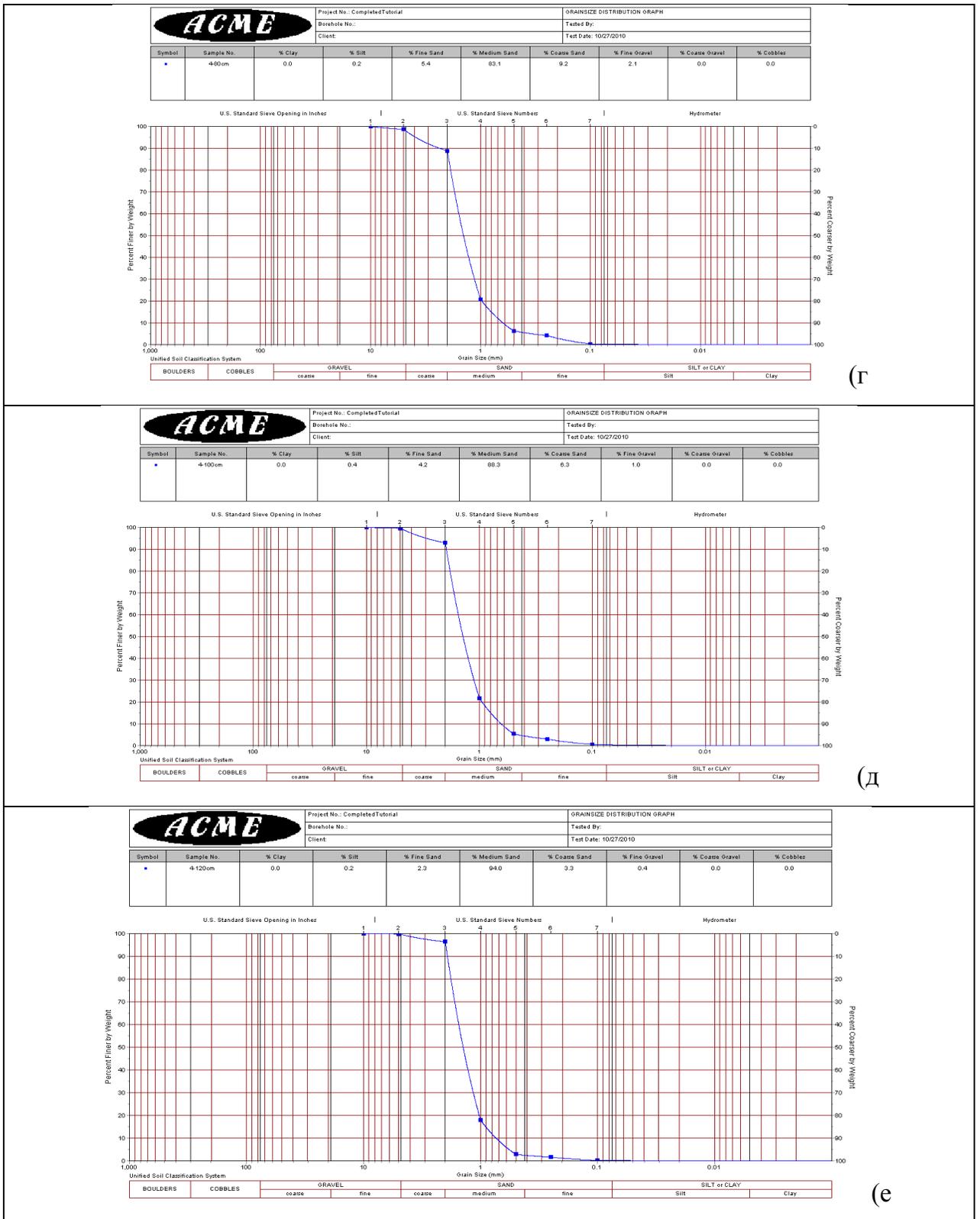


Рис. 5.34. Кривая гранулометрического состава песков федосовской свиты:
 а) с глубины 20 см, б) с глубины 40 см, в) с глубины 60 см, г) с глубины 80 см,
 д) с глубины 1 м и е) с глубины 1,2 м

Таблица 5.19. Характеристики физических свойств грунтов ниже-среднечетвертичные озерно-аллювиальные отложения федосовской свиты (IaI–IIfd) [28, 4]

Наименование грунта	Преобладающие значения свойств грунтов								
	Естественная влажность W, %	Пределы пластичности, %		Число пластичности, I _p , %	Коэффициент водонасыщения, S _r , д, е,	Плотность, г/см ³			Коэффициент пористости, e
		текучести, W _L	раскативания, W _p			частиц грунта, ρ _s	грунта в естественном состоянии, ρ _w	сухого грунта, ρ _d	
Суглинок	25	31	18	13	0,60	2,72	1,99	1,59	0,72
	3- 38	22- 48	5- 20	7-16	0,12 - 1,39	2,61 - 2,82	1,19 – 2,22	1,36 – 1,99	0,34-0,93
Супесь	21	30	20	6,3	0,86	2,68	1,99	1,57	0,73
	9- 33	18- 43	10- 30	1-7	0,38 – 1,00	2,46 - 2,87	1,6 – 2,18	1,31 – 2,08	0,31 – 1,08

Таблица 5.20. Характеристики физических свойств грунтов ниже-среднечетвертичные озерно-аллювиальные отложения федосовской свиты (IaI–IIfd) (по данным автора)

Наименование грунта	Преобладающие значения свойств грунтов											
	Естественная влажность W, %	Пределы пластичности, %		Число пластичности и, I _p %	Число текучести, I _L %	Коэффициент водонасыщения, S _r , д, е,	Плотность, г/см ³			Пористость, n	Коэффициент пористости, e	Полная влагоемкость W _{sat}
		текучести, W _L	раскативания, W _p				частиц грунта, ρ _s	грунта в естественном состоянии, ρ _w	сухого грунта, ρ _d			
Суглинок	15 (4)	36 (4)	24,9 (4)	11,1 (4)	0,48 (4)	0,60 (4)	2,52 (4)	1,59 (4)	1,39 (4)	45 (4)	0,87 (4)	51 (4)
	11– 18	31- 43	23,4 – 28,7	7,3 – 14,5	0,2- 0,9	0,12 - 1,39	2,51 - 2,53	1,54 – 1,64	1,31– 1,48	42– 48	0,81-0,92	40–78
Супесь	16,3 (24)	32 (24)	25,7 (24)	6,3 (24)	2,7 (24)	0,86 (24)	2,55(8)	1,61 (8)	1,40 (8)	46 (8)	0,49 (8)	32
	16,6 – 16,6	32 - 33	24,8 – 26,7	5 – 6,1	2,1 – 3,6	0,38 – 1,00	2,51 - 2,62	1,44 – 1,76	1,28 – 1,43	44- 50	0,42 – 0,78	29,1 –40
Песок	3,8 (10)	-	-	-	-	0,08(10)	2,61(11)	1,59 (7)	1,48 (7)	43 (7)	0,78 (7)	33 (7)
	2– 4,5	-	-	-	-	0,00- 0,17	2,56-2,71	1,22- 1,93	1,21- 1,61	39- 53	0,64- 1,12	25,8- 44

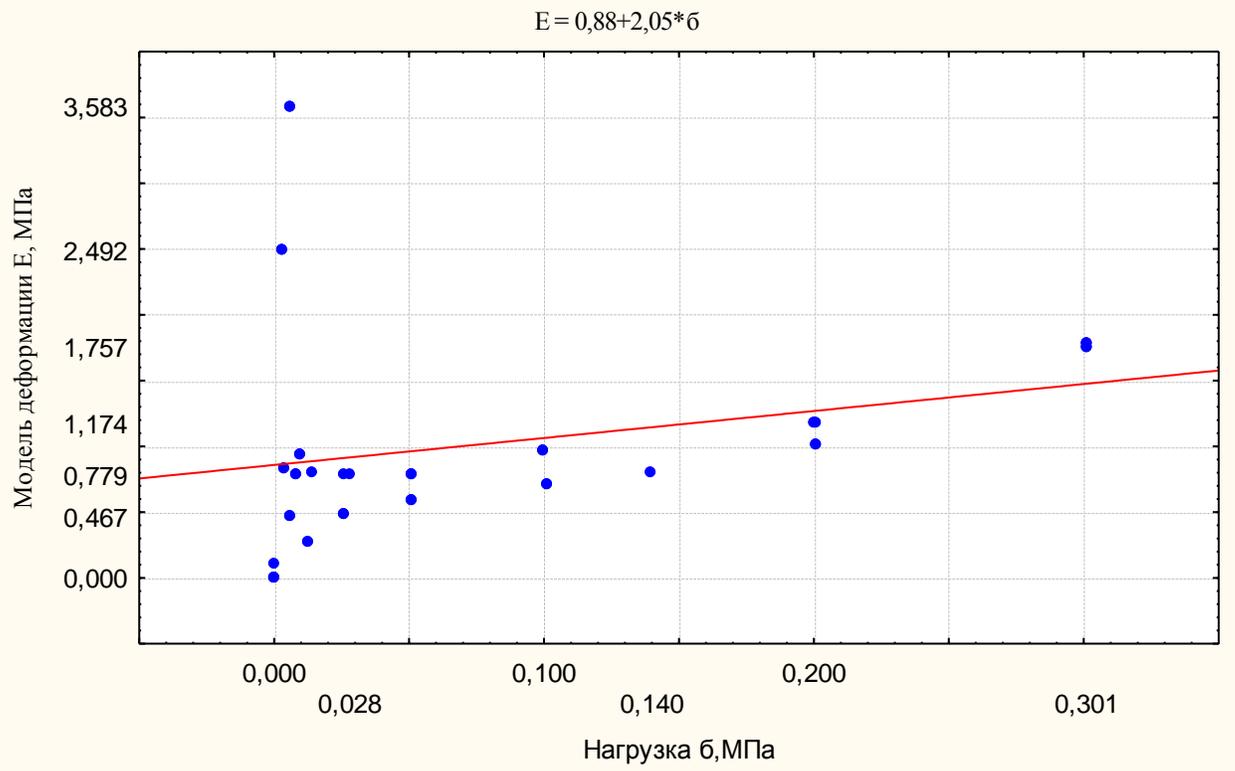
Таблица 5. 21 Деформационные свойства грунтов (по данным автора)

Наименование грунта	Характеристики свойств грунтов										
	Коэффициент пористости, e	Естественная влажность $W, \%$	Плотность, $г/см^3$			Пористость, n	Структурная прочность, P_{str} (по Казагранде), $КПа$	Структурная прочность, P_{str} (по Бекеру), $КПа$	Модуль деформации, E , $МПа$ (при нагрузке 0,1 $МПа$)	Модуль деформации, E , $МПа$ (при нагрузке 0,2 $МПа$)	Модуль деформации E , $МПа$ (при нагрузке 0,3 $МПа$)
			частиц грунта, ρ_s	грунта в естественном состоянии, ρ_w	сухого грунта, ρ_d						
Суглинок	0,87	15	2,52	1,59	1,39	45	42,419	28,31	0,3	0,7	1,1
	0,81-0,92	11- 18	2,51- 2,53	1,54- 1,64	1,31- 1,48	42- 48	37,76- 49,54	25,19- 30,28	0-0,3	0,5-0,9	0- 3,8

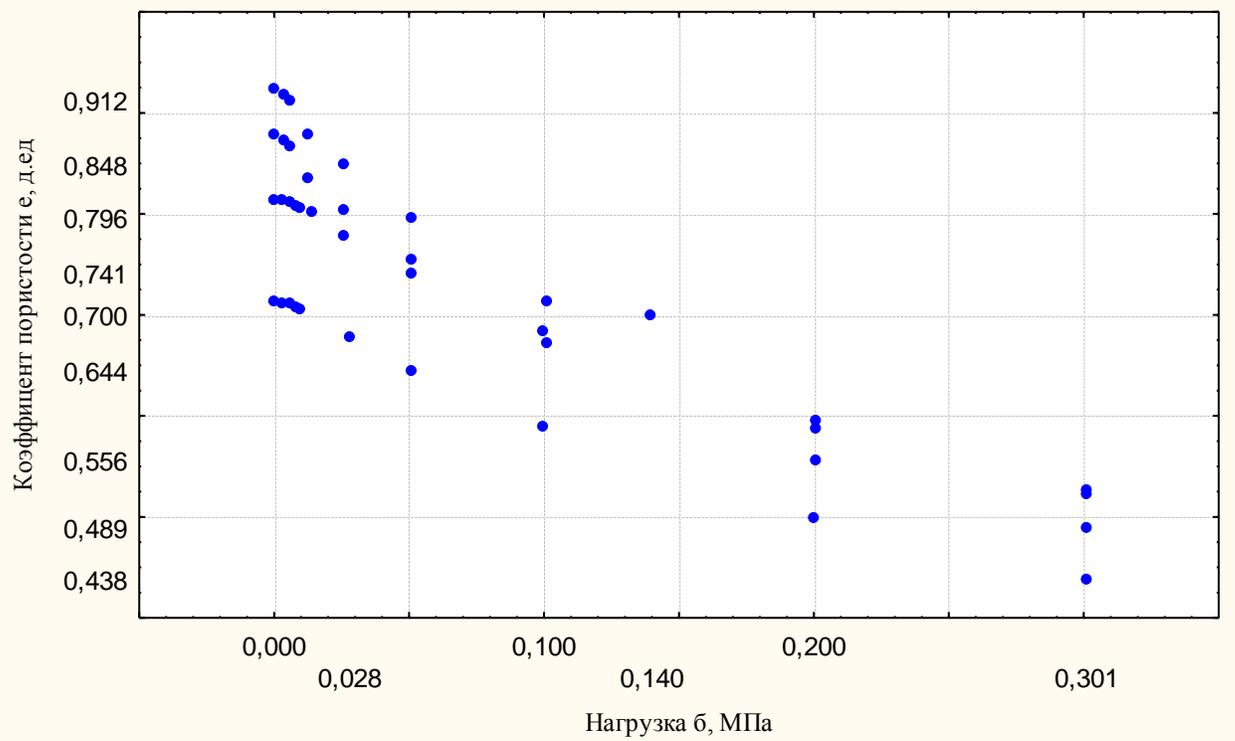
Таблица 5.22. Корреляционный анализ (по данным автора)

	Нагрузка, σ	Модуль деформации, E	Коэффициент пористости, e	Структурная прочность, P_{str} (по Казагранде),	Структурная прочность, P_{str} (по Бекеру)
Нагрузка, σ	1,00				
Модуль деформации, E	0,24	1,00			
Коэффициент пористости, e	-0,87	-0,35	1,00		
Структурная прочность, P_{str} (по Казагранде),	-0,06	0,39	-0,10	1,00	
Структурная прочность, P_{str} (по Бекеру)	0,06	-0,39	0,10	-0,10	1,00

Примечание: P_{str1} структурная прочность по Казагранде, P_{str2} структурная прочность по Бекеру



РРис. 5.35. Зависимость модулей деформации от нагрузки



РРис. 5.36. Компрессионные кривые

Нижнее звено

Аллювиальные отложения погребенных долин (al)

ЭОПЛЕСТОЦЕН

Нижнее-среднее звенья

Смирновская толща (laE-IIsmr). На Обь-Томском междуречье нижняя часть разреза смирновской толщи сложена серыми песками иногда с коричневатым оттенком, глинистыми, мелко-средне-тонкозернистыми, полевошпатово-кварцевыми, иногда в основании с кварцевым гравием и галькой, окатышами глин. В песках встречается редкий растительный детрит, местами порода сильно каолинизирована. Верхняя часть разреза представлена преимущественно глинистыми породами – серыми с голубоватым или коричневатым оттенком глинами, суглинками, реже алевритами разной плотности, среди которых часто попадаются прослойки и линзы мелкозернистых песков. Мощность смирновской толщи на правом берегу р. Оби составляет 20–25 м, изменяясь в зависимости от рельефа поверхности от 5 до 32 м [55].

В табл. (5.23) приведены значения физических характеристик свойства грунтов, отобранных на Обь-Томском междуречье.

Таблица 5.23 . Эоплейстоцен-нижнечетвертичные озерно-аллювиальные отложения смирновской свиты (IaE-IIsmr) (по данным автора)

Наименование грунта	Естественная влажность W, %	Пределы пластичности, %		Число пластичности, I _p %	Число текучести, I _L %	Коэффициент водонасыщения, S _r , д, е,	Плотность, г/см ³			Пористость, n	Коэффициент пористости, e	Полная влажность, W _{sat}
		текучести, W _L	раскатывания, W _p				частиц грунта, ρ _s	грунта в естественном состоянии, ρ _w	сухого грунта, ρ _d			
Суглинок	25 (4)	28,4 (4)	19,6 (4)	8,7 (4)	0,82 (4)	0,80 (4)	2,46 (4)	1,70 (4)	1,46 (4)	41 (4)	0,56 (4)	28 (4)
	24,9–25,2	26,7–31	17,7–22,7	7,6–10,2	0,8–0,84	0,76–0,85	2,45–2,46	1,66–1,74	1,36– 1,61	35–45	0,51–0,58	21,6–33

Эоплейстоцен

Эоплейстоценовые озерно-аллювиальные отложения верхнекочковской подсвиты (Ia_{ЕК2}). Эоплейстоценовые озерно-аллювиальные отложения верхнекочковской подсвиты распространены на водораздельных пространствах Обь-Томского и Томь-Яйского междуречий. Отложения верхнекочковской подсвиты, залегают под золовыми и покровными верхнеэоплейстоцен-голоценовыми отложениями, на отложениях нижней подсвиты. Абсолютные отметки кровли изменяются от 130 м на юге до 180 м – на севере. Абсолютные отметки подошвы свиты изменяются от 80 до 90 м.

Отложения верхнекочковской подсвиты делятся на две части: верхнюю – глинистую, сформировавшуюся в обстановки похолодания (озерная фация) и нижнюю – суглинистую, сформировавшуюся в условиях теплого и влажного климата (озерно-аллювиальная фация) [35]. По всему разрезу встречаются в виде прослоев супеси и пески; залегание их по площади и по разрезу закономерно. Отложения верхней, глинистой части распространены в западной и центральной частях Обь-Томского междуречья.

Отложения кочковской свиты залегают со следами отчетливого перерыва поверхности более древних образований различного возраста и кривются осадками тайгиинской свиты и субаэральными покровными отложениями [28].

В глинах встречается мелкая каолина, образовавшегося за счет выветривания легко минералов и обломков пород. Гранулометрический песков с галькой кварца и кремнистых пород. Гранулометрический глини кочковской свиты характеризуется высоким содержанием глинистой до 96 %, алевроитовой – до 20 %, псаммитовой – до 1 %. Глинистые минералы представлены гидрослюдой с незначительной примесью каолинита. Карбонатность составляет 6–13 %. Глины верхней пачки отложений кочковской свиты характеризуются закономерно изменчивостью пределов пластичности и объемного веса. Наблюдается тенденция к уменьшению пластичности с глубиной и увеличению объемного веса. Отложения кочковской свиты очень плотные, с полутвердой и твердой консистенцией, водонасыщенные, не размокают в воде. Изменения инженерно-геологических свойств пород кочковской свиты по площади закономерностей не проявляют..

Глины коричневато-серые, плотные по гранулометрическому составу и числу пластичности отнесены к легким пылеватым разновидностям. В гранулометрическом составе

глин наблюдается преобладание пылеватой (46–67 %) и глинистой (22-41 %) фракций. Наблюдается закономерное увеличение песчаной (0,25-0,1мм) фракции с глубиной.

Суглинки коричневато-серые с зеленоватым оттенком, с включениями карбонатов и лигнитов. По гранулометрическому составу преобладает пылеватая фракция (40-68%), содержание песчаной и глинистой фракций примерно равны между собой. Они отнесены к легким и тяжелым пылеватым разновидностям.

Супесь в верхнекочковской подсвите встречается в виде прослоев небольшой мощности. По гранулометрическому составу и числу пластичности она отнесена к пылеватым разновидностям с незначительными прослойками песчаных.

Песок в комплексе отложений верхнекочковской подсвиты встречается в виде прослоев небольшой мощности, количество которых увеличивается к подошве слоя. По гранулометрическому составу это мелкие и средние по крупности разновидности с преобладанием фракции 0,1-0,05 и 0,25-0,1мм.

Гранулометрический состав изменяется закономерно по разрезу (увеличение песчаной фракции с глубиной) и незакономерно по площади, для всех выделенных разновидностей [28].

Анализ изменчивости физических свойств всех разновидностей грунтов показал, что они изменяются незакономерно как по площади, так и по глубине. Для глинистых грунтов наблюдается незначительное увеличение значений плотности влажного грунта и уменьшение коэффициента пористости с глубиной [4].

ДОЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ

По берегам р.Томи и ее притоков Ушайки, Басандайки, Тугояковки наблюдаются выходы дочетвертичных отложений, представленных палеогеновыми отложениями свит верхнеплиоценовыми отложениями нижнекочковской подсвиты, верхнеплиоценовыми–эоплиоценовыми отложениями кочковской свиты, палеогеновыми отложениями лагернотомской, новомихайловской, атлымской и юрковской свит, коры выветривания палеозойских пород, а также породами палеозойского фундамента – по времени образования они охватывают франский и фаменский ярусы верхнего девона и турнейский, визейский, серпуховский ярусы нижнего карбона. Инженерно-геологические исследования по изучению этих отложений не проводились.

В итоге по результатам работ была составлена сводная таблица, в которую вошли кроме материалов проведенных ранее исследований, также данные полученные автором.

Максимальные и минимальные значения показателей (выделены красным цветом в табл. 5.24), позволили уточнить границы изменения характеристик физических свойств грунтов в данном районе. На рис. 5.37 приведены треугольники гранулометрического состава для глин и песков изученных отложений.

Что касается деформационных характеристик, то наилучшими показателями из исследованных нами образцов (отложения поймы, второй террасы, сузгунской и федосовской свит) обладают при одинаковых нагрузках пески и суглинки второй террасы, супеси сузгунской толщи. Наихудшие показатели имеют суглинки федосовской свиты и поймы (табл. 5.25). По данным автора работы минимальные значения модулей деформации отмечены в суглинках федосовской свиты ($E_{\text{при } 0,1 \text{ МПа}} = 0,3 \text{ МПа}$, $E_{\text{при } 0,2 \text{ МПа}} = 0,7 \text{ МПа}$ и $E_{\text{при } 0,3 \text{ МПа}} = 1,1 \text{ МПа}$), максимальные значения у грунтов суглинков второй террасы ($E_{\text{при } 0,1 \text{ МПа}} = 4,6 \text{ МПа}$, $E_{\text{при } 0,2 \text{ МПа}} = 5,8 \text{ МПа}$ и $E_{\text{при } 0,3 \text{ МПа}} = 6,9 \text{ МПа}$), минимальные значения модулей деформации отмечены в песках сузгунской толщи ($E_{\text{при } 0,1 \text{ МПа}} = 0,4 \text{ МПа}$, $E_{\text{при } 0,2 \text{ МПа}} = 0,4 \text{ МПа}$ и $E_{\text{при } 0,3 \text{ МПа}} = 0,4 \text{ МПа}$), максимальные значения в песках второй террасы ($E_{\text{при } 0,1 \text{ МПа}} = 8,4 \text{ МПа}$, $E_{\text{при } 0,2 \text{ МПа}} = 14,6 \text{ МПа}$ и $E_{\text{при } 0,3 \text{ МПа}} = 21,6 \text{ МПа}$), минимальные значения модулей деформации отмечены у супесей второй террасы ($E_{\text{при } 0,1 \text{ МПа}} = 4,4 \text{ МПа}$, $E_{\text{при } 0,2 \text{ МПа}} = 7,6 \text{ МПа}$ и $E_{\text{при } 0,3 \text{ МПа}} = 10,6 \text{ МПа}$), максимальные значения у супесей сузгунской толщи ($E_{\text{при } 0,1 \text{ МПа}} = 5,7 \text{ МПа}$, $E_{\text{при } 0,2 \text{ МПа}} = 7,8 \text{ МПа}$ и $E_{\text{при } 0,3 \text{ МПа}} = 11,2 \text{ МПа}$).

По прочностным характеристикам определения велись для грунтов второй террасы сузгунской толщи. Минимальные значения сцепления отмечены в суглинках субаэральных отложений ($c = 0,003$) и максимальные значения у суглинков второй террасы и сузгунской толщи ($c = 0,029$), в песках минимальные значения в отложениях сузгунской толщи ($c = 0,018$), максимальные значения в песках второй террасы ($c = 0,036$), у супесей минимальные значения в грунтах второй террасы ($c = 0,038$), максимальные значения – у супесей сузгунской толщи ($c = 0,096$) и минимальные значения сцепление в содержащих органику суглинках второй террасы ($c = 0,036$) и максимальные значения у суглинках содержащих органику отложениях сузгунской толщи ($c = 0,039$)

Минимальные значения угла внутреннего трения выявлены в суглинках сузгунской толщи ($\varphi = 16,7$) и максимальные значения у суглинков второй террасы ($\varphi = 22$); в песках минимальные значения у грунтов второй террасы ($\varphi = 15$), максимальные значения в песках сузгунской толщи ($\varphi = 19$), у супесей минимальные значения в отложениях сузгунской толщи ($\varphi = 9$), максимальные значения у супесей второй террасы ($\varphi = 15$) и минимальные значения в

в грунтах сузгунской толщи в суглинках содержащих органику ($\varphi = 14,5$) и максимальные значения в суглинках содержащих органику второй террасы ($\varphi = 15$)

Прочностные показатели для суглинков субаэральных отложений $c=0,003$ и $\varphi=42$, суглинков первая терраса $c=0,004$ и $\varphi=44$, суглинков сузгунская толща $c=0,029$ и $\varphi=16,7$ и песков вторая терраса $c=0,036$ и $\varphi=15$

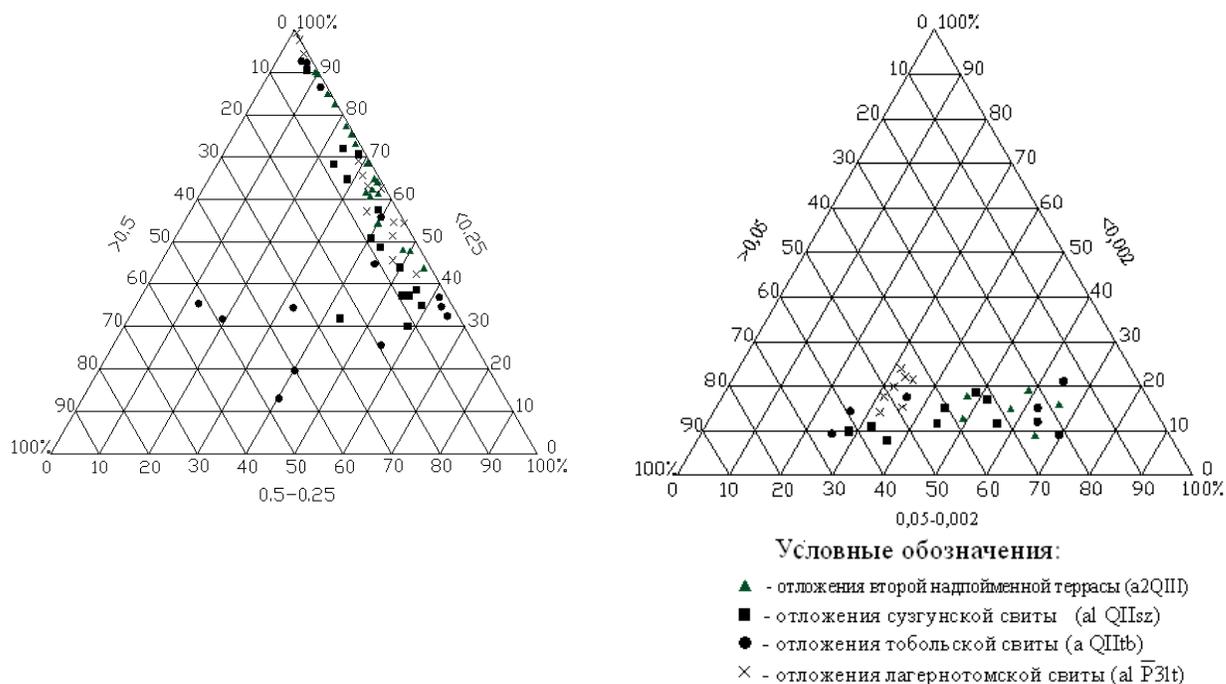


Рис. 5.37. Треугольник гранулометрического анализа для песчаных и глинистых отложений

Таблица 5.24. Характеристики физических свойств грунтов (сводная таблица по данным автора и [28, 4])

Свиты	Наименование грунта	Естественная влажность W, %	Влажность границы		Число пластичности, IP	Число текучести, IL	Степень водо-насыщения, S _d , %	Плотность, г/см ³			Пористость, n	Коэффициент пористости, e
			текучести WL, %	раскатывания W _p , %				частиц грунта, ρ _s	грунта в естественном состоянии, ρ _d	сухого грунта, ρ _d		
Аллювиальные отложения поймы (aIV)	суглинок	20,6- 36	29- 36	16- 24,7	7,8-13,6	0,6- 0,8	-	2,6- 2,65	1,24-1,94	1,12-1,54	-	-
	супесь	29- 32	20- 28,6	19- 25	5,3-6,2	-1,4- 0,1	0,29-0,47	2,52-2,65	1,24-1,99	1,24-1,42	48- 56	0,76-0,85
	глина	20-45	39-59	20-30	17-29	-	-	-	1,73-1,94	1,24-1,42	-	-
Озерно-болотные отложения (bIV)	торф	5,9- 19,5	-	-	-	-	-	1,23-1,89	-	-	-	-
Эоловые отложения (vIII-IV)	песок	1- 36	-	-	-	-	0 - 0,99	-	1,48-2,13	-	-	0,08-1
Субаэральные покровные образования (saIII-IV)	суглинок	1- 34	23- 40	12- 28	7- 17	1,6- 1,7	0- 0,88	2,45-2,83	1,36-2,19	1,09-1,89	-	0,44-1,49
	супесь	8- 32	16- 32	13- 27	1- 6,9	-6- 3,4	0- 0,87	2,45-2,79	1,64-2,14	1,37-2,00	-	0,35-1,04
Верхнеоуплейские тоценовые аллювиальные отложения первой надпойменной террасы (aIII)	суглинок	1- 19,1	18-40	17- 28	7-16	-1- 1	0,28-0,85	2,66-2,92	1,96-2,09	1,37-2,00	-	0,1-1,08
	супесь	18- 20,5	14-42	13- 25	1-6	0,3-2,2	0,34-0,96	2,59-2,81	1,71-2,01	1,44-1,68	-	0,68-0,96
Аллювиальные отложения второй надпойменной террасы (a ² III)	суглинок	1- 32	16-48	13- 39	7-17	0,2- 0,9	0-0,9	2,4-2,92	1,62-2,03	1,37-2,0	28- 67	0,35-0,58
	супесь	13- 32	15-40	14- 33	1- 6,9	0,9- 1,3	0,08-1	2,53-2,81	1,5-2,12	1,32-2,07	33- 39	0,49-1,08
	песок	9- 32	-	-	-	-	0,35-1,08	2,54-2,66	1,53-2,13	1,28-1,78	30- 52	0,43-1,07
Озерно-аллювиальные отложения сузгунской толщи	суглинок	16- 34	24,3-57,9	17,1- 36	7,2-8,5	-1,4- 0,6	-	2,46-2,69	1,84-2,21	1,44-1,92	26- 45	0,35-0,83
Аллювиальные отложения федосовской свиты (IaI-IIfd)	суглинок	2- 12,8	22- 48	5- 28,8	7,2-17	0,2- 0,9	0,12-0,85	2,53-2,82	0,98-2,22	1,07-1,99	5- 66	0,34-0,93
	супесь	9- 16,6	18- 43	10- 30	1-7	2,1- 3,5	0,15-1,04	2,46-2,87	1,44-2,18	1,28-2,08	44- 50	0,31-1,08
	песок	2- 4,5	-	-	-	-	-	2,56-2,71	1,22-1,93	1,21-1,61	39- 53	0,64-1,12
Эоплейстоцен-нижнечетвертичные озерно-аллювиальные отложения смирновской свиты (IaE-IIsmr)	суглинок	24,9 – 25,2	26,8 – 31	17,8- 22,7	7,5 – 10,2	0,8- 0,84	0,76-0,85	2,45 - 2,46	1,66 - 1,74	1,36 – 1,61	35 -45	0,51-0,58

5.2.3. Специфические грунты

На территории нижнего течения р. Томи из специфических грунтов наибольшее распространение получили просадочные, органические и органоминеральные, набухающие и пучинистые.

На территории работ из специфических грунтов наибольшее распространение получили просадочные, органические и органоминеральные, набухающие и пучинистые.

Просадочные грунты. Просадочностью называется способность грунта уплотняться при замачивании водой в условиях компрессии (т. е. без возможности бокового расширения) при сохранении действующей нагрузки, которая возрастает за счет воды проникающей в образец или толщу грунта. По величине коэффициента относительной просадочности (ε_{sl}) судят о склонности грунта к просадочности: согласно [17], если $\varepsilon_{sl} > 0,01$, то такой грунт считается просадочным, и наоборот.

Просадочностью обладают недоуплотненные (имеющие высокую пористость), маловлажные дисперсные грунты с неводостойкими структурными связями (переходные контакты между частицами): почвы, выветрелые глины, засоленные пески, вулканические пеплы, искусственные грунты [62]. Для просадочных лессовых грунтов обычно характерны: высокая пылеватость (содержание частиц размером 0,05–0,005 мм более 50 % при количестве частиц размером менее 0,005 мм, как правило, не более 10–15 %); низкие значения числа пластичности (менее 12); низкая плотность скелета грунта (преимущественно менее 1,5 г/см³); повышенная пористость (более 45 %); невысокая природная влажность (как правило, менее границы раскатывания); засоленность; светлая окраска (от палевого до охристого цвета); способность в маловлажном состоянии держать вертикальные откосы; цикличность строения толщ. Главная отличительная особенность лессов – наличие макропор размером 1–3 мм, различимых невооруженным глазом. Макропоры имеют форму извилистых вертикальных канальцев [65]. Этим условиям в наибольшей мере отвечают лёссовые и лёссовидные грунты, которые, как правило, всегда обладающие той или иной просадочностью широко распространенные на территории нижнего течения р. Томи.

Просадочность грунтов может проявляться при замачивании грунта и отсутствии внешнего давления, однако чаще всего она определяется при замачивании грунтов под нагрузкой. При изысканиях грунтовые условия площадок, сложенных просадочными грунтами, в зависимости от возможности проявления просадки грунтов от собственного веса подразделяют на два типа:

- I тип – грунтовые условия, в которых возможна в основном просадка грунтов от внешней нагрузки, а просадка грунтов от собственного веса отсутствует или не превышает 5 см.

- II тип – грунтовые условия, в которых помимо просадки грунтов от внешней нагрузки возможна их просадка от собственного веса и размер ее превышает 5 см.

Просадочные субаэральные покровные образования на исследуемой территории представлены суглинками с прослоями супесей и песков. *Субаэральные просадочные покровные образования* распространены на всех водоразделах и террасовых комплексах надпойменных террас за исключением площадей, занимаемых эоловыми отложениями. Они представлены лёссовидными суглинками с прослоями супесей и песков, залегают на отложениях федосовской и кочковской свит, и на надпойменных террасах р.Томи. Генезис их сложный, с преобладанием элювиальных, делювиально-пролювиальных, пролювиально-аллювиальных, делювиальных и эоловых фаций. Суглинки темно-коричневые неслоистые, макропористые, карбонатные, с большим количеством гидроокислов железа по трещинам и в виде маленьких пятен, с известковистыми стяжениями, журавчиками, прожилками и налетами по стенкам пор. По гранулометрическому составу и числу пластичности, согласно [16], преобладающим распространением пользуются суглинки легкие и тяжелые пылеватые, реже легкие песчаные. По числу пластичности они имеют большой разброс значений (в пределах разновидности) и по площади и по глубине.

Верхняя часть покровных суглинков до глубины 2–2,5 м обладает свойствами, позволяющими отнести эти грунты к лёссовидным (содержание фракции 0,05–0,005 свыше 50 %, макропористость, наличие в разрезе карбонатных включений и внешний облик). Для них характерно уменьшение карбонатности с глубины 4–4,5 м [62].

Покровные субаэральные отложения *широко распространены и* на территории г.Томска. Они также подразделяются на два горизонта, *отделенные друг от друга гумусированными горизонтами или неясно выраженными погребенными почвами*. Мощность пород верхнего лёссового горизонта – до 10 м, нижнего горизонта – 6 м. Общая мощность достигает 16 м. В зоне влияния фундаментов находятся главным образом, породы верхнего-нижнего лёссовых горизонтов [28].

Верхний лёссовый горизонт широко распространен на водораздельных участках и верхних частях склонов. В пониженных местах и тальвегах логов он выклинивается, уступая место нижнему лёссовому горизонту или более древним отложениям. Литологически отложения верхнего лёссового горизонта представлены незакономерным переслаиванием суглинков тяжелых, реже средних, и глин бурых, желтовато-бурых, пылеватых с хорошо выраженной пористостью.

Нижний лессовый горизонт – буровато-серые, преимущественно карбонатные суглинки с прослоями и линзами супеси и песка. Суглинки плотные, пылеватые, послойно ожелезненные, со слабо выраженной горизонтальной или ленточной слоистостью, слабомакропористые. По состоянию суглинки имеют пестрый состав от твердого до текучего с преобладанием тугопластичных разновидностей.

Показатели влажности, плотности влажного и сухого грунта, коэффициента пористости и степени влажности имеют большой разброс значений. Для всех разновидностей грунтов характерно повышение природной влажности с глубиной и коэффициента водонасыщенности в интервале 2–6 м, остальные показатели изменяются незакономерно. Повышение значений природной влажности в интервале 2–6 м связано с условиями залегания верховодки в этих интервалах. Показатели физико-механических свойств *субаэральных покровных образований* имеют большой разброс значений так как они занимают большие площади.

Верхнеплейстоценовые аллювиальные отложения второй надпойменной террасы (a^3_{II}) в южной части г. Томска частично покрыты суглинками бурыми и серовато-бурыми, средними, мелкими и тяжелыми, макропористыми. Мощность покрова колеблется от 0,0 до 4–6 м, верхняя часть на 2–3 м – выщелочена. Покровные суглинки в обнажениях имеют признаки лессовых пород с типичной макропористостью и столбчатой отдельностью [28]. Супеси, как правило, не лессовидные. В гранулометрическом составе суглинков и супесей преобладает песчаная фракция, или пылеватая и песчаная находятся в равных количествах.

Верхнеплейстоценовые аллювиальные отложения третьей надпойменной террасы (a^3_{III}) также покрыты глинистыми грунтами которые в зависимости от коэффициента пористости разделяются на две разновидности: лессовые суглинки с $e < 0,7$ характеризуются коэффициентом уплотнения при нормальном давлении $p = 1 \text{ кг/см}^2$ от 0,01 до 0,035–0,055 кг/см^2 , лессовые суглинки при $e > 0,7$ и том же вертикальном давлении: изменяется от 0,35 до 0,07–0,08 кг/см^2 [28].

Обе разновидности пород, различимые по сжимаемости, встречаются повсюду, но территориально не обособливаются.

Формирование неоднородных по плотности, а следовательно, и сжимаемости пород, обусловлено их генезисом. Аллювиальные и пойменные отложения с частыми тонкими прослойками супесей и пылеватых песков, имеют пестрый гранулометрический состав, не редко с различной сортировкой материала.

Компрессионные модули при нагрузке 1–3 кг/см^2 находятся в зависимости от коэффициента пористости при его возрастании от 0,5–0,6 до 0,8–0,9 они убывают в 2–3

раза, т. е. на 200–300 %. По сопротивлению лессовых грунтов террасы сдвигу, они оказались сравнительно однородными. При широком диапазоне изменения коэффициента пористости (0.5-0.9), угол внутреннего трения меняется от 21 до 19, сцепление от 0,13 до 0,29 кг/см².

Весьма четко выражена зависимость между просадочностью с одной стороны и коэффициентом пористости и степенью влажности – с другой. При коэффициенте пористости более 0.7 и степени влажности 0.55-0.7 лессовые породы террасы проявляют склонность к уплотнению при замачивании под нагрузками более 1кг/см². Величина относительной деформации при этом колеблется от 0.01-0.08 изменчивость степени влажности по всей террасе варьирует в широких пределах. Эти участки чаще всего приурочены к повышению микрорельефа.

Суглинки нижнего горизонта отложений террасы, в отличие от верхних, являются более однородными и более плотными. Их коэффициенты относительной сжимаемости (a) варьируют в пределах 0.01-0.05 кг/см², при нагрузках $p=2-3$ кг/см². Более высокая, в сравнении с верхним горизонтом, плотность обуславливает полное отсутствие в них деформаций доуплотнения при замачивании. Аналогично верхнему горизонту, суглинки нижнего горизонта террасы не имеют четких зависимостей между показателями сопротивления сдвигу и коэффициентом пористости (e) и нижним пределом пластичности (w_p). Нижний горизонт третьей террасы является однородным как по сжимаемости, так и по сопротивлению сдвигу, что дает основание для вычисления обобщенных показателей для всего горизонта в целом.

Таким образом, лессовые породы третьей террасы р.Томи относятся к первому типу грунтовых условий, поскольку не обладают способностью деформироваться при замачивании под воздействием бытовых нагрузок. Коэффициент относительной просадочности возрастает с повышением давления. Слабо влажные разности этих пород, имеющие коэффициенты пористости более 0.7 ($S_r > 0.7$), при мощности 5-6м могут в результате их доуплотнения под воздействием дополнительных нагрузок от сооружений и замачивания, давать существенные и неравномерные деформации, что необходимо учитывать при проектировании зданий и других сооружений как на естественном, так и на свайном основаниях.

Нижне-среднечетвертичные озерно-аллювиальные отложения федосовской свиты (laI-IIfd) также покрыты грунтами которые дают просадку под дополнительной нагрузкой. Суглинки по показателю текучести твердые, коэффициент пористости составляет 0,70–1,34 д. ед., среднее значение – 1,09 д. ед. плотность скелета грунта – 1,26–1,63 г/см³, среднее значение – 1,37 г/см³; коэффициент водонасыщения – 0,21–0,60 %,

среднее значение – 0,31 %. При дополнительной нагрузке глинистые грунты в полученных интервалах значений влажности и коэффициентах пористости могут давать просадку: при 0,1 МПа, относительная просадочность ε_{sl} составит от 0,004 до 0,033 д. ед, при 0,2 МПа – от 0,008 до 0,066 д. ед, при 0,3 МПа – от 0,010 до 0,085 д. ед.

Эоплейстоцен-нижнечетвертичные озерно-аллювиальные отложения смирновской свиты (laE-IIsmr) перекрыты суглинками текучепластичными. При дополнительной нагрузке глинистые грунты при полученных значениях влажности и коэффициенте пористости 0,8–0,9 д. ед. могут давать просадку: при 0,1 МПа относительная просадочность ε_{sl} составит от 0,004–0,008 д. ед, при 0,2 МПа – от 0,008 до 0,017 д. ед, при 0,3 МПа – от 0,011 до 0,022 д. ед.

Таким образом, к первому типу грунтовых условий по просадочности можно отнести также территории на которых развиты покровные отложения нижне-среднечетвертичные озерно-аллювиальные отложения федосовской смирновской свиты и кочковской свит, покровные грунты второй и третьей террасы и субаэральные отложения. Их верхний лессовый горизонт широко распространен на водораздельных участках и верхних частях склонов и отличается большей просадочностью при нагрузках, чем нижний, практически не просадочный. К просадке склонны глинистые грунты и пески пылеватые, пески более крупных фракций зачастую находятся в рыхлом состоянии, являясь также неблагоприятным основанием для сооружений.

Органоминеральные грунты. В грунтах органическое вещество в твердом состоянии представляет собой остатки растительного (или животного) происхождения, которые со временем претерпевают различные стадии разложения, физико-химического преобразования и минерализации. Грунты, содержащие органическое вещество, называются органическими и органоминеральными. К органоминеральным грунтам следует относить илы, сапропели, заторфованные грунты, к органическим грунтам – торфа [17]. Органические и органоминеральные грунты обладают специфическими свойствами резко отличающимися их от других грунтов, такими как: высокая пористость и влажность; малая прочность и большая сжимаемость с длительной консолидацией при уплотнении; высокая гидрофильность и низкая водоотдача; существенное изменение деформационных, прочностных и фильтрационных свойств при нарушении их естественного сложения, а также под воздействием динамических и статических нагрузок; анизотропия прочностных, деформационных и фильтрационных характеристик; склонность к разжижению и тиксотропному разупрочнению при динамических воздействиях; наличие ярко выраженных реологических свойств; проявление усадки с образованием усадочных трещин в процессе осушения; разложение растительных

остатков в зоне аэрации; наличие природного газа (метана); повышенная агрессивность к бетонам и коррозионная активность к металлическим конструкциям [62].

Торфа относятся к специфическим грунтам, благодаря высокой сжимаемости, влагоемкости, низкой несущей способности. Как известно, большое влияние на физические свойства торфов, особенно малой и средней степени разложения оказывает их ботанический состав. Видовой состав определяет свойства торфов: структуру торфа, пористость, влагоемкость, скорость и однородность разложения, влияет на скорость и равномерность осадки, фильтрационные и прочностные свойства, агрессивность болотных вод. Состав в свою очередь зависит от растений-торфообразователей. В зависимости от типа питания образуются олиготрофные или евтрофные группировки растительности и накапливаются верховые или низинные торфа.

Торфа верхового типа образуются в условиях бедного минерального питания, чаще атмосферного с общей минерализацией вод до 20–30 мг/л, или за счет поверхностных вод с минерализацией до 40–60 мг/л. По степени увлажнения залежи разнообразны – от сильнообводненных сфагновых топей до дренированных болот с мощной сосной и большим числом кустарничков. На высоких террасах Оби и Томи преобладают топяные подтипы, из видов – фускум, комплексный, магелланикум, ангустифолиум, сфагновый мочажинный, пушицево-сфагновый, шейхцерицево-сфагновый, часто встречается шейхцерицевый и пушицевый торф. Торфяные залежи низинного типа образуются в условиях богатого минерального питания, чаще поверхностными или подземными водами с минерализацией около 80–100 мг/л и более, в разнообразных условиях обводненности, начиная от болотных топей, кончая периодически увлажняемыми заболоченными лесами. Преобладают топяные подтипы, осоковый, гипновый и осоково-гипновый виды торфа. Для торфа переходного типа характерно несколько обедненное минеральное питание водами с минерализацией 60–80 мг/л. В торфе отмечаются остатки и низинных, и верховых растений, тем не менее, есть типичные представители переходного типа. Мощность залежи обычно небольшая, но встречаются массивы до 9м глубиной (Таган).

Болотные отложения (vIV) представлены на территории работ, торфяными грунтами всех типов, малозольными, степень разложения различная, в основном торфа среднеразложившиеся, сфагновые торфа чаще слаборазложившиеся. Результаты определения характеристик физических свойств показали, что значения влажности торфяных грунтов изменяются от 5,9 до 33 д. ед., среднее значение – 19,5 д. ед., если исключить максимальные значения, полученные для сфагновых залежей верховых болот, получится, что значения влажности изменяются от 5,9 до 19,5 д. ед., среднее значение –

8,8 д. ед. Эти данные наиболее характерны для торфяных грунтов на участках переходных и низинных типов залежи.

Таким образом, все образцы торфа относятся к очень влажным и избыточно влажным, следовательно, по прочности они относятся ко 2 и 3 строительным типам [Пособие по строительству на слабых грунтах], т.е. при нагрузках от сооружений происходит частичное или полное выдавливание торфяных отложений под насыпью или фундаментом в зависимости от скорости нагружения. Нормативные значения коэффициента фильтрации торфа в естественном залегании предварительно определяются по степени разложения торфа по таблице [62]. У древесного торфа со степенью разложения 40% коэффициент фильтрации – 0,002 м/сут, у торфяного очеса и у сфагнового торфа со степенью разложения до 20% от 0,2 до 5,0 м/сут, у всех остальных видов со степенью разложения от 20 до 30%, что наиболее типично для торфов района правобережья, – от 1.8 до 8 м/сут. Механические свойства торфяных грунтов предварительно можно оценить по классификации для дорожного строительства [9]. Торф очень влажный будет иметь модули деформации при нагрузках 49 и 98, КПа в интервалах, соответственно, 108–88 и 186–167 КПа, модуль осадки 400–470 и 500–550 мм/м. Торф избыточно влажный будет иметь модули деформации при нагрузках 49 и 98, КПа в интервалах, соответственно, 85–90 и 150–170 КПа, модули осадки 470–490 и 550–570 мм/м и выше.

Определив недренированную прочность c_u торфов для исходной влажности (c_u равна 8–12 и менее 8 КПа [11] можно определить проходимость техники по классификации [3]. Условия проходимости торфяных залежей на площадках относятся тяжелым и особым: в первом случае возможен проезд специальной болотной техники с удельным давлением менее 15 КПа; в особых условиях возможен проезд плавучей гусеничной техники или машин с арочными многокатковыми шинами, проезд обеспечен в зимнее время. Результаты полевого зондирования при помощи крыльчатки показали, что прочностные характеристики торфа низинных залежей изменяются от 7,1 до 44 КПа, максимальные значения получены в древесных торфах. В верховых торфах значения c_u варьируют от 4,0 до 18,5 КПа. Таким образом, прогноз c_u по влажности дал несколько заниженные результаты.

Таким образом, все торфа относятся к очень влажным и избыточно влажным, следовательно, по прочности они относятся ко 2 и 3 строительным типам т.е. при нагрузках от сооружений происходит частичное или полное выдавливание торфяных отложений под насыпью или фундаментом в зависимости от скорости нагружения. К специфическим особенностям торфяных грунтов данной территории относятся: высокая

пористость и влажность; малая прочность и большая сжимаемость (часто за счет разложения в зоне аэрации малоразложившихся торфяных и древесных торфов); высокая гидрофильность (особенно для сфагновых торфов. Эти особенности позволяют оценивать рассматриваемые грунты, как малопригодные для строительства.

Пучинистые грунты. Под морозным пучением понимается внутриобъемное деформирование промерзающих влажных дисперсных грунтов, приводящее к увеличению их объема вследствие кристаллизации в них воды и разуплотнения минеральной составляющей при образовании ледяных включений в виде прослоек, линз, поликристаллов и т. д. На территории нижнего течения р. Томи широко распространены пучинистые грунты: глины, суглинки, супеси, пески пылеватые и мелкие. При определенной влажности эти грунты, замерзая в зимний период, увеличиваются в объеме, что приводит к подъему слоев грунта в пределах глубины его промерзания. Находящиеся в таких грунтах фундаменты также подвергаются подъему, если действующие на них нагрузки не уравнивают силы пучения. Поскольку деформации пучения грунта, как правило, неравномерны, происходит неравномерный подъем фундаментов, который со временем накапливается. В результате этого надфундаментные конструкции зданий и сооружений претерпевают недопустимые деформации и разрушаются. Деформациям от пучения грунта особенно подвержены легкие сооружения, к числу которых отнесется большинство малоэтажных зданий.

Классификационным показателем глинистых грунтов (табл. 5.21) является относительная деформация морозного пучения ε_f (синонимы: f – относительное пучение, коэффициент пучения, интенсивность пучения, степень пучинистости), которая определяется согласно [18], по результатам испытаний образцов грунта в специальных установках, обеспечивающих промораживание образца исследуемого грунта в заданном температурном и влажностном режимах. Относительную деформацию грунта ε_f вычисляют с точностью 0,01 по формуле:

$$\varepsilon_f = h_f / d_i,$$

где h_f – вертикальная деформация морозного пучения образца грунта, мм; d_i – фактическая толщина промерзшего слоя образца грунта, мм.

Значение ε_f вычисляют как среднее арифметическое результатов параллельных определений. В случае, если разница между параллельными определениями превышает 30 %, число определений следует увеличить.

Для сооружений III уровня ответственности допускается определять значения ε_f в зависимости от параметра R_f . По степени морозоопасности все пучинистые *пылевато-глинистые грунты* подразделяются по параметру R_f на пять групп, приведенных в

табл. 5.25.

Таблица 5.25. Степень пучинистости глинистого грунта [18]

Наименование грунта	Степень пучинистости глинистого грунта				
	Практически непучинистый $\varepsilon_f < 0,01$	лабо-пучинистый $0,01 < \varepsilon_f \leq 0,04$	Средне-пучинистый $0,04 < \varepsilon_f \leq 0,10$	Сильно-пучинистый $0,10 < \varepsilon_f < 0,12$	чрезмерно пучинистый $\varepsilon_f > 0,12$
	Значение параметра R_f				
Супеси с $2 < I_p < 7$	0,0014	0,0014 – 0,0049	0,0049–0,0098	0,0098–0,0169	0,0169
Супеси пылеватые с $2 < I_p \leq 7$	0,0009	0,0009–0,003	0,003–0,006	0,006–0,0103	0,0103
Суглинки с $7 < I_p < 17$	0,001	0,001–0,0035	0,0035–0,0071	0,0071–0,0122	0,0122
Суглинки пылеватые с $7 < I_p \leq 13$	0,0008	0,0008–0,0027	0,0027–0,0054	0,0054–0,0093	0,0093
Суглинки пылеватые с $13 < I_p \leq 17$	0,0007	0,0007–0,0023	0,0023–0,0046	0,0046–0,0079	0,0079
Глины с $I_p > 17$	0,0012	0,0012–0,0043	0,0043–0,0086	0,0086–0,0147	0,0147

Принадлежность глинистого грунта к одной из групп оценивается параметром R_f , определяемым по формуле [18]:

$$R_f = 0,012 \cdot (w - 0,1) + \frac{w(w - w_{cr})^2}{w_L \cdot w_p \sqrt{M_0}}, \quad (5.1)$$

где w , w_p , w_L – влажности в пределах слоя промерзающего грунта, соответствующие природной влажности, и влажности на границах раскатывания и текучести, доли единицы; w_{cr} – расчетная критическая влажность, ниже значения которой, прекращается перераспределение влаги в промерзающем грунте, д. ед., определяется по графику рис. 5.38, M_0 – безразмерный коэффициент, равный при открытой поверхности промерзающего грунта абсолютному значению среднезимней температуры воздуха; принимается по [66]. Строительная климатология и геофизика. Значение R_f рассчитывается по формуле 5.1, если плотность сухого грунта равна $1,5 \text{ т/м}^3$; при иной плотности грунта расчетное значение R_f умножается на отношение $\rho_d/1,5$, где ρ_d – плотность сухого грунта, т/м^3 .

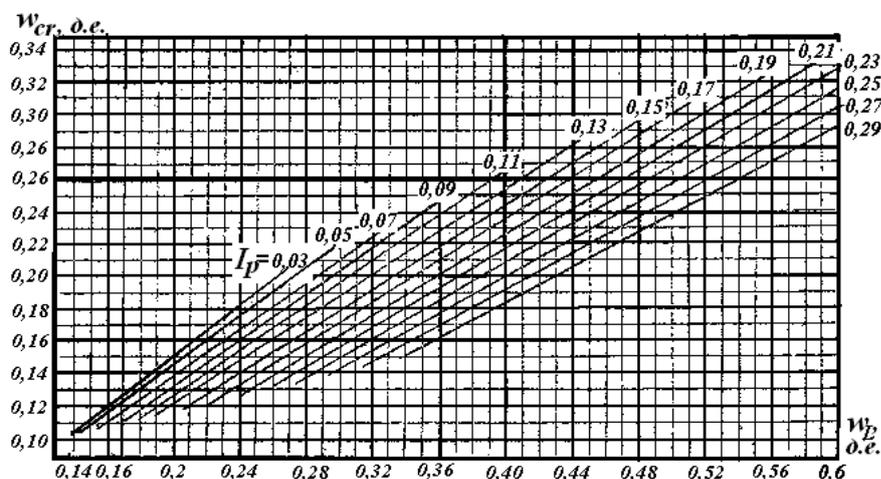


Рис. 5.38. Значение критической влажности w_{cr} в зависимости от числа пластичности I_p и границы текучести w_L

Если в несвязных грунтах (пески, крупнообломочные породы с песчаным заполнителем) механизм морозного пучения может быть представлен моделью увеличения объема гетерогенной системы за счет расширения при фазовом переходе воды, то в связных грунтах наличие связанной воды обуславливает процесс миграции жидкой фазы, выражающийся в перераспределении влаги начального содержания и накоплении ее в промерзающем грунте вследствие поступления из смежных немерзлых зон. Поэтому *пылеватоглинистые грунты* (суглинки, супеси, глины) со степенью влажности $S_r > 0,9$, или в которых уровень подземных вод, расположен у границы сезонного промерзания грунта считаются сильнопучинистыми. Крупнообломочные грунты с песчаным заполнителем, а также пески гравелистые, крупные и средние, не содержащие пылеватоглинистых фракций, относятся к непучинистым грунтам при любом положении уровня подземных вод; при водонасыщении в условиях замкнутого объема эти грунты относятся к группе слабопучинистых.

Верхняя часть покровных суглинков может обладать пучинистыми свойствами в различной степени, так как в ряде скважин по показателю состояния грунты отнесены к мягкопластичным, текучепластичным и текучим.

Аллювиальные отложения пойм (aIV) представлены в основном глинистыми грунтами. Супеси по показателю текучести твердые, грунты относятся по показателю R_f к слабопучинистым и практически непучинистым. Суглинки по показателю текучести твердые, туго-, мягкопластичные и текучие; по показателю R_f относятся к слабо- и среднепучинистым до глубины 2,5 м, и сильнопучинистым на глубинах более 2,5–3 м (что менее опасно, так как глубина промерзания в районе работ приблизительно составляет 2,30–2,40 м).

Верхнечетвертичные аллювиальные отложения второй надпойменной террасы (a²III) сложены песчаными и глинистыми грунтами. *Песчаные грунты* представляют собой пески мелкие, средние и крупные. Степень неоднородности гранулометрического состава варьирует от 2 до 3,2, следовательно, в основном грунты однородные. *Супеси* по показателю текучести твердые и пластичные, *суглинки* туго- и мягкопластичные. По показателю R_f грунты являются слабопучинистыми до глубины 1,0 м, на глубинах более 1,0 м грунты относятся к среднепучинистым, и даже к сильнопучинистым.

Нижне-среднечетвертичные озерно-аллювиальные отложения федосовской свиты (laI–IIfd) представлены песчаными и глинистыми отложениями. По показателю R_f суглинки относятся к слабо- и среднепучинистым.

Эоплейстоцен-нижнечетвертичные озерно-аллювиальные отложения смирновской свиты (laE-IIsmr) представлены суглинками текучепластичными. По показателю R_f грунты относятся к слабопучинистым.

По материалам проведенных ранее работ склонными к пучению также являются практически все тонкодисперсные увлажненные грунты.

Набухающие грунты. Набуханием грунтов называется их способность увеличивать свой объем и развивать давление набухания в процессе гидратации или взаимодействия с химическими растворами. Свойство набухания-усадки в основном характерно для грунтов с коагуляционными и переходными типами контактов. К набухающим грунтам [28], следует относить глинистые грунты, которые при замачивании водой или другой жидкостью увеличиваются в объеме и имеют относительную деформацию набухания без нагрузки $\varepsilon_{sw} > 0,04$. Набухаемость наиболее ярко проявляется у представителей группы смектитов и в гидрослюдах, а также у некоторых видов шлаков (например, шлаков электроплавильных производств) и у обычных пылевато-глинистых грунтов (ненабухающих при водонасыщении), если они замачиваются химическими стоками или технологическими растворами различных производств (особенно, растворами солей, кислот, щелочей). У всех набухающих грунтов после замачивания наблюдаются уменьшение плотности, переход из твердой и полутвердой консистенции в пластичную, снижение в несколько раз прочностных характеристик. При нарушении природного сложения набухающего грунта (например, при использовании его в качестве грунта обратной засыпки) величина свободного набухания может увеличиваться до 1,5–2,0 раз [62].

Структурно-текстурные особенности глин также сильно влияют на набухаемость, прежде всего через дисперсность и характер структурных связей. Наибольшая набухаемость характерна для высокодисперсных глин, тогда как супесям и легким суглинкам набухаемость вообще не присуща. Набухаемость растет с увеличением содержания в грунте частиц глинистой и коллоидной фракции. В табл. 5.26 приводится классификация грунтов по набуханию в зависимости от показателей консистенции и содержанию коллоидных частиц.

Таблица 5.26 Классификация грунтов по набуханию в зависимости от показателей консистенции [29]

Степень набухания	Возможное объемное набухание, %	Содержание коллоидных частиц (< 1 микрометра), %	Число пластичности PI , д. ед.	Влажность на пределе усадки w_{sh} , д. ед.
Очень высокая	> 30	> 28	> 35	< 11
Высокая	20–30	20–31	25–41	7–12
Средняя	10–20	13–23	15–28	10–16
Низкая	< 15	< 15	< 18	> 15

Прочные структурные связи между частицами препятствуют набуханию глинистых грунтов. Поэтому среди глин природного сложения наиболее сильно набухают грунты с коагуляционными и переходными контактами, а менее сильно – с фазовыми. Литифицированные глины с фазовыми контактами – аргиллиты, глинистые мергели и другие вообще теряют способность набухать в естественном сложении. Интересно отметить, что в среднем глинистые грунты набухают до влажности (w_{sw}), меньшей, чем влажность их предела текучести (w_L).

Характеристики набухания определяют по результатам испытаний образцов грунта в приборах свободного набухания (ПНГ) при насыщении грунта водой или химическим раствором.

Кроме исследований на приборах ПНГ (исследованные грунты с высокими значениями влажности и поэтому не относятся к набухающим), все образцы глинистых грунтов (115 образцов) были обследованы на склонность к свободному набуханию согласно методике [28], в соответствии с которой, сухой грунт в количестве 30 мг просеивается через сито 0,425 мм и затем засыпается в мерную колбу объемом 100 мл. Грунт заливается дистиллированной водой и тщательно перемешивается, чтобы не осталось пузырьков воздуха и после этого добавляется вода до 100 мл объема. Грунт выдерживается в течение суток при комнатной температуре, после чего определяется его объем после набухания. За конечный результат принимается среднее значение относительного изменения объема набухания грунта (ε_{sw}) выраженное в процентах, полученное в результате трех опытов.

По полученным результатам грунты согласно классификации подразделяются на 3 группы:

- $\varepsilon_{sw} < 50\%$ – грунты не склонны к набуханию и строительство сооружений на таких грунтах не вызовет проблем,
- $50\% < \varepsilon_{sw} < 100\%$ – грунты относятся к набухающим и при строительстве возможны проблемы,

- $\epsilon_{sw} > 100\%$ – грунты являются чрезвычайно набухающими и сооружения на таких грунтах подвержены риску серьезных деформаций.

Данная методика позволяет оценить способность грунта к набуханию начиная от его сухого состояния, а не от состояния природной влажности при отборе образца которая в приповерхностных слоях изменяется с изменением уровней грунтовых вод и инфильтрацией осадков. Данная методика позволяет оценить всю амплитуду набухания грунта и оценить его склонность к усадке. В России есть аналогичные способы определения набухаемости грунтов, но они не являются обязательными [80].

Результаты исследований показали, что средние величины свободного набухания определенные по методике для отложений поймы изменяются от 33,33 до 40,0 %, для глинистых отложений второй надпойменной террасы составляют 32,26–73,33 %, для отложений федосовской свиты значение величины свободного набухания составляет 26,67–73,33 %, отложения смирновской свиты составляет 33,33–70 % и для озерно-аллювиальных отложений сузгунской толщи 33,33–**80** % (табл. 5.27).

Таблица 5.27. Классификация исследованных грунтов по набуханию

Свита	Наименование грунта	Значения $\epsilon_{sw}\%$	Характеристика согласно классификации [Ег, кодекс]
Аллювиальные отложения поймы (aIV)	суглинок	35.34(16)	$\epsilon_{sw} < 50\%$ не вызовет проблем
		33.33-40	
	супесь	36.88(11)	$\epsilon_{sw} < 50\%$ не вызовет проблем
		20-56.25	
Аллювиальные отложения второй надпойменной террасы (a ² III)	суглинок	45.44(16)	$\epsilon_{sw} < 50\%$ не вызовет проблем
		26.67- 66.67	
	супесь	41.18(13)	$\epsilon_{sw} < 50\%$ не вызовет проблем
		32.26- 73.33	
Аллювиальные отложения федосовской свиты (IaI–II _{fd})	суглинок	45.31(10)	$\epsilon_{sw} < 50\%$ не вызовет проблем
		26.67- 73.33	
	супесь	28.89(6)	$\epsilon_{sw} < 50\%$ не вызовет проблем
		26.67-40	
Эоплейстоцен-нижнечетвертичные озерно-аллювиальные отложения смирновской свиты (IaE-II _{smr})	суглинок	50.62(5)	50 % < ϵ_{sw} < 100 % При строительстве возможны проблемы
		33.33- 70	
Озерно-аллювиальные отложения сузгунской толщи	суглинок	60.48(23)	50 % < ϵ_{sw} < 100 % При строительстве возможны проблемы
		33.33- 80	
Аллювиальные отложения тобольской свиты (a QII _{tb}).	суглинок	113.33(6)	$\epsilon_{sw} > 100\%$ чрезвычайно набухающими
		80- 133.33	

Таким образом, максимальные значения показателей свободного набухания определены для глинистых отложений второй надпойменной террасы, тобольской смирновской, федосовской свит и сузгунской толщи (70,0; 73,33 и 80 %), что позволяет отнести их к средненабухающим. Здесь нужно отметить, что грунты смирновской толщи согласно [28], были оценены как ненабухающие именно из-за их высокой естественной влажности, следовательно, при дегидратации грунта возможны также процессы усадки. К сильнонабухающим относятся грунты тобольской свиты (табл. 5.29).

Автором был проведен корреляционный анализ и выявлены взаимосвязи между показателями влажности и коэффициентом относительного набухания (табл. 5.28), на основе чего были получены зависимости (рис. 5.39–5.40). Необходимо обратить внимание на разброс значений всех характеристик. Обнаружена интересная особенность: для показателя свободного набухания отчетливо прослеживается граница между суглинками и супесями, у которых $\varepsilon_{sw} \leq 40\%$, следовательно, они не вызовут проблем при строительстве сооружений.

Таблица 5.28. Взаимосвязи между показателями влажности и коэффициентом относительного набухания

	ε_{sw}	Ip	Wl	Wp
ε_{sw}	1,00			
Ip	0,35	1,00		
Wl	0,24	0,83	1,00	
Wp	0,33	0,77	0,28	1,00

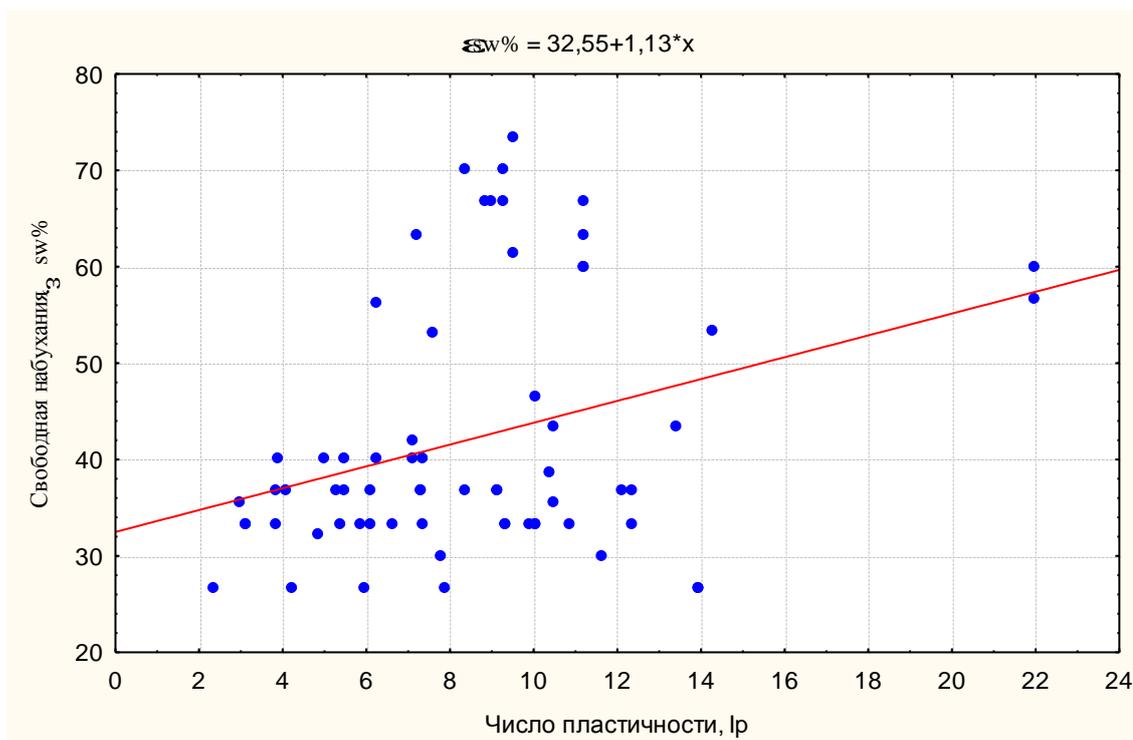


Рис.5.39. Зависимость между коэффициентом относительного набухания и числом пластичности

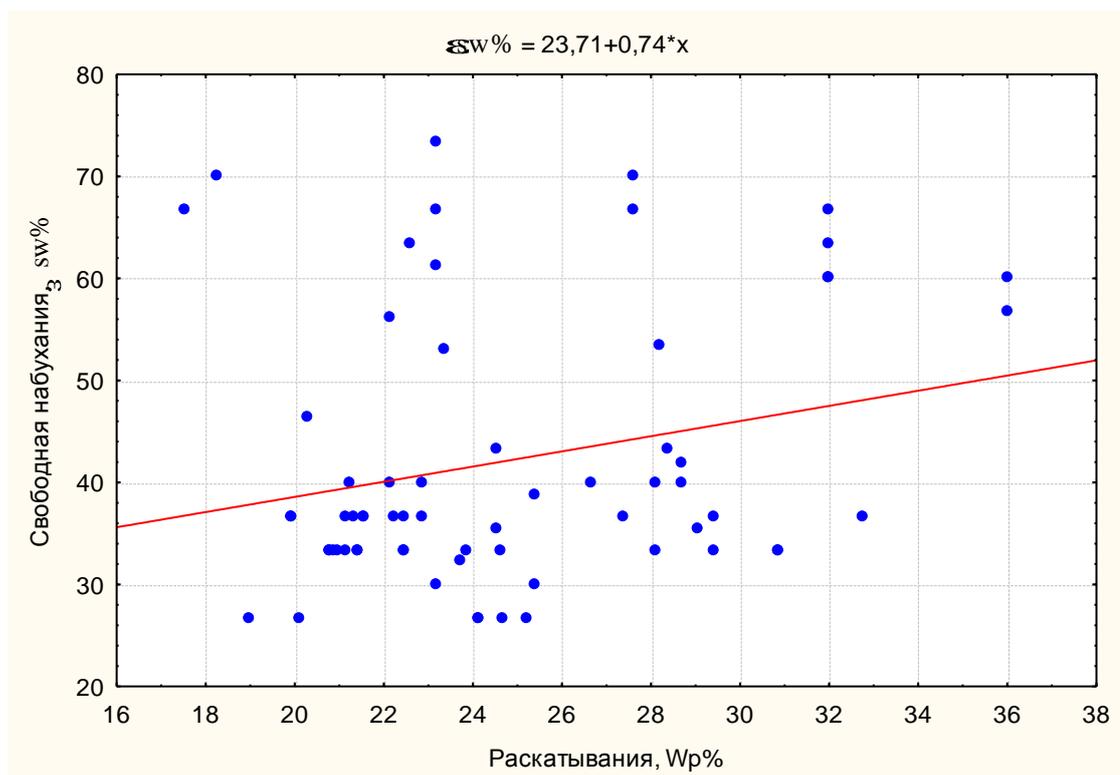


Рис. 5.40. Зависимость между коэффициентом относительного набухания и влажностью на границе раскатывания

Одним из важнейших внутренних факторов набухания является минеральный состав глин. Влияние его на процесс набухания связано главным образом с величиной их удельной поверхности, а также количеством и видом обменных ионов, т. е. с величинами их поверхностной и ионной активности. Чем выше удельная поверхность глин и глинистых минералов, больше их емкость обмена и «степень диссоциации» обменных ионов и тем выше набухаемость таких грунтов. Следовательно, по способности глинистых минералов к набуханию их можно расположить в ряд: монтмориллонитовые > гидрослюдистые > каолинитовые.

При инженерно-геологических изысканиях минералогический состав грунтов не входит в число обязательных определений показателей грунтов и определяется довольно редко из-за его высокой стоимости и малодоступности оборудования. В то же время, именно содержание минералов групп смектитов и гидрослюд определяют их склонность к набуханию при обводнении и усадке при дегидратации, а также к возникновению давления набухания, которые влияют на деформации грунтов в основаниях сооружений и на значения осадок. Поэтому, целью данной работы является изучение минералогического состава грунтов нижнего течения р. Томи, обуславливающих их специфические свойства и прогноз возможности развития инженерно-геологических процессов, таких как набухание или усадка.

Автором был изучен минеральный состав грунтов и получена новая информация о строении глинистых грунтов на микро-уровне. Исследования проводились с применением рентгеноструктурного анализа и электронной микроскопии. Рентгеновская дифракция является физическим методом исследования глинистых минералов и часто используется совместно с другими физическими методами, такими как электронная микроскопия для кристаллографического и фазового анализа. В основе методов рентгеновской идентификации минералов лежит тот факт, что каждое кристаллическое вещество имеет характерную атомную структуру, обуславливающую появление определенной дифракционной картины.

Сопоставляя дифракционную картину неизвестного минерала с дифракционной картиной эталона, можно определить этот минерал. Дифракционный метод не требует разрушения вещества и большого количества материала. Его можно использовать для качественного и количественного анализа смесей глинистых минералов. В дифрактометре используют плоские образцы. Ориентированные препараты можно приготовить различными способами: осаждением на стеклянную пластинку из суспензии, центрифугированием диспергированной глины, одноосным сжатием глинистой пасты между двумя пластинками под прессом и т. д. Стеклопластинки с ориентированным слоем глины устанавливаются непосредственно в дифрактометр, или ориентированный слой, отделенный в виде тонких полосок лезвием безопасной бритвы, помещается в рентгеновскую камеру.

После получения рентгенограммы производят расчет углов отражений θ , а затем по специальным таблицам определяют межплоскостные расстояния d , необходимые для идентификации минералов. Техника вычисления по рентгенограмме угла θ сравнительно проста, благодаря прямолинейной зависимости между θ и расстоянием между рефлексами ($k = 90/2\pi r$ – постоянная величина для камеры данного радиуса). При этом необходимо учитывать различные погрешности, связанные с техникой эксперимента (за счет ширины линии, поглощения образцом рентгеновских лучей, изменения размера пленки в результате обработки и т. д.) [80].

Рентгеноструктурным анализом изучено 5 образцов грунта разных стратиграфогенетических комплексов отложений четвертичного возраста: из аллювиальных пойменных отложений (aIV), аллювиальных отложений второй надпойменной террасы (a²III), а также из отложений федосовской (IaI-II fd) и смирновской (IaE-I smr) свит.

Исследования были проведены с использованием дифрактометра Philips PW2103/00. Для рентгенографии были подготовлены образцы грунта путем медленного осаждения частиц из водной суспензии на подложку. На дифрактометре отдельно анализировались

глинистая и неглинистая фракции. Анализ проводился с использованием медного и никелевого фильтров со скоростями сканирования, составляющими $2\Theta = 1^\circ/\text{min}$ для неглинистой фракции, и $2\Theta = 2^\circ/\text{min}$ – для глинистой фракции, соответственно. На протяжении всего опыта поддерживалось постоянное напряжение равное 50 кВ и ток – 30Ах [81].

В основе метода рентгеновской дифракции лежит тот факт, что каждое кристаллическое вещество имеет характерную атомную структуру, обуславливающую появление определенной дифракционной картины. При сопоставлении полученной в результате рентгенографирования дифракционной картины с дифракционной картиной эталона были идентифицированы присутствующие минералы [19]. Полученные результаты рентгеновского анализа приведены на (рис. 5.41–5.45).

На основании анализа рентгеновских дифракционных картин и сопоставления их с эталонами, по пикам, в (Табл. 5.29) было установлено наличие в образцах кварца из неглинистых минералов, монтмориллонита и каолинита – из глинистых минералов.

Наличие кварца характеризуется появлением выраженного пика в пределах 60,1318 (инт. 4,42 %) до 20,6010 (инт. 4,93 %), который характерен для всех образцов [85].

Монтмориллонит, зафиксированный во всех образцах, характеризуется появлением ярко выраженного пика от 5,8186 (инт. 2,89 %) до 8,8410 (инт.12,45 %) [81]. В дифрактограмме наиболее интенсивные из которых приходится на интервал от 15,17681 до 10,00238°А. Выявленные глинистые минералы (Са, Mg) идентифицированы по карте. У монтмориллонита смежные пакеты соприкасаются друг с другом атомами кислорода, поэтому у него связи между пакетами значительно слабее, чем у каолинита. Характерной особенностью является то, что в его в межслоеное пространство монтмориллонита может поступать значительное количество жидкости, которое раздвигает слои вплоть до полной потери связи между ними. Способность к внутрикристаллическому набуханию и чрезвычайно высокая дисперсность обуславливают высокую физико-химическую активность смектитов, которая закономерно уменьшается по мере увеличения в их структуре доли неразбухающих межслоев. Из-за высокой степени дисперсности и слабой упорядоченности кристаллической решетки на электронных микрофотографиях частицы монтмориллонита обычно видны не в виде индивидуальных кристаллов, а в форме сферических агрегатов или хлопьев.

Смектиты очень редко бывают полностью порообразующими минералами грунтов, что вызывает трудности в их диагностике. Если мономинеральные смектиты образуются в основном из гелей, то смешанослойные образования с преобладанием разбухающих межслоев – продукты интенсивного выветривания существовавших ранее

глинистых минералов, в первую очередь слюдистых. Монтмориллонитовые глины характеризуются большой набухаемостью и сжимаемостью, что важно учитывать при проектировании и строительстве зданий и сооружений [62].

Каолинит также зафиксирован во всех исследованных образцах. Картина *X-ray* дифракции неподготовленного образца характеризуется рефлексами на $1,70671$ до $4,03389^\circ$ А и пиками на $53,659$ (инт. 2,67%) до $22,0168$ (инт. 32,95%), которых, как правило, достаточно для идентификации каолинита [82].

Минералы группы каолинита относятся к двуслойным слоистым силикатам. Эти два слоя образуют единый пакет толщиной $0,72$ нм (или $7,2$ А). Кристаллическая решетка каолинита состоит из двухслойных пакетов, в которых на одну сетку октаэдров приходится одна сетка кремнекислородных тетраэдров. Размеры кристаллов каолинита в поперечнике варьируют от $0,1$ до 10 мкм, поликристаллические сростки из «доменов» и псевдодвойников у каолинита могут достигать $0,1-0,5$ мм. Слоистая структура каолинита придает глинам свойство пластичности.

В каолините водородные связи между гидроксильными группами октаэдрической сетки одного пакета и кислородами тетраэдрической сетки соседнего пакета обеспечивают настолько прочное взаимодействие, что вхождение молекул воды, катионов или каких-либо других компонентов в межпакетные пространства становится невозможной. Расстояние межслойного пространства при увлажнении почти не изменяется, поэтому минералы этой группы характеризуются слабым набуханием и водопроницаемостью.

Каолинит образуется в результате выветривания широко распространенных минералов – полевых шпатов, слюд, хлоритов и других алюмосиликатов и в составе многих рыхлых пород различного генезиса составляет значительную долю тонких фракций в результате многократных циклов переотложения материала древних кор выветривания.

Таблица 5.29. Рентгеновская дифракция анализа

Образец № 1		Образец № 2		Образец № 3		Образец № 4		Образец № 5	
Интенсивность, %	Углы отражений, 2θ								
2,89	5,818	4,22	5,9260	13,60	5,925	7,11	5,982	6,24	5,923
2,89	4,257	4,04	6,1816	8,90	6,051	16,16	20,873	12,05	21,869
17,08	4,033	12,45	8,8410	9,19	20,768	60,55	26,646	2,53	23,421
32,95	3,346	4,93	20,6010	100,00	26,619	100	50,096	100,0	26,567
100,00	2,468	4,71	24,2717	17,16	36,526(2)	3,76	60,029	54,23	27,867
2,89	5,818	100,0	26,5944	22,28	39,461	–	–	10,18	39,410
2,89	4,257	13,95	28,2049	6,38	42,401(8)	–	–	–	–
–	–	2,67	53,6590	4,71	50,072	–	–	–	–
–	–	–	–	11,58	60,131	–	–	–	–
–	–	–	–	4,42	5,925	–	–	–	–

Исследование минералогического состава глинистых минералов выполнялось под сканирующим электронным микроскопом (Philips XL 30 ESEM), посредством получения трехмерного изображения естественных поверхностей с большой резкостью (четкостью). Под микроскопом изучались морфологические характеристики образцов полученные в условиях низкого вакуума и режиме естественной среды (режим ESEM™) не требующем пробоподготовки [19].

На полученных микрофотографиях хорошо диагностируется кварц в сростках вместе с аутигенным каолинитом (рис. 5.46), где кристаллы кварца полностью покрыты глинистым минералом. Контакты кварц-каолинит резкие и параллельные. Минералы группы каолинита относятся к двуслойным слоистым силикатам. Эти два слоя образуют единый пакет толщиной 0,72 нм (или 7,2 Å). Кристаллическая решетка каолинита состоит из двухслойных пакетов, в которых на одну сетку октаэдров приходится одна сетка кремнекислородных тетраэдров. Размеры кристаллов каолинита в поперечнике варьируют от 0,1 до 10 мкм, поликристаллические сростки из «доменов» и псевдодвойников у каолинита могут достигать 0,1–0,5 мм. Слоистая структура каолинита придает глинам свойство пластичности.

В каолините водородные связи между гидроксильными группами октаэдрической сетки одного пакета и кислородами тетраэдрической сетки соседнего пакета обеспечивают настолько прочное взаимодействие, что вхождение молекул воды, катионов или каких-либо других компонентов в межпакетные пространства становится невозможной. Расстояние межслойного пространства при увлажнении почти не изменяется, поэтому минералы этой группы характеризуются слабым набуханием и водопроницаемостью.

Каолинит образуется в результате выветривания широко распространенных минералов – полевых шпатов, слюд, хлоритов и других алюмосиликатов и в составе многих рыхлых пород различного генезиса составляет значительную долю тонких фракций в результате многократных циклов переотложения материала древних кор выветривания.

На рис. 48 хорошо видно, что кристаллы кварца обросли кристаллами монтмориллонита. На (рис. 5.48–5.49) отображается монтмориллонит, покрывающий кристаллы полевого шпата. У монтмориллонита смежные пакеты соприкасаются друг с другом атомами кислорода, поэтому у него связи между пакетами значительно слабее, чем у каолинита. Из-за высокой степени дисперсности и слабой упорядоченности кристаллической решетки на электронных микрофотографиях частицы монтмориллонита обычно видны не в виде индивидуальных кристаллов, а в форме сферических агрегатов или хлопьев. Характерной особенностью является то, что в его в межслойное пространство

монтмориллонита может поступать значительное количество жидкости, которое раздвигает слои вплоть до полной потери связи между ними [42]. Способность к внутрикристаллическому набуханию и чрезвычайно высокая дисперсность обуславливают высокую физико-химическую активность смектитов, которая закономерно уменьшается по мере увеличения в их структуре доли неразбухающих межслоев. Смектиты очень редко бывают полностью породообразующими минералами грунтов, что вызывает трудности в их диагностике. Если мономинеральные смектиты образуются в основном из гелей, то смешанослойные образования с преобладанием разбухающих межслоев – продукты интенсивного выветривания существовавших ранее глинистых минералов, в первую очередь слюдяных. Монтмориллонитовые глины характеризуются большой набухаемостью и сжимаемостью, что важно учитывать при проектировании и строительстве зданий и сооружений [62].

Электронномикроскопическими исследованиями установлено, что во всех изученных образцах монтмориллонит является основным структурообразующим аутигенным минералом, либо занимающим поровое пространство, либо покрывающим зерна кварца и полевого шпата.

Также встречен в образцах композитный вермикулит в каолините. На микрофотографии вермикулит отражен с зубчатыми краями, которые являются результатом укладки рядов более мелких кристаллов (рис. 5.50–5.51). Вермикулит близок к группе гидратированных слюд, и имеет структуру элементарных слоев 2:1, но в отличие от прочих глинистых минералов может находиться как в дисперсном (рассеянном) состоянии в грунтах, так и в виде сплошных слюдяных слоев. Вермикулиты, также как и смектиты, способны к межпакетной сорбции материала, имеют как внешнюю, так и внутреннюю поверхности и характеризуются высокими значениями емкости катионного обмена и удельной поверхности. Диоктаэдрический вермикулит способен к набуханию [83,84].

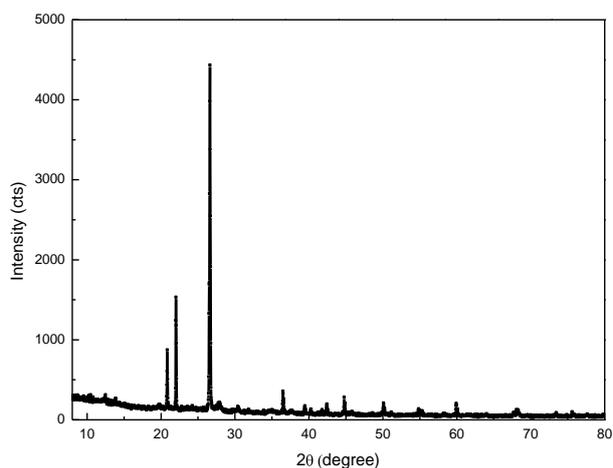


Рис. 5.41. Рентгенограмма глинистой фракции образца №1. Озерно-аллювиальные отложения федосовской свиты (IaI-IIfd) суглинок

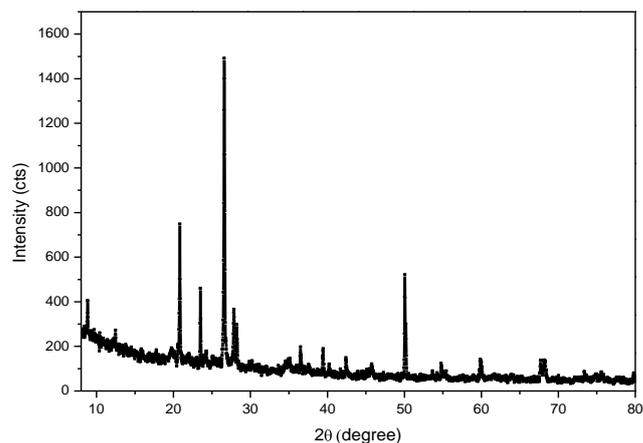


Рис. 5.42. Рентгенограмма глинистой фракции образца № 2. Аллювиальные отложения поймы (aIV) супесь

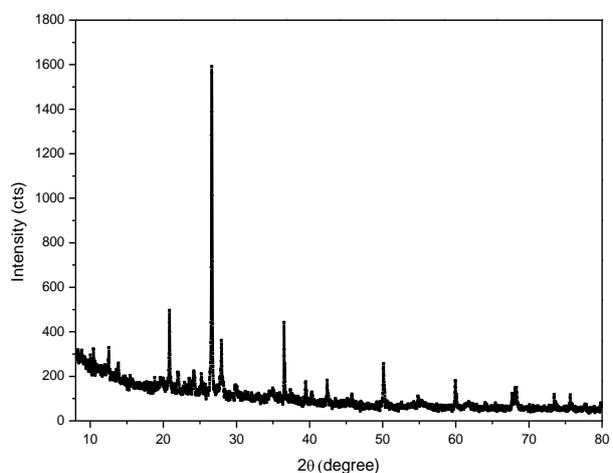


Рис.5.43. Рентгенограмма глинистой фракции образца № 3. Аллювиальные четвертичные отложения второй надпойменной террасы (a²III), суглинок

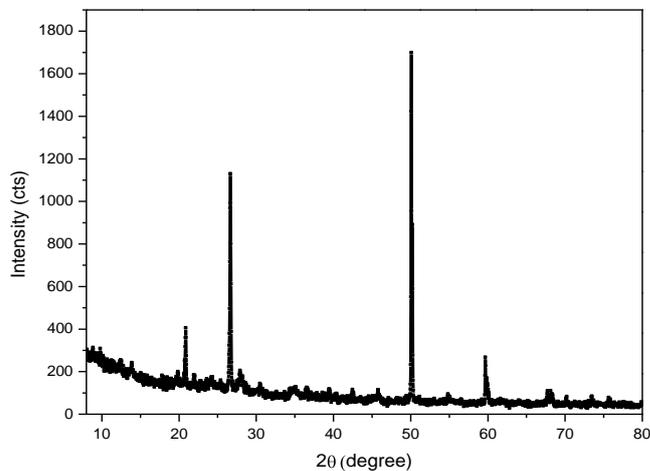


Рис. 5.44. Рентгенограмма глинистой фракции образца № 4. Озерно-аллювиальные отложения смирновской свиты (IaE-IIsmr), суглинок

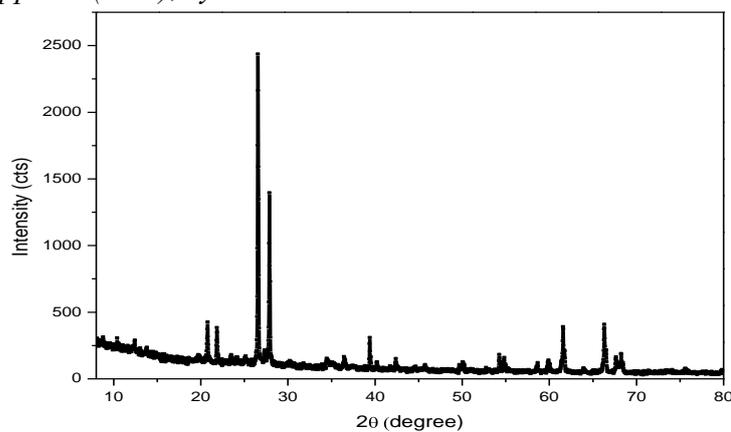


Рис. 5.45. Рентгенограмма глинистой фракции образца № 5. Аллювиальные отложения поймы (aIV), супесь

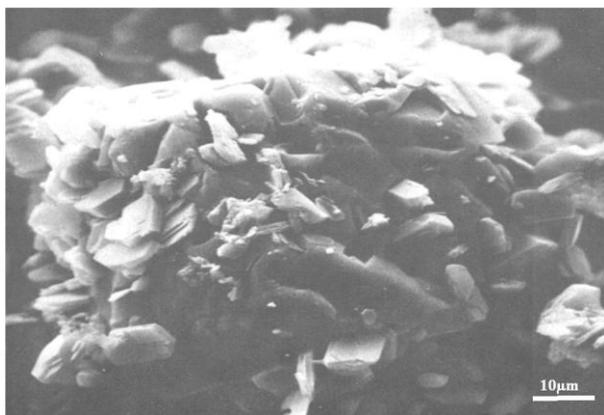


Рис. 5.46. Аутигенный каолинит растущий на кристалле кварца (аллювиальные отложения поймы (aIV) супесь)

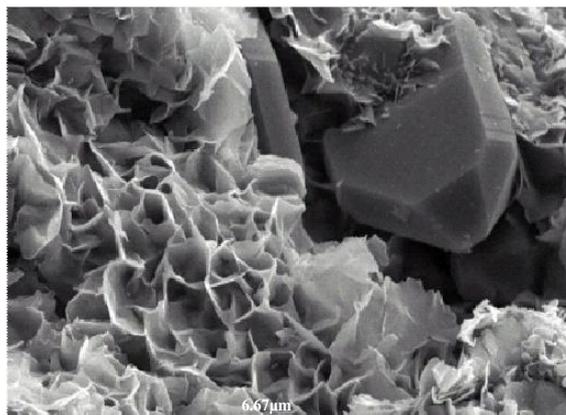


Рис. 5.49. Монтмориллонит на кристалле кварца (озерно-аллювиальные отложения федосовской свиты (IaI-IIfd), суглинок)

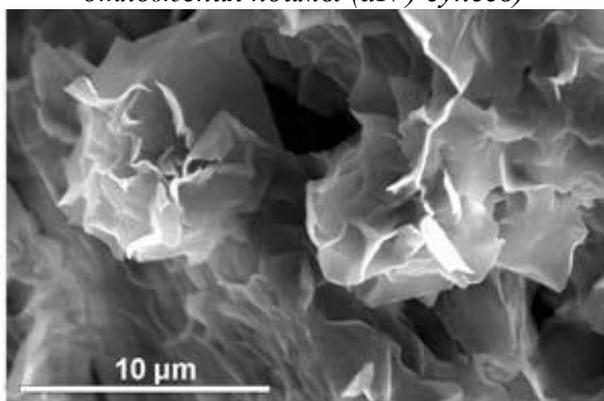


Рис. 5.48. Монтмориллонит (аллювиальные четвертичные отложения второй надпойменной террасы (a²III), суглинок)

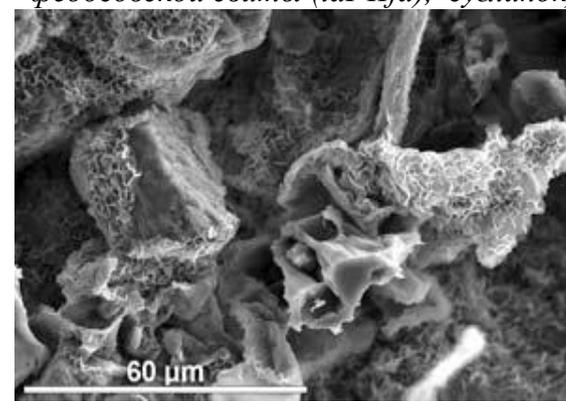


Рис. 5.49. Монтмориллонит покрывающий зерна аркозовых песков (озерно-аллювиальные отложения смирновской свиты (IaE-IIsmr), суглинок)

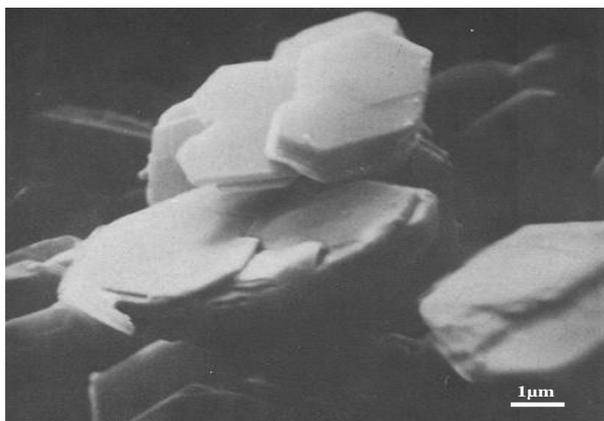


Рис. 5.50. Спиральный рост и двойникования аутигенного каолинита (аллювиальные четвертичные отложения второй надпойменной террасы (a²III), суглинок)

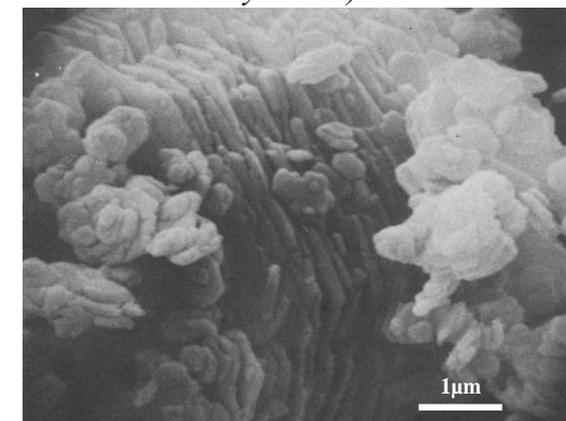


Рис. 5.51. Композитный вермикулит и каолинит (аллювиальные отложения поймы (aIV), супесь)

Ниже приводятся данные ранее проведенных работ на исследуемой территории, которые содержат сведения о минеральном составе глин или о склонности грунтов к набуханию, в отложения свиты

Современные аллювиальные отложения пойменных террас (aIV): кварцево-полевошпатовые мелкие пески (мощностью 1–8 м), реже супеси. Наличие монтмориллонита в составе глинистой фракции объясняет способность грунтов к набуханию, величина которого – 2–6 % [62].

Субаэральные покровные образования (saIII-IV): Основную массу обломочного материала составляют кварц и полевые шпаты. Преобладающими в тяжелой фракции являются неустойчивые минералы эпидот-цоизитовая группа и зеленая роговая обманка. Количество этих минералов существенно убывает снизу вверх – от нижнего лессового горизонта к верхнему, что указывает на возрастание влияния субаэральное фактора при формировании пород. Глинистая фракция представлена гидрослюдами с примесью каолинита [28].

Верхненеоплейстоценовые аллювиальные отложения первой надпойменной террасы (a^I_{III}): тонкодисперсная фракция состоит из гидрослюд, а также каолинита. [28].

Верхненеоплейстоценовые аллювиальные отложения третьей надпойменной террасы (a³_{III}): глинистые минералы террасового комплекса третьей террасы имеют преимущественно гидрослюдистый состав с примесями каолинита, коллоидно-дисперсного кварца, органического вещества, кальцита и, возможно, монтмориллонита [28].

Нижне-среднеоплейстоценовые озерно-аллювиальные отложения федосовской (тайгинской) свиты (la_{I-II}fd): глинистые минералы представлены гидрослюдой. Представлены тугопластичными, реже полутвердыми, слабомягкопластичными, слабаразмокаемыми разностями с величиной набухания – 0,1–1,0 %.

Эоплейстоценовые озерно-аллювиальные отложения верхнекочковской подсвиты (la_{ЕКс2}): глинистые минералы представлены гидрослюдой с незначительной примесью каолинита.

Стратиграфо-генетический комплекс озерно-аллювиальных отложений лагерномской свиты (P₃lt). Величина относительного набухания глин изменяется от 0,009 до 0,1 при влажности набухания, равной 0,27–0,36 д.е., соответственно, т.е. среди глин этого комплекса могут быть встречены как ненабухающие, так и средненабухающие разновидности.

В инженерной геологии СССР приводятся данные о содержании во всех четвертичных отложениях Обь-Чулымской области гидрослюд, монтмориллонита (за исключением верхних горизонтов), каолинита и иллита. Отложения террас содержат также в основном гидрослюды с примесью монтмориллонита, иногда галлуазита (не набухающего, но склонного к усадке) [34].

Из сказанного можно сделать вывод, что практически все грунты на территории нижнего течения р. Томи содержат гидрослюды, монтмориллонит, смешаннослойные минералы, галлуазит, вермикулит которые обуславливают их склонность к набуханию или усадке. Здесь могут быть встречены от ненабухающих до сильнонабухающих разновидностей, и эти характеристики не являются для всех грунтов постоянными в течении года. Обычные методы исследования грунтов не учитывают возможность изменения влажности в результате погодных условий или мелиоративных работ, поэтому правильный прогноз поведения грунта при дегидратации позволит дать методика изучающая грунт начиная с его воздушносухого состояния.

По засолению грунты района работ относятся к незасоленным. Знание и учет особенностей минерального состава и микроструктуры глинистых пород, а также понимание сложных природных процессов, влияющих на свойства глин являются непременным условием при проектировании инженерных сооружений, возводимых на этих специфических породах. Необходимо помнить, что неверная оценка этих особенностей может привести к непредсказуемому поведению грунтов и вызвать катастрофические последствия. Подобная информация чрезвычайно важна, особенно при строительстве инженерных сооружений высокого уровня ответственности, при решении многих природоохранных и экологических задач.

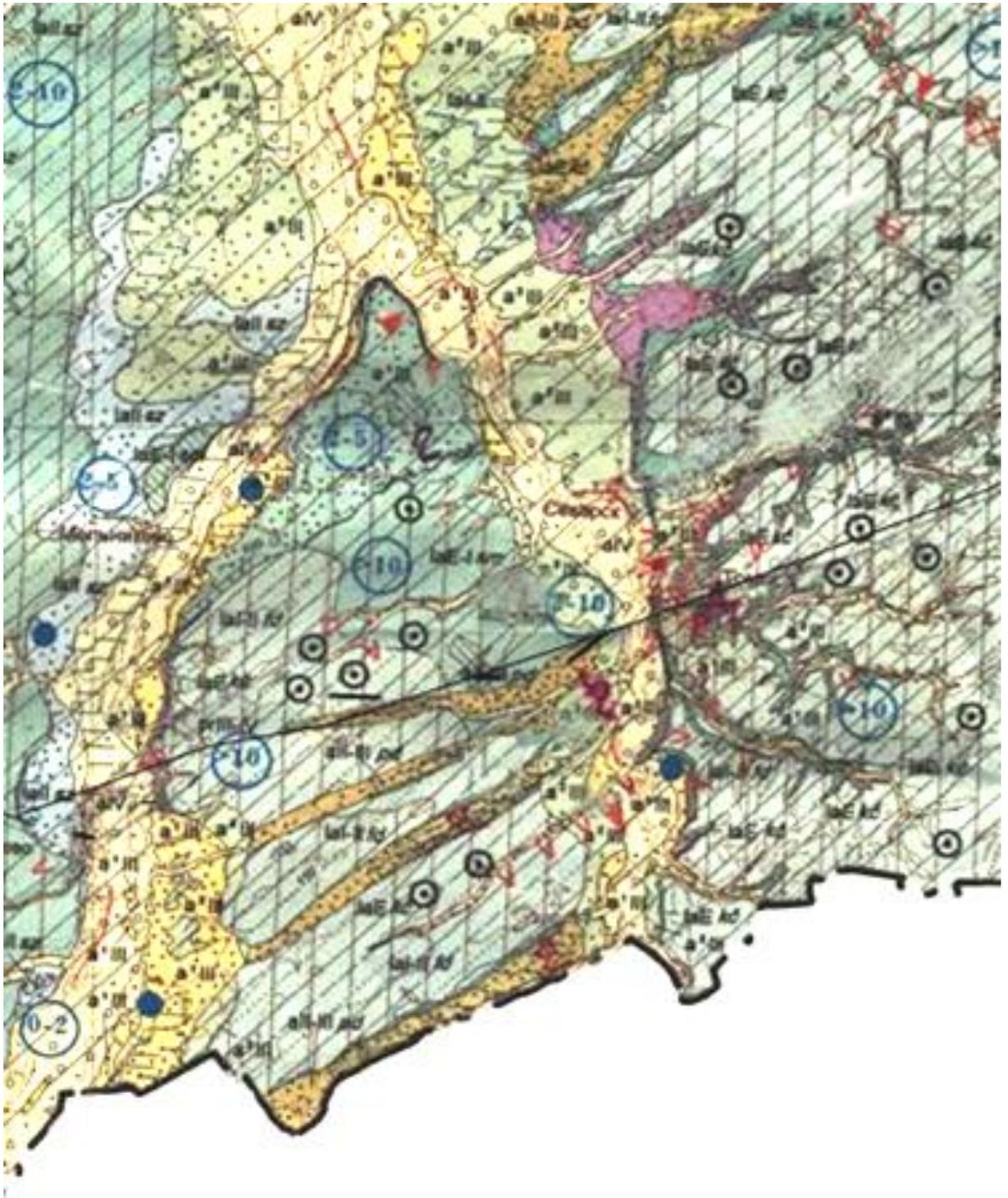
5.2.4. Экзогенные процессы

Район нижнего течения р. Томи находится в зоне сложной геодинамической обстановки с интенсивно развитыми геологическими и инженерно-геологическими процессами, что связано с геоморфологическими (значительное превышение склонов речных долин над местными базисами эрозии и значительной крутизной склонов от 6° до 60° , геологическими (наличие в разрезе легко разрушающихся суглинистых и песчаных грунтов с различными физическими и прочностными характеристиками), тектоническими особенностями территории, а также хозяйственной деятельностью человека.

Маршрутные исследования, проведенные автором работы совместно с сотрудниками Томского политехнического университета, показали, что на территории нижнего течения р. Томи распространены такие экзогенные процессы как оврагообразование и речная эрозия, оползневые процессы, а также процессы заболачивания, обусловленные влиянием подземных и поверхностных вод. На рис. 5.52 приведен фрагмент карты развития экзогенных процессов и явлений, а на рис. 5.53 –

фрагмент карты инженерно-геологического районирования территории Томской области по условиям развития экзогенных геологических процессов и явлений.

Отличительная особенность этой территории – сильное увлажнение пород, в связи с чем происходит интенсивное развитие процессов (боковая эрозия речных берегов, овражная эрозия), склоновых (оползни, осыпи, обвалы), заболачивание и болотообразование, сезонное пучение и подтопление. Обводненность пород, залегающих в сфере влияния сооружений, обусловлена широким развитием верховодки и грунтовых вод первого от поверхности водоносного горизонта. Верховодка наиболее широко развита на низких террасах и в средне-верхнечетвертичных лессовидных суглинках и супесях на водоразделах. Широкому распространению верховодки способствует рельеф – западины и понижения, в которых скапливаются талые и дождевые воды.



*Рис. 5.52. Карта-схема инженерно-геологических условий развития экзогенных геологических процессов и явлений на территории Томской области (фрагмент)
Составили[30]*

Условные обозначения к рис. 5.52

Четвертичная система	Среднее звено		Верхнее звено		Современное звено		
	Нижнее звено	Среднее звено	Среднее звено	Верхнее звено	Современное звено	Современное звено	
Плейстоцен-голоцен	Среднее звено	alv	alv	alv	alv	alv	Аллювиальные отложения пойменных террас. Пески, супеси, суглинки, глины, галечники, гравий
		lv	lv	lv	lv	lv	Болотные отложения. Торф, илы
		alv-lv	alv-lv	alv-lv	alv-lv	alv-lv	Аллювиально-делювиальные отложения. Глины, суглинки
		al-lv	al-lv	al-lv	al-lv	al-lv	Эоловые отложения. Пески
		al-lv-lv	al-lv-lv	al-lv-lv	al-lv-lv	al-lv-lv	Субаэриальные покровные образования. Суглинки, лессовидные суглинки
		pl-lv	pl-lv	pl-lv	pl-lv	pl-lv	Образования невыясненного генезиса. Пески
	Верхнее звено	al ¹ v	Аллювиальные отложения первой надпойменной террасы. Пески, супеси, суглинки				
		al ² v	Аллювиальные отложения второй надпойменной террасы. Пески, супеси, суглинки				
		al ³ v	Аллювиальные отложения третьей надпойменной террасы. Пески, супеси, суглинки, галечники, гравий, глины				
		al-lv	al-lv	al-lv	al-lv	al-lv	Делювиальные отложения. Пески, суглинки, супеси
		al-lv-lv	al-lv-lv	al-lv-lv	al-lv-lv	al-lv-lv	Пайдугинская свита. Аллювиальные отложения древних ложбин стока. Пески
		al-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv	Сугзунская толща. Озерно-аллювиальные отложения. Суглинки, глины, супеси, пески
Среднее звено	al-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv	Тобольский горизонт. Тобольская свита. Аллювиальные отложения. Пески, реже суглинки	
	al-lv-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv-lv	Федосовская свита. Озерно-аллювиальные отложения. Суглинки, глины, пески	
	al-lv-lv-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv-lv-lv	Аллювиальные отложения погребенных долин. Пески, галечники (только на разрезах)	
	al-lv-lv-lv-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv-lv-lv-lv	Смирновская толща. Озерно-аллювиальные отложения. Глины, суглинки, пески	
	al-lv-lv-lv-lv-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv-lv-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv-lv-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv-lv-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv-lv-lv-lv-lv	Кочковская свита. Озерно-аллювиальные отложения. Глины, суглинки, пески	
	al-lv-lv-lv-lv-lv-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv-lv-lv-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv-lv-lv-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv-lv-lv-lv-lv-lv	al-lv-lv-lv-lv-lv-lv-lv-lv	Дочетвертичные отложения (геологические индексы только на разрезах)	

II. Инженерно-геологические разновидности пород по составу (ГОСТ 25100-95)

	Глины		Пески, в нижней части разреза - глины, суглинки
	Суглинки		Пески с прослоями глины, суглинков, супесей
	Супеси		Чередование суглинков, супесей, в нижней части разреза - пески
	Пески		Чередование супесей, песков
	Чередование суглинков, глины		Пески с прослоями глины
	Суглинки с прослоями глины		Пески с прослоями и линзами суглинков
	Суглинки с прослоями и линзами глины и супесей		Пески с прослоями и линзами суглинков и супесей
	Чередование суглинков, глины, песков		Пески с прослоями и линзами супесей
	Суглинки с прослоями и линзами глины, супесей, песков		Пески с гравием, в верхней части разреза - глины, суглинки
	Чередование суглинков, супесей		Пески с гравием
	Чередование суглинков, супесей, песков		Суглинки, в нижней части разреза - пески с гравием
	Чередование суглинков, песков		

-  Пески с прослоями суглинков и глины
-  Пески, суглинки с прослоями и линзами глины и супесей

III. Характеристика подземных вод

-  Глубина залегания уровня воды первого от поверхности водоносного горизонта, м
-  Проявление агрессивности подземных вод (общекислотная и углекислотная)

IV. Современные геологические процессы и явления

Генетические типы процессов (участки их развития):

а) связанные с деятельностью поверхностных вод

-  речная боковая эрозия
-  овражно-балочная эрозия

б) связанные с деятельностью поверхностных и подземных вод

-  болота: 1 - низинные и переходные
2 - верховые и переходно-верховые

-  суффозионный вынос пород (конуса выноса)
-  участки возможных просадок грунтов

в) связанные с действием гравитационных сил

-  оползни
-  осыпи, обвалы

г) связанные с деятельностью ветра

-  дефляция

V. Элементы рельефа

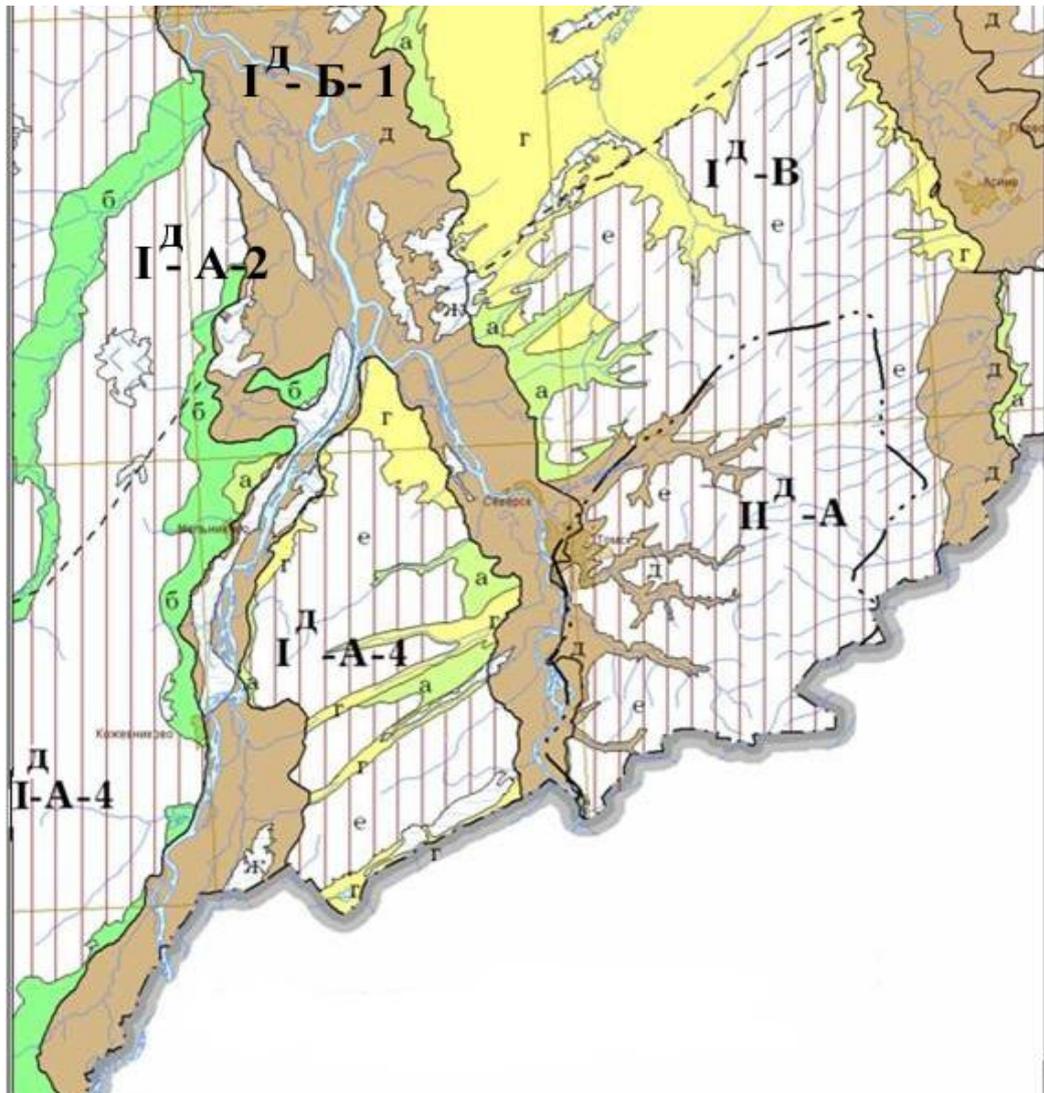
-  горизонтали
-  суффозионно-просадочный рельеф

VI. Границы

-  стратиграфо-генетических комплексов:
1 - достоверные
2 - предполагаемые
-  инженерно-геологических разновидностей
-  болот
-  типов болот

VII. Прочие знаки

-  ↓³ глубина болота в точке зондирования, м
-  45 буровая скважина и ее номер
-  1 ← 1 линия разреза



Масштаб 1:1 000 000

*Рис. 5.53. Карта инженерно-геологического районирования территории Томской области по условиям развития экзогенных геологических процессов и явлений (фрагмент)
Составила [30]*

Условные обозначения к рис. 5.53

I, II индексы регионов

I^Д, II^Д индексы зон

I^Д-А, I^Д-Б, I^Д-В, II^Д-А индексы областей первого порядка

I^Д-А-1, I^Д-А-2, I^Д-А-3, I^Д-А-4, I^Д-Б-1, I^Д-В-1 индексы областей второго порядка

а, б, в, г, д, е, ж индексы районов

Границы

200		регионов
101		областей первого порядка
102		областей второго порядка
10		районов
		разных типов торфяных грунтовых толщ

Районы и типы грунтовых толщ

	глинисто-суглинистые породы с прослоями и линзами супесей
	переслаивание в разрезе суглинков, супесей, песков, с прослоями глин
	чередование в разрезе и по площади суглинистых, глинисто-суглинистых, суглинисто-песчаных толщ
	пески с прослоями, линзами суглинков, супесей
	пески с прослоями глин, суглинков, супесей
	лессовидные суглинки в верхней части грунтовых толщ
	торфяные породы в верхней части грунтовых толщ 1) низинные и переходные торфа 2) верховые и переходные торфа

<p>Цд - Азия, Сибирский регион (Колыма) - Томская складчатая зона</p> <p>Цд - Достойного улажнения</p> <p>Цд - А. Демукционная равнина (севернее)</p> <p>Цд - В - Восточная равнина и часть депрессионных, четверичных, равнин, сформировавшихся на тектонико-эрозионных оползнях</p>	<p>Цд - Б Аккумулятивные террасовые равнины крупных речных долин</p> <p>Цд - Б - 1 Долины р. Обь и ее крупных притоков</p>	<p>Долина р. Обь занимает часть Обь-Томской низменности. Абс. отм. поверхности от 46 м на севере до 166 м - на юге. Отрицательная унаследованная морфоструктура.</p> <p>Амплитуда новейших поднятий от 0-50 м в центральной части до 50-100 м в приобтовых зонах и до 100-200 м на юге долины. Развита 3 надпойменных и пойменная террасы.</p> <p>Высота террас над урезом рек: первой - 15-36 м; второй - 7-26 м; первой - 3,5-10 м; поймы - 6-7 м.</p>	<p>Д</p>	<p>Пески с прослоями глин, суглинков, супесей верхнечетверичных-современных отложений пойменных и надпойменных террас и русел (а8III, а2III, а1III, а1V)</p>	<p>Преимущественно слабая расчлененность (3-8). Более выражены углубы низких террас. Поверхность террас слабо-волнистая. Пойма расчленена старицами и протоками</p>	<p>0-2, 2-5, реже - до 10. Проявляются агрессивные свойства воды</p>	<p>Речная, преимущественно боковая эрозия, обвалы, оползни, суффозионный вынос, заболачивание. Степень пораженности процессами от средней до сильной</p>																																								
								<p>Цд - В - 1 - Приобльвакская равнина</p>	<p>Приобльвакская наклонная равнина. Абс. отм. 100-250 м. Расчлененная поверхность с глубиной расчленения 40-80 м. Преобладающая амплитуда новейших поднятий 100 м.</p>	<p>а</p>	<p>Дневной тип на фрагменте карты отсутствует</p>	<p>Пески с линзами и прослоями суглинков и супесей кочковской свиты (LaEko)</p>	<p>Расчлененность средняя (8-10)</p>	<p>2-5</p>	<p>Редко - суффозия</p>																																
																<p>Цд - В - 1 - 1</p>	<p>Пески с прослоями глин, суглинков, супесей смирновской толщи (laE-1sm)</p>	<p>Расчлененность средняя (8-10) и высокая (10-12)</p>	<p>2-5</p>	<p>Редко - оврагообразование, суффозия</p>																											
																					<p>Цд - В - 1 - 2</p>	<p>Лессовидные суглинки на глинисто-суглинистых отложениях кочковской (laEko) и федосовской (la1-1fd) свит</p>	<p>Расчлененность высокая (10-12) до очень высокой (12-14)</p>	<p>>10</p>	<p>Суффозионно-просадочные явления, реже - оврагообразование и речная эрозия</p>																						
																										<p>Цд - В - 1 - 3</p>	<p>Пески с прослоями глин, суглинков, супесей кочковской свиты (laEko) и верхне-четверичных-современных террасовых отложений долин рек</p>	<p>Расчлененность высокая (10-12) и очень высокая (12-14)</p>	<p>2-10</p>	<p>Суффозионно-просадочные явления</p>																	
																															<p>Цд - В - 1 - 4</p>	<p>Лессовидные суглинки на глинисто-суглинистых отложениях кочковской (laEko) и федосовской (la1-1fd) свит</p>	<p>Расчлененность до очень высокой (10-14)</p>	<p>2-10 и >10</p>	<p>Суффозионно-просадочные явления, оврагообразование, оползни, осипи. Степень пораженности от средней до сильной</p>												
																																				<p>Цд - В - 1 - 5</p>	<p>Наклонная равнина - крайняя северная часть Томь-Колымакской возвышенности (предгорной равнины). Абс. отм. поверхности 200-270 м. Рельеф расчленен. Погружение фундамента на северо-северо-запад.</p> <p>Локальные поднятия проявляются в современных междуречьях. Амплитуда новейших поднятий - 150-300 м.</p>	<p>Д</p>	<p>Пески с прослоями глин, суглинков, супесей кочковской свиты (laEko) и верхне-четверичных-современных террасовых отложений долин рек</p>	<p>Расчлененность высокая (10-12) и очень высокая (12-14)</p>	<p>2-10</p>	<p>Суффозионно-просадочные явления</p>					
																																											<p>Цд - В - 1 - 6</p>	<p>Лессовидные суглинки на глинисто-суглинистых отложениях кочковской (laEko) и федосовской (la1-1fd) свит</p>	<p>Расчлененность до очень высокой (10-14)</p>	<p>2-10 и >10</p>	<p>Суффозионно-просадочные явления, оврагообразование, оползни, осипи. Степень пораженности от средней до сильной</p>

© ОАО "ТомскНИИгеология" 2005 г.

Оползни. В долине р. Томь интенсивно развивается подмыв и разрушение берегов поймы и низких террас, сложенных рыхлыми песчано-суглинистыми породами. Материал от размыва берегов и островов расходуется рекой на намыв поймы – кос, пляжей.

Оползневые процессы достаточно широко проявляются на склонах долины реки Томи и её притоков – Мал. и Бол. Киргизки, Ушайки, Басандайки, Тугояковки. Основными причинами оползней являются относительно большая высота (до 60 м) и крутизна склонов, существующая разгрузка подземных вод в основании оползневого склона, наличие водопроницаемых лессовидных суглинков в верхней части разреза склона, присутствие в теле оползней водоносных прослоев и смачивание глинистых слоёв, являющихся поверхностями скольжения, в основании оползней. Существенным фактором активизации оползневых процессов является техногенная подпитка подземных вод за счёт утечек из водопроводных и канализационных городских систем, достигающая 60–80 тыс. м³ в сутки.

На площади работ по полевым наблюдениям оползневые процессы установлены на территории Лагерного сада и прилегающих к нему территориях в г.Томске, в г. Северске, а также в районе деревни Киреевск и возле впадения р. Северной в р.Томь.

Особенно наглядно оползневые процессы проявляются в правобережье р. Томи, в том числе в Лагерном саду (рис. 5.54). Здесь оползневой участок фронтального типа протяжённостью около 1,5 км расположен на склонах 3-ей и 4-ой надпойменных террас и включал 12 эрозионно-оползневых цирков, разделённых межоползневыми гребнями (рис. 5.55).

Размеры оползней постоянно менялись. В среднем их длина составляла 50–80 м, в единичном случае до 250 м, ширина 20–40 м при мощности 0,5–6,5 м. На склонах Лагерного сада развиваются оползни-потоки, оползни скольжения, оползни выдавливания и оползни сложного генезиса [29].

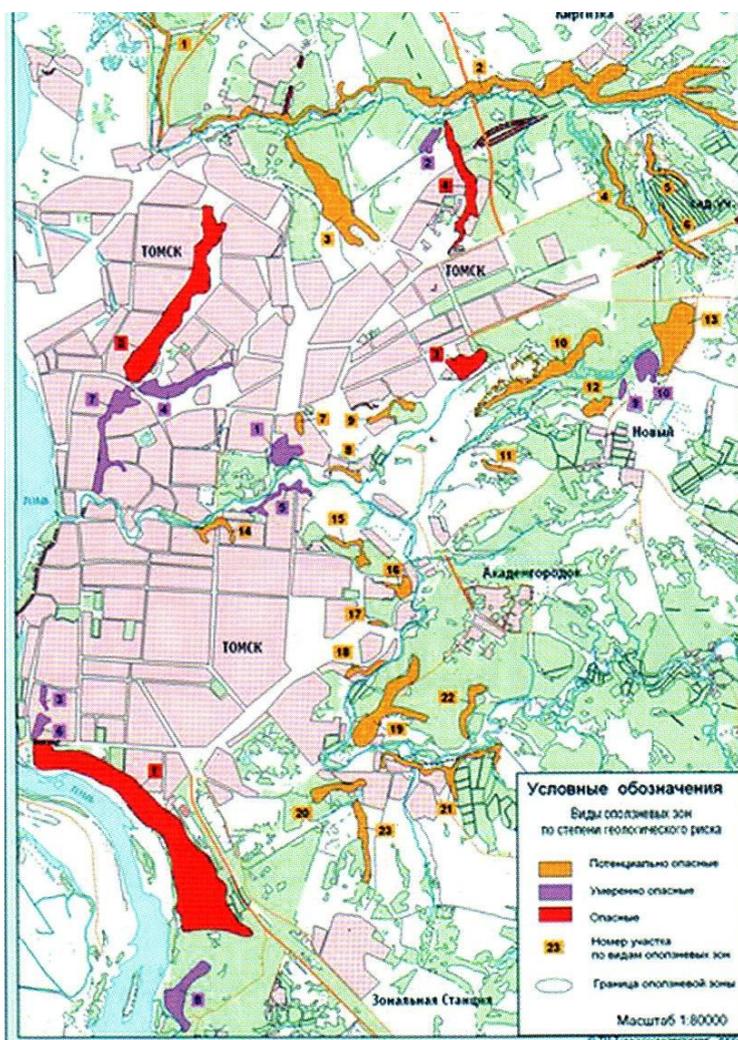


Рис. 5.54. Карта оползневых зон на территории г.Томска

Участок Лагерного сада является наиболее подверженным развитию этих процессов. Оползневые процессы, по мнению специалистов оползневой станции ТГРЭ, обусловлены не только территориальным расположением этих площадей на высоких водораздельных склонах, являющихся бортами рек Томи и Ушайки, но и структурно-тектоническим, геологическим, геоморфологическим, гидрогеологическим и климатическими факторами.

Хотя большую часть оползневых процессов удалось стабилизировать, но местами все же наблюдается их активизация (учебный корпус СФТИ и западная часть склона). На территории незаконченного строительства штольни появились воронки проваливания грунта из-за не завершенности крепежных работ кровли штольни, хотя действующая ее часть оказывает положительное влияние на отвод подземных вод в р. Томи и, тем самым, улучшает обстановку по стабилизации оползневых процессов. На территории города выделено 3 участка со стабилизированными оползневыми процессами. По данным оползневой станции в г. Северске также на трех участках развиты оползневые процессы, оползни на этих участках находятся в стадии стабилизации [4].

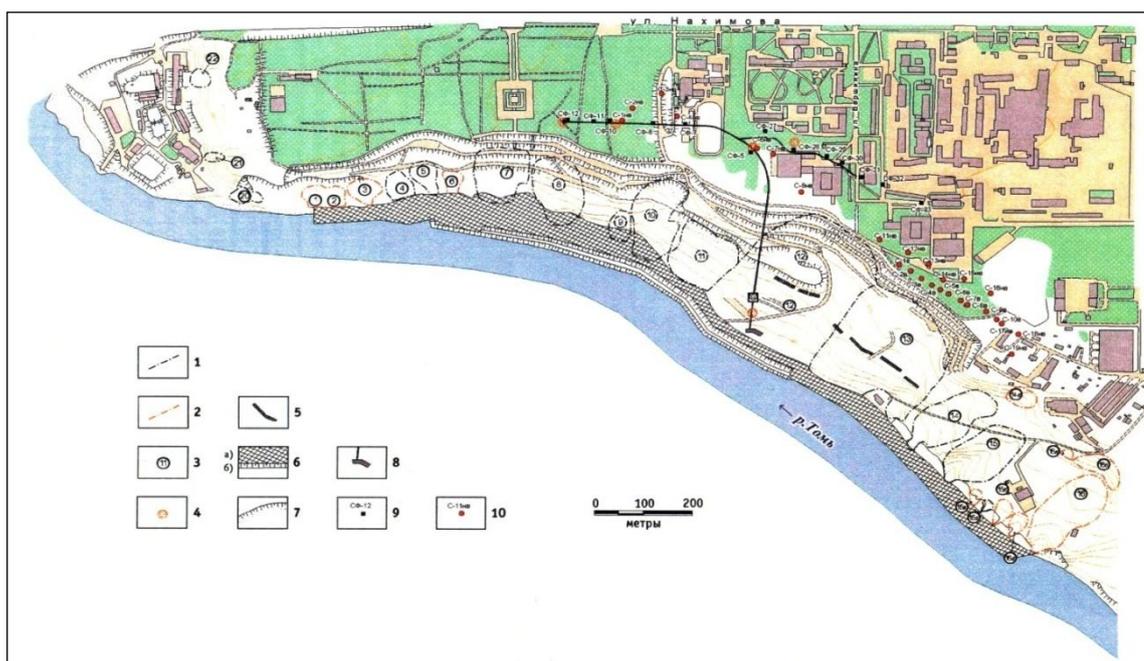


Рис. 5.55. Оползневые структуры участка «Лагерный сад, по материалам Томской ГРЭ 1–2 – границы оползневых тел: 1 – стабилизовавшихся, 2 – активных; 3 – номера оползневых тел; 4 – провалы, связанные с проходкой дренажной штольни; 5 – подпорные стенки из буронабивных свай; 6 – контрбанкет: а) песчано-гравийное тело, б) бетонные плиты; 7 – откосы искусственных террас; 8 – дренажная штольня с порталом; 9 – сквозные фильтры и их номера; 10 – скважины вертикального дренажа и их номера [50].

Оползни, встреченные в районе впадения р. Северной, образовались из-за неправильного среза склона и в данный момент активно развиваются [50].

Овраги пользуются широким развитием в пределах района. На площади работ также широко развиты процессы оврагообразования, которые находятся в различной стадии развития. Наличие в разрезе рыхлых, легко размывающихся макропористых грунтов в сочетании с деятельностью поверхностных вод и привело к образованию многочисленных оврагов. Огромную роль в образовании оврагов играет нерационально направленная хозяйственная деятельность человека. Это относится к интенсивному освоению Обь-Томского междуречья, которое привело к вырубке лесов, распашке земель,

нарушению дернового покрова, застройке и пригрузке прибрежной части склонов, нарушению гидрогеологического режима.

Приурочены овраги к бровкам террас и их склонам, к склонам речных долин. Растущие овраги – узкие и глубокие – лога корытообразной формы. Ширина оврагов от 10–15 м до 40–100 м, глубина вреза от 8–10 м до 40 м. Склоны оврагов крутизной до 300–400. Основной причиной роста оврагов является размыв лессовых пород поверхностными водами, усиленный в ряде случаев процессами суффозии. Скорость роста оврагов в этих случаях 2,5–3,0 м в год. Это явление распространено на водораздельных участках с относительно широким развитием просадочных грунтов. Процессы проявляются ограничено, в разных формах и продолжаются не один десяток лет и основными факторами, способствующими их развитию, стали: легкая размываемость несвязных грунтов, наличие временных водотоков, уклоны водораздельных склонов более 710° , удаление дерна и строительство редких грунтовых дорог, которые становятся непроезжими из-за многочисленных глубоких промоин [66]. «Геофизика опасных природных воздействий», экзогенные процессы не попадают в категорию опасных, тем не менее, по скорости развития овражной эрозии на отдельных участках (район Гродненки, рис. 5.56), степень ее проявления можно отнести к умеренно опасной (15 м/год).



Рис. 5.56. Овраг в урочище Гродненка в грозу

Особенно интенсивно процессы оврагообразования развиты на территории г.Томска, на склонах первой террасы р.Оби – район с. Кирек, по склонам рек Шайтанка, Порос, Андрава, Ум. С 1896 по 1999 гг. количество оврагов в г. Томске увеличилось от 20 до 70, а длина от 5 до 25 км при средней скорости роста от 0,1 до 4,4 м/год, а максимальных – до 50–90 м/год [27]. В микрорайоне Каштак длина оврагов достигает 320 м при ширине до 60 м, глубине до 20 м и объёме вынесенного материала до 114,8 тыс. м³. В долине р. Ушайки длина отдельных оврагов достигает 1640 м при ширине до 66 м,

глубине – 15 м и объёме около 1410 тыс. м³. В долине р. Мал. Киргизке длина некоторых оврагов приближается к 2500 м, при ширине до 180 м, глубине до 26 м и объёме 9161 тыс. м³ [53]. Их склоны изрезаны густой овражной сетью, которые начинаются с суффозионных цирков небольших размеров. Овраги имеют различную длину (100–250 м) и глубину (1–40 м). В плане они имеют извилистую и трапециевидальную форму. Борты оврагов имеют различную крутизну склонов от 15–18 до 30–45°.

Большинство оврагов, особенно в районе г. Томска, находится в затухающей стадии развития. По склонам реки Порос часть оврагов еще растёт. У оврагов техногенного генезиса в районе очистных сооружений северо-западнее д. Моряковский Затон и в районе газопровода на участке между д.о. Синий Утес и пос. Аникино, скорость роста значительно снизилась в результате проведения специальных защитных мероприятий, но есть опасность, что она может резко возрасти, так как выполненные работы были проведены с большими недоделками. Коэффициент овражной расчлененности для всей исследуемой площади равен 0,25 км/км².

Морозное пучение грунтов, связанное с их сезонным промерзанием, зафиксировано на различных участках территории. Наблюдается пучение грунтов на террасах р. Томь на участках, где грунтовые воды или верховодка залегают близко к поверхности земли в пределах зоны промерзания и широким развитием тяжелых иловатых или гумусированных суглинков и текучих супесей. При протаивании грунтов к концу весны на местах бугров пучения образуются ямы (рис. 5.57).



Рис. 5.57. Нарушение дорожного покрытия (дорога на п. Орловка за 2 км перед мостом через р. Мостовку)

Процесс морозного пучения развит на всех геоморфологических элементах при близких уровнях грунтовых вод. Причиной возникновения этого процесса является промерзание и резкое увеличение первоначального объема глинистых грунтов. Так как водонасыщенность пород и условия подтока воды к замерзающей зоне грунтов различны, то увеличение объема происходит крайне неравномерно. В результате на поверхности земли возникают местные поднятия – морозные пучины. Появляются они в начале зимы и

растут до весны. Высота морозных пучин изменяется от нескольких сантиметров до 50 см. Зафиксирован этот процесс по дороге Томск–Мельниково, а также на заасфальтированных площадях в населенных пунктах с.Мельниково и г.Томска. [4]

Наледи имеют сезонный характер, образуются они в зимний период времени. При промерзании деятельного слоя воды часто оказываются под значительным напором; в этом случае они вырываются на поверхность, где замерзают, образуя наледь. Отмечен этот процесс во многих населенных пунктах. Огромным распространением пользуется этот процесс в городе Томске во время зимних многочисленных утечек из существующих коммуникаций.

Заболачивание и болотообразование. На всех геоморфологических поверхностях развиты процессы заболачивания, в результате чего созданы обширные болотные массивы и заболоченные земли. Болота преимущественно низинного и переходного типа, реже верховые.

Основными факторами, обуславливающими интенсивный характер развития этих процессов, являются преобладание выпадения осадков над испарением и равнинность территории при относительно слабой ее расчлененности и дренированности. Слабый поверхностный сток атмосферных осадков объясняется также плохой водоотдачей торфяников. Одним из факторов условий заболачивания территории является её техногенная нагрузка.

Формирование различных торфяных отложений в условиях одной физико-географической зоны определяется геоморфологическими особенностями, литологией пород минерального дна, гидрогеологическими и гидрологическими условиями питания болот. Большая часть изученной территории характеризуется пологоволнистым и дюнно-грядовым рельефом со слабой дренированностью поверхности. На водораздельных равнинах и высоких террасах развиты болота верхового и переходного типа. Торфяная залежь этих болот в центральной части сложена, в основном, переходными и верховыми торфами. Наиболее крупное болото этого типа – на Обь-Томском междуречье это болото Круглое глубиной до 7,8 м, на правом берегу болотный массив Клюквенное.

Фитоценозы верховых болот значительно беднее низинных и представлены сосново-кустарничково-сфагновыми видами. Из флористых здесь представлены тростник, много видов осоки, вейник и тростянка. Степень разложения торфов 10–40 %. Средняя глубина верховых болот от 2–5 м и до 8 м. Болота этого типа по степени обводненности и растительным сообществам, способным держать в откосах вертикальную стенку и обладают достаточной несущей способностью, относятся к хорошо проходимым и наиболее пригодным для строительства.

Бедность песчаных и супесчаных грунтов ложбин древнего стока и водораздельных равнин привела к распространению незольной растительности на гривах сосновых лесов, а в межгрядных понижениях мезотрофных и олиготрофных болот. На водораздельных пространствах рек Большой и Малой Юксы, Большой Юксы и Оби встречаются болота проточных межгрядных понижений и суффозионных западин. В основном, это сосново-кустарничково-сфагновые болота с хорошим развитием древесного яруса, маломощной торфяной залежью, представленной ангустифолиум, магелланикум и комплексным торфами, а также переходными средне- и сильноразложившимися пушицевыми, сосново-пушицевыми и древесно-пушицевыми торфами.

Наиболее крупными террасовыми массивами р. Оби являются «Клюквенное», «Большое Клюквенное» и «Коржавинское», которые сливаются друг с другом, образуя единую болотную систему, заболачивание здесь составляет 75 %. «Темное» и «Клюквенное» представляют собой две части одного болотного массива с общей нулевой границей, расположенного в 1,5 км на северо-восток от с. Орловка. «Темное» расположено на II надпойменной террасе р. Оби. Поверхность массива ровная, с общим уклоном с северо-востока на юго-запад, дно – с многочисленными западинами, буграми. На участке находится 6 внутренних суходолов, массив облесен, наиболее распространен евтрофный лесной комплексный фитоценоз из сосны, березы, кедра, лиственницы. В юго-западной части развит березовый, местами встречается березово-осоковый фитоценоз. Микрорельеф кочковатый, кочки осоковые. Обводненность поверхности от низкой до средней, Площадь участка с верховым типом залежи – 191 га, средняя мощность торфа – 2,72 м (без очеса), максимальная – 7 м (с очесом). Отложения представлены фускум-залежью (87,5 %) и комплексной верховой – (12,5 %). Из видов преобладает фускум (68,4 %), магелланикум (6,1 %), шейхцериено-сфагновый (5,3 %) и комплексный верховой (12,5 %) торфа. Степень разложения – 11 %, зольность – 2 %, влажность – 93 %. Участок низинного типа занимает площадь 603 га, средняя мощность торфяного пласта (без очеса) – 2,56 м, максимальная – 6,0 м. Выделено два стратиграфических участка: залежь топяно-лесная (33,3 %) и древесно-осоковая – (66,7 %). Преобладают 4 вида торфа – древесно-осоковый (7,5 %), осоковый (10,4 %), древесно-травяной (8,6 %) и древесный (6 %). Степень разложения – 28 %, зольность – 9 %, влажность – 89,3 %. Участок на юге болота представлен низинными видами залежи: осоковой (28,2 %), топяно-лесной (25,6 %), древесно-осоковой (20,5 %), лесо-топяной многослойной, лесо-топяной (по 10,3 %) и лесной (5,1 %). Наиболее распространенные виды торфа – осоковый низинный (55 %), древесно-осоковый низинный (32,9 %), древесный низинный (6,0 %) и осоковый переходный (1,7 %). Степень разложения – 27 %, зольность – 8 %.

Питание массива смешанное. Разгрузка болотных вод происходит в каналы, реки Шишкобойка, Черная. Болото осушено, низинная залежь разрабатывалась.

Переходные болота встречаются они на поверхностях Южной и Чернореченской древних долин стока. Фитоценоз переходных болот беднее, чем низинных, состав его смешанный.

Низинные болота такие встречены на площади надпойменных террас рек Томи и Оби. Питание этих болот смешанное: как за счет атмосферных осадков, так и за счет подземных вод, пьезометрическая поверхность которых в областях самоизлива залегает выше дневной поверхности. Смешанное питание этих болот влияет на минерализацию и зольность торфяной залежи и ведет к её увеличению.

Фитоценозы низинных болот отличаются большим разнообразием. Здесь встречены: злаки (тростник обыкновенный, вейник сероватый), широко распространены осоки (кочкарные и корневищные – дернистая, пузырчатая, вздутая). Как примесь селятся много колосковая и широколистная пушицы, местами произрастает хвоц приречный. Представителями широколистного разнотравья являются – таволга вязолистная, белокрыльник болотный, вахта трехлистная, сабельник болотный, крапива двудомная, вех ядовитый, горчичник болотный. На низинных внепойменных болотах хорошо развит моховой покров из влаголюбивых зеленых, реже сфагновых мхов. Ботанический состав низинных торфяков преимущественно осоковый, осоково-гипновый, хвоцевой и гипновый. Степень разложения торфяков – 20–75 %. Средняя глубина их – 2–5 м.

Одним из крупнейших массивов ложбин древнего стока является «Таган», расположенное в 11 км на юго-запад от г. Томска и в 1 км на северо-запад от с. Б. Ключи. Большая восточная часть массива залегает в чернореченской ложбине стока. Площадь его 6311 га, максимальная мощность – 9,0 м, средняя – 2,98 м. Поверхность болота ровная, микрорельеф на северо-востоке кочковатый, на юго-западе – ровный. Массив низинного и смешанного типа, представлен залежами: топяно-лесной, многослойной топяной, древесно-осоковой, лесной, осоковой, магелланикум. Наиболее распространена топяно-лесная залежь – 69 %. Выделено 18 видов торфа, преобладает осоковый – 42 %, древесно-осоковый – 21 %, осоково-гипновый – 12 %. Степень разложения – 31 %, зольность – 14 %, влажность – 87,9 %. Минеральное дно болота представлено, в основном, песками пайдугинской свиты (85 %), а также озерно-болотными отложениями – сапропелями (10 %). В 1973 году был детально разведан юго-западный участок Таганского болота – «Фатихино», расположенное на I надпойменной террасе р. Таган. Конфигурация участка приближается к овалу вытянутому с юга на север. Рельеф ровный, с понижением на запад к рекам Обь и Таган, минеральное дно сравнительно ровное, общий уклон совпадает с

уклоном поверхности. Участок «Фатихино» представлен торфами низинного типа. Выделяется несколько участков с разными видами залежи – осоковой низинной (48 %), осоково-гипновой (31 %), гипновой (7 %), лесо-топяной (4 %), многослойной топяно-лесной (4 %), лесотопяной (3 %), лесной (3 %). В видовом составе доминируют осоковые, осоково-гипновые и гипновые торфа. Степень разложения – 28 %, зольность – 18 %, влажность – 86,2 %. Подстилающие породы представлены песками, супесями, суглинками и глинами.

Питание массива смешанное, ранее, при более высоком уровне поверхностных вод, первые террасы заливались полыми водами, которые застаивались в понижениях. В дальнейшем водное питание происходило за счет атмосферных осадков, сточных вод и богатых подземных вод, способствующих накоплению минеральных веществ. Водоприемниками являются р. Черная, протекающая по массиву и магистральный канал в его северо-восточной части, которая осушалась и разрабатывалась, а для «Фатихино» – реки Обь и Таган.

Торфяные массивы террас можно рассмотреть на примере болота «Усть-Кандинское» и «Чагинское». «Усть-Кандинское» расположено в долине р. Ум, протекающей по массиву, между населенными пунктами Кандинка и Барабинка, расположено на I террасе (пойменное), занимает площадь древней излучины и имеет форму правильного полукруга, оконтуренного круто обрывающейся II надпойменной террасой р. Томи высотой от 5–7 до 10–12 м.

Залежь низинная, топяного подтипа, сложена осоково-гипновым и гипновым торфами. Придонные слои толщиной 0,5–1,0 м сложены, в основном, травяными (папоротниковыми и вахтово-папоротниковым) в меньшей мере травяно-гипновым и древесными торфами. Ближе к притеррасной части массива имеется небольшой участок, где отложения выходят из-под влияния грунтовых вод и верхний пласт толщиной 1 м сложен верховыми сфагновыми и переходными осоковыми торфами. По содержанию в торфе древесины на массиве выделяются участки безпнистые, составляющие его основную, центральную часть, и с погребенной древесиной, протянувшиеся узкой полосой 100–150 м под террасой, а также вдоль р. Ум, которая отсечена магистральным каналом. Степень разложения – 52 %, зольность – 28 %. Зольность падает в направлении от магистрального канала к террасе, так как по мере удаления от р. Ум ослабевают степень аллювиального зазольнения. В узкой притеррасной полосе зольность вновь возрастает за счет седиментации солей из грунтовых вод и деллювиального сноса минеральных частиц. Под торфяной залежью чаще всего находятся озерно-аллювиальные глины

тугопластичной консистенции, мощностью до 3,6 м, в основании разреза по всей площади вскрыт гравийно-галечниковый грунт мощностью до 4–5 м.

Питание массива смешанное, значительную роль играют подземные воды. Водоприемником является р. Ум. Болото осушалось открытой сетью каналов и разрабатывалось. Осушенный под добычу торфа участок массива имеет площадь – 252 га.

Болото «Чагинское» («Песчаное») расположено на II террасе р. Томи в левобережной пойме р. Кисловки, в 3 км на северо-восток от с. Кисловка. Площадь массива – 55 га, максимальная мощность залежи– 1,5 м, средняя – 0,83 м. Поверхность болота ровная. Степень разложения торфа – 9 %, зольность – 2 %. Согласно данным рекогносцировки, проведенной в 1941 г., залежь верхового типа, сфагновая (сфагнум – 90 %, осока – 10 %). Подстилающие породы представлены синими глинами с прослоями песка. Питание торфяного массива смешанное. Водоприемники – озеро Песчаное (на юге) и р. Кисловка. Массив осушался и находится в зоне влияния водозабора.

В целом необходимо отметить, что заболачивание, болотообразование и торфообразование развивается в северных и восточных районах исследуемой территории (в основном на террасах), характеризующихся меньшими отметками поверхности, более слабым расчленением рельефа. Болота в южной части в основном пойменные низинные, находятся на первой стадии развития, и в дальнейшем не будут распространяться на прилегающие территории..

Осыпи. Менее развиты на площади исследований осыпи, приуроченные к крутым склонам и обрывам речных долин Томи, реке Оби и Ушайки, когда рыхлые разновидностей грунтов, теряют устойчивость под собственным весом. Немаловажным фактором в развитии этих процессов играют поверхностные и подземные воды, а также развитие процессов выветривания. По результатам работ Южного отряда эти процессы выявлены в г. Томске, в районе д. Киреевск, с. Ярское, небольшими участками на берегах р. Томи от устья р. Басандайки до д.о. Синий Утес, по правому берегу р. Большой Черной (район д.Алаево) [4].

Подтопление территории, отмечается на участках развития суглинистых отложений в верхних частях инженерно-геологического разреза. Формирование этого процесса связано, как правило, с нарушением естественного поверхностного стока и повышенной инфильтрацией за счет техногенных факторов. Следствием процесса подтопления бывает снижение несущих свойств грунтового основания зданий, затопление коммуникаций и подвалов и так далее. На участках развития песчаных грунтов в верхней части разреза подтопление, как правило, не развивается. Процессы подтопления развиты, в основном, на территории города Томска, что связано в основном с климатическими,

геоморфологическими, геологическими, гидрогеологическими, инженерно-геологическими условиями и инженерно-хозяйственной деятельностью человека. По данным оползневой станции на территории города развиты два вида подтопления: естественное и антропогенное. Естественное подтопление развито на террасах, антропогенное – на водоразделе в зоне интенсивной многоэтажной застройки и асфальтовых покрытий. В зоне влияния зданий и сооружений грунты уплотняются и, соответственно, изменяются их фильтрационные свойства. Нарушаются условия дренированности территории повышаются уровни грунтовых вод, на локальных участках до 8 м [4], и даже в некоторых местах отмечено появление техногенной верховодки (Лагерный сад, площадь Южная) [4].

В итоге необходимо отметить, что экзогенные процессы, наблюдающиеся в пределах района, связаны с особенностями рельефа местности, широким развитием лессовых, легко размываемых водой пород, и характером первого от поверхности водоносного горизонта. Отмеченные факторы являются причиной широкого развития оврагообразования, береговой эрозии рек, оползней по склонам речных долин, заболачивания, морозного пучения грунтов. Наиболее широкое развитие на террасах правобережья получили процессы заболачивания и торфяные отложения, являющиеся слабыми специфическими грунтами. Большинство торфяных массивов относятся к переходному типу, в поймах и долинах рек южной части района исследований на лево- и правобережье чаще встречаются низинные болота. Верховые болота и участки с олиготрофными комплексами растительности встречаются значительно реже на террасах и водоразделах. Таким образом, болота в основном находятся на 1 и 2 стадиях развития и продолжают развиваться.

5.2.5. Рекомендации по улучшению свойств оснований сооружений сложенных специфическими грунтами

Грунты просадочные. По результатам анализа ранее проведенных исследований нами было выявлено, что на территории нижнего течения р. Томи встречены грунты склонные к просадочности (I тип грунтовых условий). Это районы где распространены нижне-среднечетвертичные озерно-аллювиальные отложения федосовской свиты (IaI-IIfd), эоплейстоцен-нижнечетвертичные озерно-аллювиальные отложения смирновской свиты (IaE-IIsmr), грунты второй и третьей террас, эоловые и субаэральные отложения (при глубоких уровнях грунтовых вод).

В дополнение к схеме районирования [4] с учетом анализа развития специфических грунтов, на территориях развития второй (юг Томска) и третьей надпойменной террас,

федосовской и смирновской свит прогнозируются просадочные явления под нагрузками при замачивании (рис. 5.6): А-I-б эоловые отложения на II-ой надпойменной террасе, А-I³-в аллювиальные отложения II-ой надпойменной террасы, А-III²-в субаэральные отложения на подстилающих отложениях федосовской свиты, А-III²-г субаэральные отложения на подстилающих отложениях смирновской свиты, Б-III²-а субаэральные отложения на подстилающих отложениях федосовской свиты, Б-III²-б субаэральные отложения на подстилающих отложениях кочковской свиты. К просадке склонны глинистые грунты и пески пылеватые эоловых отложений, которые практически всегда имеют небольшую влажность и макропористое строение (подрайоны А-III¹-б эоловые отложения на подстилающих отложениях федосовской свиты, А-III¹-в эоловые отложения на подстилающих отложениях кочковской свиты). Пески более крупных фракций эоловых отложений и пайдугинской свиты зачастую находятся в рыхлом состоянии, что также неблагоприятно для строительства.

Для таких грунтов необходимо предпринимать мероприятия по улучшению их свойств с целью предотвращения их просадок в основании зданий и сооружений. По характеру воздействия на просадочный грунт они могут быть разделены на пять групп:

1. Уплотнение просадочных грунтов до плотности, при которой при замачивании полностью исключается возможность проявления просадки. На этом принципе основывается применение методов поверхностного уплотнения просадочных грунтов тяжелыми трамбовками, вытрамбовывание котлованов, устройство грунтовых подушек и глубинного уплотнения грунтовыми сваями, предварительным замачиванием, подводными и глубинными взрывами и др.

2. Закрепление просадочных грунтов, приводящее к повышению прочности связей между отдельными частицами грунта, как при естественной влажности, так и в водонасыщенном состоянии. Закрепление просадочных лёссовых грунтов осуществляется силикатизацией, обжигом и другими методами.

3. Полная или частичная прорезка просадочных грунтов сваями или опорами, исключая влияние просадочных грунтов на осадки фундаментов.

4. Приспособление конструкций зданий и сооружений к возможным неравномерным просадкам грунтов в основании.

5. Предохранение просадочных грунтов от замачивания (или резкого повышения их влажности), способствующее сохранению природной прочности просадочных лёссовых грунтов.

Применение первых четырех принципов полностью обеспечивает прочность, устойчивость и нормальную эксплуатацию зданий и сооружений, возводимых на

просадочных грунтах. Надежность последнего принципа полностью зависит от условий эксплуатации зданий и сооружений и поэтому он обычно применяется в комплексе с 1-м и 4-м. принципами.

Кроме перечисленных методов могут быть применены также конструктивные методы. На площадках с I типом грунтовых условий по просадочности водозащитные и конструктивные мероприятия должны предусматриваться только в тех случаях, когда по каким-либо причинам не могут быть устранены просадочные свойства грунтов в пределах деформируемой зоны или применена прорезка ее глубокими фундаментами.

Для просадочных грунтов с I типом грунтовых условий по просадочности область применения типовых проектов задается величинами среднего модуля деформации $E_{\text{ср}}$ и степени изменчивости сжимаемости грунта основания α_E . Средний модуль деформации основания на просадочных грунтах с I типом грунтовых условий принимается равным $E_{\text{ср}} = 0,5 (E_e + E_v)$, где E_e и E_v – соответственно нормативные значения модулей деформации просадочных грунтов при естественной влажности и в водонасыщенном состоянии, определяемые по результатам полевых или лабораторных испытаний с соответствующими поправками. Степень изменчивости сжимаемости основания, сложенного просадочным грунтом I типа при местном замачивании, оценивается

коэффициентом:
$$\alpha_E = \frac{S + S_{\text{пр}}}{S},$$
 где S – средняя осадка здания на просадочном грунте естественной влажности; $S_{\text{пр}}$ – возможная величина просадки грунта в пределах деформируемой зоны от наиболее нагруженного фундамента [53].

Грунты пучинистые. В данной работе на склонность к пучению были исследованы грунты четырех стратиграфо-генетических комплексов:

1. *Аллювиальные отложения пойм (aIV)* представлены в основном глинистыми грунтами: Супеси относятся к слабопучинистым и практически непучинистым, суглинки по показателю R_f относятся к слабо- и среднепучинистым до глубины 2,5 м, и сильнопучинистым на глубинах более 2,5–3 м (что менее опасно, так как глубина промерзания в районе работ приблизительно составляет 2,30–2,40 м).

2. *Верхнечетвертичные аллювиальные отложения второй надпойменной террасы (a²III)* сложены песчаными и глинистыми грунтами. *Песчаные грунты* представляют собой пески мелкие, средние и крупные. Степень неоднородности гранулометрического состава варьирует от 2 до 3,2, следовательно, в основном грунты однородные, непучинистые. *Супеси* являются слабопучинистыми до глубины 1,0 м, на глубинах более 1,0 м грунты относятся к среднепучинистым, и даже к сильнопучинистым.

3. *Нижне-среднечетвертичные озерно-аллювиальные отложения федосовской свиты (IaI-IIfd)* представлены песчаными и глинистыми отложениями. По показателю R_f суглинки относятся к слабо- и среднепучинистым.

4. *Эоплейстоцен-нижнечетвертичные озерно-аллювиальные отложения смирновской свиты (IaE-IIsmr)* представлены суглинками текучепластичными и относятся к слабопучинистым.

В то же время, необходимо отметить, что склонными к пучению также являются практически все тонкодисперсные увлажненные грунты с консистенцией близкой к текучей и залегающих в слое сезонного промерзания 2,5–3 м (в более суровые зимы). Согласно схеме районирования (рис. 5.6) это районы: А-I¹-б и А-I¹-в – аллювиальные отложения пойм притоков рр. Оби, Томи, А-III¹-в золотые отложения на подстилающих отложениях кочковской свиты, А-III²-в – субаэральные отложения на подстилающих отложениях федосовской свиты, А-III²-г – на подстилающих отложениях смирновской свиты.

Инженерно-мелиоративные мероприятия сводятся к осушению пучинистых грунтов или недопущению их водонасыщения **в зоне сезонного промерзания и ниже этой зоны на 2–3 м**. Выбор и назначение мелиоративных мероприятий должны находиться в зависимости от условий источника увлажнения (атмосферных осадков, верховодки или подземных вод), рельефа местности и геологических напластований с их фильтрационной способностью.

При составлении проектов строительства и их осуществлении в натуре на площадках, сложенных пучинистыми грунтами, следует по возможности избегать изменения направления естественных водостоков и учитывать наличие растительного покрова и требования к его сохранению.

При проектировании фундаментов на естественном основании с пучинистыми грунтами надлежит предусматривать надежный водоотвод подземных, атмосферных и производственных вод с площадки путем выполнения своевременно вертикальной планировки застраиваемой территории, устройства ливневой канализационной сети, водоотводных каналов и лотков, дренажа и других гидромелиоративных сооружений сразу же после окончания работ по нулевому циклу, не дожидаясь полного окончания строительных работ.

В общие меры по осушению участка входят мероприятия по осушению котлованов. До отрывки котлована в первую очередь необходимо защитить его от стока атмосферных вод с окружающей территории, от проникновения воды из соседних водоемов, канав и т. д. путем устройства берм или канав. Нельзя допускать застаивание воды в котлованах.

При небольшом притоке грунтовой воды следует организовать систематическое удаление ее через устройство колодцев глубиной на 1 м ниже дна котлована. Для понижения уровня грунтовых вод рекомендуется устройство по периметру котлована вертикальных дрен из песчано-гравийной смеси.

Обратную засыпку пазух при глинистых грунтах надлежит выполнять с тщательным послойным ее уплотнением ручными и пневмо- или электротрамбовками во избежание скопления в засыпке воды, которая повышает влажность грунта не только засыпки, но и грунта природного сложения.

Насыпные глинистые грунты при планировке местности в пределах застройки должны быть послойно уплотнены механизмами до объемной массы скелета грунта не менее $1,6 \text{ т/м}^3$ и пористости не более 40 % (для глинистого грунта без дренирующих прослоек). Поверхность насыпного грунта так же, как и поверхность на срезке, в местах, где отсутствует складирование стройматериалов и движение автотранспорта, полезно покрыть почвенным слоем в 10–15 см и задернить.

Уклон при твердых покрытиях (отмостки, площадки, подъезды и др.) должен быть не менее 3 %, а для задернованной поверхности – не менее 5 %. Строительные площадки, расположенные на склонах, должны быть ограждены до начала рытья котлованов от поверхностных вод, стекающих со склонов, постоянной нагорной канавкой с уклоном не менее 5 %. На строительных площадках, сложенных глинистыми грунтами и имеющих уклон местности более 2 %, при проектировании следует избегать устройства резервуаров для воды, прудов и других источников увлажнения, а также расположения вводов в здание трубопроводов канализации и водоснабжения с нагорной стороны здания или сооружения.

Нельзя допускать при строительстве скопления воды от повреждения временного водопровода. При обнаружении на поверхности грунта стоячей воды или при увлажнении грунта от повреждения трубопровода необходимо принять срочные меры по ликвидации причин скопления воды или увлажнения грунта вблизи расположения фундаментов.

Устройство прудов и водоемов, которые могут изменить гидрогеологические условия стройплощадки и повысить водонасыщение пучинистых грунтов застраиваемой территории, не допускается. Необходимо учитывать проектируемое изменение уровня воды в реках, озерах и прудах в соответствии с перспективным генеральным планом.

Следует избегать расположения зданий и сооружений ближе 20 м к действующим колонкам для заправки тепловозов, обмывки автомашин, снабжения населения и для других целей, а также не проектировать колонки на пучинистых грунтах ближе 20 м к существующим зданиям и сооружениям. Площадки вокруг колонок должны быть спланированы с обеспечением отвода воды.

Следует особо обращать внимание на сезон периодического подтопления территории, так как наиболее неблагоприятно сказывается на морозное пучение подтопление территории в осенний период, когда увеличивается водонасыщение грунтов перед промерзанием. Необходимо также прогнозировать искусственное повышение уровня грунтовых вод и природной влажности грунта за счет поступления промышленной воды при технологических процессах, связанных с большим потреблением воды. Проектирование инженерно-мелиоративных мероприятий должно базироваться на достоверных и детальном данных о наличии подземных вод, их дебите, направлении и скорости движения их в грунте, рельефе кровли водоупорного слоя. Без этих данных построенные дренажно-осушительные сооружения могут оказаться бесполезными. Если нет возможности избавиться от грунтовых вод и осушить грунты промерзающего слоя, то следует прибегнуть к проектированию конструктивных или термохимических мероприятий [55].

Грунты набухающие. Автором работы были получены данные о склонности к набуханию грунтов смирновской, сузгунской и тобольской свит. Здесь могут быть встречены от ненабухающих до сильнонабухающих разновидностей, и эти характеристики не являются для всех грунтов постоянными в течении года.

В проведенных ранее исследованиях отмечалась склонность к набуханию грунтов тобольской и лагернотомской свит. Таким образом, на схеме районирования добавим районы с развитием набухающих грунтов: Б-III⁴ – *озерно-аллювиальные отложения смирновской свиты*, Б-III⁵ – *озерно-аллювиальные отложения сузгунской толщи* и Б-III⁶ *озерно-аллювиальные отложения тобольской свиты*, Б-III⁶ – *дочетвертичные отложения*.

В виде прогноза отметим, что практически все грунты на территории нижнего течения р. Томи содержат гидрослюды, монтмориллонит, смешаннослойные минералы, галлуазит, вермикулит которые обуславливают их склонность к набуханию или усадке при влажности менее W_L .

Необходимо отметить, что гостированные методы исследования набухающих грунтов не учитывают возможность изменения влажности в результате погодных условий или мелиоративных работ, поэтому правильный прогноз поведения грунта при дегидратации позволит дать методика изучающая грунт начиная с его воздушно-сухого состояния.

В качестве основных мероприятий при проектировании следует учитывать: уменьшение коэффициента фильтрации грунтов при набухании, способствующее образованию верховодок, переувлажнению и засолению земель; снижение прочности

грунта; а также то, что набухающие грунты в регионах с сезонным промерзанием являются также и пучинистыми и подвержены морозному растрескиванию. Надежность сооружений на набухающих грунтах должна обеспечиваться комплексом мероприятий, включающих достоверный прогноз изменения свойств и деформаций грунтов, водозащитные мероприятия, устройство (при необходимости) искусственных оснований, конструктивные мероприятия и соответствующие технологии строительства. При проектировании оснований, сложенных набухающими грунтами, следует учитывать возможность:

набухания этих грунтов за счет подъема уровня подземных вод или инфильтрации – увлажнения грунтов производственными или поверхностными водами; набухания за счет накопления влаги под сооружениями в ограниченной по глубине зоне вследствие нарушения природных условий испарения при застройке и асфальтировании территории (экранирование поверхности);

набухания и усадки грунта в верхней части зоны аэрации – за счет изменения водно-теплового режима (сезонных климатических факторов);

усадки за счет высыхания от воздействия тепловых источников.

К мероприятиям, направленным на снижение или полное исключение возможных величин деформаций, вызванных набуханием (усадкой) грунта, относятся:

- водозащитные мероприятия;
- предварительное замачивание основания в пределах всей или части толщи набухающих грунтов;
- применение компенсирующих песчаных подушек;
- полная или частичная замена слоя набухающего грунта ненабухающим;
- полная или частичная прорезка фундаментами слоя набухающего грунта.

Глубину предварительного замачивания, толщину частично заменяемого слоя набухающего грунта или частичной его прорезки назначают в зависимости от требуемого снижения деформаций от набухания.

При возведении фундаментов на предварительно замоченном основании из набухающих грунтов следует предусматривать устройство подушек из песка, щебня или гравия либо упрочнение верхнего слоя грунта связующими материалами. Компенсирующие песчаные подушки устраивают на кровле или в пределах слоя набухающих грунтов при давлении, передаваемом на основание, не менее 0,1 МПа. Для устройства подушек применяют пески любой крупности, за исключением пылеватых, уплотняемые до плотности в сухом состоянии не менее 1,6 т/м³. Компенсирующие

песчаные подушки устраивают только под ленточные фундаменты, когда их ширина не превышает 1,2 м.

Уменьшение подъема фундамента на естественном основании из набухающих грунтов может обеспечиваться путем анкеровки фундамента с помощью свай, частично или полностью прорезающих набухающий слой. При этом нагрузка, передаваемая сооружением, воспринимается совместно фундаментом и сваями, а предельные деформации (осадки, подъемы) этой конструкции не должны превышать предельных значений.

К числу конструктивных мероприятий относят увеличение жесткости и прочности сооружения путем разбивки его на отдельные отсеки осадочными швами. Отсек должен иметь правильную геометрическую форму в плане и одинаковую высоту. Увеличение жесткости и прочности достигается также введением железобетонных непрерывных поясов толщиной не менее 15 см, устраиваемых по высоте в нескольких уровнях. Пояса следует армировать каркасами, располагаемыми на уровне перекрытий или верха проема и полностью перекрывающими наружные стены. Пояса предусматривают при частичной прорезке набухающих грунтов; частичной замене набухающего грунта ненабухающим; устройстве компенсирующих подушек; предварительном замачивании набухающих грунтов.

Замену набухающего грунта производят местным ненабухающим грунтом, уплотняемым до заданной плотности. Проектирование оснований сооружений в этом случае должно выполняться как на обычных ненабухающих грунтах.

Допускается использовать набухающие грунты для обратной засыпки пазух и траншей при условии, что горизонтальное давление, вызванное их увлажнением, окажется допустимым для данного сооружения, а возможный подъем грунта засыпки не приведет к ухудшению условий эксплуатации. Уплотнение грунтов производят в соответствии с требованиями, принятыми для устройства грунтовых подушек и обратных засыпок из обычных грунтов. Снижения интенсивности набухания удается добиться за счет максимального сокращения сроков работ по возведению фундаментов, используя при этом водонепроницаемые материалы и слабо фильтрующие обратные засыпки.

При прорезке сваями набухающего грунта следует учитывать развитие сил трения по их боковым поверхностям. Если эти силы окажутся больше нагрузки, приходящейся на сваи, то фундамент может подняться, вызвав деформацию сооружения.

Иногда применяют компенсирующие песчаные подушки, позволяющие частично сглаживать неравномерное набухание грунта вследствие более равномерного распределения давления на большую площадь. Одновременно песчаные подушки

способствуют сравнительно равномерному развитию набухания, обеспечивая стекание влаги с мест большего подъема набухшего грунта в пониженные зоны, где набухание замедлилось, тем самым автоматически регулируя развитие процесса набухания [62 , 61].

При строительстве гидротехнических сооружений [11], если расчетная деформация набухающего основания не превышает предельных значений (обязательное приложение 3), сооружения должны возводиться на естественных основаниях. В противном случае необходимо устройство искусственного основания путем замены набухающего грунта ненабухающим на глубину, при которой деформации основания будут не более предельных, или применять мероприятия согласно п.п. 1.7, 1.8, 1.9 или заглублять фундаменты сооружений на глубину более H_{sw} .

Для уменьшения касательных сил набухания следует, как правило, предусматривать наклон вертикальных гребней в сторону от обратной засыпки на $5-10^\circ$ и нанесения на них покрытий, уменьшающих коэффициент трения грунта по их поверхности.

Глубина канала, проходящего в набухающих грунтах, с целью обеспечения его пропускной способности и требуемых уровней воды следует назначать с учетом возможных подъемов дна и откосов.

При проектировании каналов на косогорах поперечное сечение канала, проходящего в набухающих грунтах, следует принимать в выемке так, чтобы расстояние от уреза воды в канале до естественной поверхности откоса на уровне, соответствующем пропуску расчетного расхода, было не менее трех глубин воды в канале.

При креплении откосов каналов в набухающих грунтах в зоне колебания уровня воды и волнового воздействия, следует, как правило, предусматривать гибкие крепления. Деформационные швы должны сохранять водонепроницаемость при относительном смещении стыкуемых элементов до 1 см.

Лотковую оросительную сеть надлежит проектировать на свайных или сточных опорах. Свайные опоры принимаются забивными железобетонными с глубиной забивки не менее 2,5 м. Под стоечные опоры необходимо предусматривать ненабухающие грунтовые подушки согласно п. 3.1. Необходимо предусматривать вдоль трасс лотков и трубопроводов планировку, исключающую возможность скопления воды.

Для стыковых соединений лотков следует применять усиленную герметизацию (например, пороизоловые прокладки с заполнением полости шва мастиками типа тиоколовых), с учетом поворота смежных звеньев лотка на угол до 2° .

Для каналов, проходящих в полувыемке-полунасыпи, удельный вес сухого грунта насыпи необходимо назначать не менее 0,93 от наибольшего удельного веса сухого грунта при стандартном уплотнении грунта.

При проектировании плотин и дамб при использовании набухающих грунтов в теле плотин и дамб следует предусматривать их отсыпку в зонах, где будет исключено их усадочное или морозное растрескивание. Не допускается применение набухающих грунтов в верхней части плотин, в зоне сезонного промерзания, определяемой с коэффициентом 1,3, если отметка форсированного подпертого уровня воды выше границы промерзания.

При использовании набухающих грунтов в ядрах или экранах плотин, а также в понурах выше наименьшего уровня воды, следует предусматривать защитный слой ненабухающего грунта не менее расчетной глубины промерзания и во всех случаях не менее 1,5 м.

При расчете устойчивости откосов плотин следует использовать сдвиговые характеристики грунтов с учетом их изменения при набухании и усадке грунта.

При расчете устойчивости и прочности подпорных стенок и доковых конструкций следует учитывать возможность усадки набухающего грунта засыпки и соответствующего уменьшения бокового давления со стороны тыловой грани. Для предотвращения фильтрации следует предусматривать диафрагмы, прорезающие зону усадочных деформаций.

При расчете активного и пассивного давления грунта на сооружения необходимо учитывать дополнительное горизонтальное давление набухающего грунта.

Превышение гребня плотин и дамб над форсированным уровнем воды следует принимать не менее глубины сезонного промерзания с коэффициентом 1,3.

После проведения предварительного замачивания продолжительность строительно-монтажных работ не должна, как правило, превышать период, за который осадка поверхности вследствие подсыхания грунта основания будет больше предельной деформации, для данного сооружения (облицовка сооружения на каналах).

Для контроля за деформациями сооружений на набухающих грунтах следует предусматривать нивелирование по фиксированным маркам от неподвижного репера.

После проведения предварительного замачивания продолжительность строительно-монтажных работ не должна, как правило, превышать период, за который осадка поверхности вследствие подсыхания грунта основания будет больше предельной деформации, для данного сооружения (облицовка сооружения на каналах).

Для контроля за деформациями сооружений на набухающих грунтах следует предусматривать нивелирование по фиксированным маркам от неподвижного репера [11].

Органические и органоминеральные грунты. Представлены верховыми, переходными и низинными типами торфа комплекса озерно-болотных отложений.. Залежи различной степени обводнения, различной глубины, чаще в целом сложные для проходимости техники в летний период и не малопригодные в качестве оснований сооружений.

Опираие фундаментов непосредственно на поверхность органоминеральных и органических грунтов не допускается, если они представлены сильнозоторфованными грунтами и торфами, сапропелями и илами.

При расчетных деформациях основания, сложенного органоминеральными и органическими грунтами, больше предельных или недостаточной несущей способности основания должны предусматриваться следующие мероприятия:

1. полная или частичная прорезка слоев органоминеральных и органических грунтов фундаментами;
2. полная или частичная замена органоминерального и органического грунта песком, гравием, щебнем и т. д.;
3. уплотнение грунтов временной или постоянной пригрузкой основания сооружения или всей площадки строительства насыпным (намывным) грунтом или другим материалом (с устройством фильтрующего слоя или дрен при необходимости ускорения процесса консолидации основания);
4. закрепление илов буросмесительным способом.

В зависимости от типа основания (*I тип* – в пределах всей сжимаемой толщи основания залегают органоминеральные или органические грунты; *II* – в верхней части сжимаемой толщи основания залегают слой органоминерального или органического грунта; *III* – в нижней части сжимаемой толщи основания залегают органоминеральные или органические грунты; *IV* – сжимаемая толща в пределах пятна застройки здания включает односторонне (*IVa*), двусторонне (*IVб*) вклинившиеся линзы или содержит множество линз (*IVв*) из органоминеральных или органических грунтов; *V* – в пределах глубины сжимаемой толщи находится одна (*Va*) или несколько прослоек (*Vб*) органоминерального или органического грунта, границы которых в плане выходят за пределы пятна застройки здания), степени заторфованности, глубины залегания и толщины органоминеральных и органических грунтов, а также конструктивных особенностей проектируемого сооружения и предъявляемых к нему эксплуатационных требований рекомендуются следующие варианты специальных мероприятий: уплотнение

основания временной или постоянной нагрузкой, в том числе с устройством вертикальных дрен и дренажных прорезей – для оснований I и II типов; полная или частичная прорезка слоя органоминеральных и органических грунтов фундаментами, в том числе свайными, – для оснований II, IV и V типов; выторфовка линз или слоев органоминерального и органического грунта с заменой его минеральным грунтом – для оснований II, IV и V типов; устройство фундаментов (столбчатых, ленточных и т. п.) на песчаной, гравийной, щебеночной подушке или на предварительно уплотненной подсыпке из местного материала – для всех типов оснований; устройство сооружений на плитных фундаментах, перекрестных монолитных или сборно-монолитных лентах и т. п. с конструктивными мероприятиями по повышению пространственной жесткости сооружения – для всех типов оснований.

В отдельных случаях основание, содержащее органоминеральные и органические грунты, может быть использовано при соблюдении определенной скорости передачи нагрузки или при применении конструктивных мероприятий (введение поясов жесткости, разбивка здания на отдельные секции и т. п.).

Песчаные подушки, устраиваемые под фундаментами с целью замены органоминеральных и органических грунтов, уменьшения давления на нижележащие слои, повышения, в случае необходимости, отметки подошвы фундаментов, ускорения процесса консолидации (уплотнения) нижележащих грунтов, устраивают, как правило, из песков крупных и средней крупности. В отдельных случаях допускается применение щебня, гравия, шлака или гравийно-песчаной смеси. Мелкие пески для устройства подушек не рекомендуются [62, 64]

Выводы

1. Определены характеристики состав, физические и физико-механические свойства верхней части разреза четвертичных отложений, и на основе сравнительного выявлено, что наиболее благоприятны для строительства грунты второй террасы и сузгунской свиты из исследованных структурно-генетических комплексов.

2. На основе лабораторных испытаний грунтов выявить взаимосвязи между показателями свойств и получить регрессионные зависимости, позволяющие прогнозировать механические характеристики

3. На территории нижнего течения р. Томи из специфических грунтов наибольшее распространение получили просадочные, органические и органоминеральные, набухающие и пучинистые. По материалам ранее проведенных работ засоленные грунты не распространены, встречаются редко техногенные, элювиальные грунты дочетвертичных отложений в работе не были исследованы, хотя на территории г.Томска встречаются. На основе систематизации данных и полученных автором новых материалов в дополнение к схеме районирования территории для массового строительства с учетом анализа развития специфических грунтов на территории добавлены районы и подрайоны с распространением специфических грунтов. Для таких грунтов в работе приведены рекомендации по проведению мероприятий с целью улучшению их свойств и предотвращения нежелательных процессов ведущих к деформациям оснований и сооружений.

4. В итоге необходимо отметить, что экзогенные процессы, наблюдающиеся в пределах района, связаны с особенностями рельефа местности, широким развитием лессовых, легко размываемых водой пород, и характером первого от поверхности водоносного горизонта. Отмеченные факторы являются причиной широкого развития оврагообразования, береговой эрозии рек, оползней по склонам речных долин, заболачивания, морозного пучения грунтов. Наиболее широкое развитие на террасах правобережья получили процессы заболачивания и торфяные отложения, являющиеся слабыми специфическими грунтами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе рассмотрены физико-географические, геологические гидрогеологические и инженерные геологические условия района.

Особенностью гидрогеологических условий рассматриваемого района является его приуроченность к области сочленения двух крупных гидрогеологических структур: Западно-Сибирского артезианского бассейна и Колывань-Томской складчатой зоны.

Основную роль в питании подземных вод всех выделенных водоносных горизонтов и комплексов играет инфильтрация атмосферных осадков. В направлении реки Томи разности абсолютных отметок уровней воды в первом от поверхности водоносном горизонте и нижележащих горизонтах существенно уменьшаются, местами достигая отрицательных значений, что обеспечивает восходящее движение подземных вод.

Вблизи р. Томи динамика изменения уровней подземных вод полностью определяется сезонными колебаниями уровней поверхностных вод. В период половодья уровни воды в реке превышают уровни грунтовых вод в аллювиальном водоносном горизонте, что приводит к смене направления фильтрационного потока. В это время река, вместо области разгрузки, становится областью питания грунтовых вод.

Изученные природные воды являются ультрапресными и пресными с минерализацией 0,01–0,2 г/л в речных и болотных водах и слабосоленатыми с минерализацией до 2 г/л в подземных водах, слабокислыми и околонеитральными, реже кислыми и слабощелочными; по жесткости воды от мягких до умеренно жестких. По анионно-катионному составу воды в основном гидрокарбонатные магниево-кальциевыми, или хлоридными магниево-кальциевыми, реже натриево-кальциевыми, иногда хлоридно-гидрокарбонатные натриево-кальциевые. В водах очень высоки содержания Feобщ, количество которого составляет от 1,5 в речных водах до 20 мг/л в болотах.

По комбинации анионов и катионов были определены гипотетические комбинации солей которые в процентном выражении составляют повышено содержание $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ от 7 до 70 % и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ от 5 до 43 %, В нескольких пробах повышено содержание NaCl: и остальные соли составляют незначительное количество.

Проведена систематизация материалов ранее проведенных работ и дана характеристика условий залегания, состава и свойств грунтов по структурно-генетическим комплексам четвертичных отложений верхней части разреза в районе исследований.

Определены характеристики состав, физические и физико-механические свойства верхней части разреза четвертичных отложений, и на основе сравнительного выявлено,

что наиболее благоприятны для строительства грунты второй террасы и сузгунской свиты из исследованных структурно-генетических комплексов.

На основе лабораторных испытаний грунтов выявить взаимосвязи между показателями свойств и получить регрессионные зависимости, позволяющие прогнозировать механические характеристики

На территории нижнего течения р. Томи из специфических грунтов наибольшее распространение получили просадочные, органические и органоминеральные, набухающие и пучинистые. По материалам ранее проведенных работ засоленные грунты не распространены, встречаются редко техногенные, элювиальные грунты дчетвертичных отложений в работе не были исследованы, хотя на территории г.Томска встречаются. На основе систематизации данных и полученных автором новых материалов в дополнение к схеме районирования территории для массового строительства с учетом анализа развития специфических грунтов на территории добавлены районы и подрайоны с распространением специфических грунтов. Для таких грунтов в работе приведены рекомендации по проведению мероприятий с целью улучшению их свойств и предотвращения нежелательных процессов ведущих к деформациям оснований и сооружений.

В итоге необходимо отметить, что экзогенные процессы, наблюдающиеся в пределах района, связаны с особенностями рельефа местности, широким развитием лессовых, легко размываемых водой пород, и характером первого от поверхности водоносного горизонта. Отмеченные факторы являются причиной широкого развития оврагообразования, береговой эрозии рек, оползней по склонам речных долин, заболачивания, морозного пучения грунтов. Наиболее широкое развитие на террасах правобережья получили процессы заболачивания и торфяные отложения, являющиеся слабыми специфическими грунтами.

Список литературы

1. Афанасьева Т.В., Василенко В.И., Терешина Т.В, Шеремет Б.В. Почвы СССР. М.: «Мысль», 1979. – 376с.
2. Анализ новейших движений при инженерно-геологическом районировании (на примере 3-С плиты) Изд-во МГУ 1976 136стр.
3. Амарян Л.С. Свойства слабых грунтов и методы их изучения. – М.: Недра, 1990. – 220 с.
4. Альшанский, А.М., Альшанская Н.Г. и др. ГЭИК с гидрогеологическим и инженерно-геологическим доизучением листа 0-45-XXXI масштаба 1:200000. Отчет южного отряда. Кн.1. ОФ. ОАО «Томскгеомониторинг». Томск, 2001, 338с.
5. Бондарик Г.К. Методика инженерно-геологических исследований. М.: Недра, 1986, 328с.
6. Бондарик Г.К., Виктров С.В., Гудилин И.С. и др. Методическое руководство по инженерно-геологической съемке масштаба 1:200 000. М.: Недра, 1978, 391с.
7. Болота Западной Сибири, их строение и гидрологический режим. / Под редакцией К.Е. Иванова, С.М. Новикова – Л.: Гидрометиздат, 1976. – 350с.
8. Врублевский В.А., Нагорский М.П., Рубцов А.Ф., Эрвье Ю.Ю. Геологическое строение области сопряжения Кузнецкого Алатау и Колывань-Томской складчатой зоны.– Томск: Изд-во Том. ун-та, 1987. – 96 с.
9. Вялов С.С. Реология мерзлых грунтов / Под редакцией В.Н Разбегина. – М.Стройиздат. 2000.– 464с.
10. ВСН 33–2.2.06–86 Мелиоративные системы и сооружения. Оросительные системы на просадочных грунтах. Нормы проектирования.
11. ВСН 33-2.2.07-86. Сооружения на набухающих грунтах.
12. Гермасиов В.Я., Мокренко В.Д., Муратов М.И. И др. Томское месторождение подземных вод. (Окончательный отчет Обь-Томской и таганской партий за 1968-1974г.г.) Томск: Томская КГРЭ, 1974, 408с.
13. Гидрогеология СССР, том XVI, Западно-Сибирская равнина (Тюменская, Омская, Новосибирская и Томская области) / под ред. В.А. Нуднера и др.. – М.: Изд-во «Недра», 1970. – 368 с.
14. ГОСТ Р 51592- 2000. Вода. Общие требования к отбору проб. – М.: Госстандарт РФ. – 31 с.
15. ГОСТ 30416–96. Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения.
16. ГОСТ 25100–95 Грунты классификация.

17. ГОСТ 23161–78 Грунты. Метод лабораторного определения характеристик просадочности.
18. ГОСТ 28622–90. Метод лабораторного определения степени пучинистости.
19. Гоулдстейн Дж., Ньюбери Д., Эчлин П., Джой Д., Фиори Ч., Лифшин Э. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ: В 2-х книгах. Книга 1. Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 303 с.
20. Демидов Н.А. Никонов Б.С. Инженерно-геологические условия водохранилища Томской ГЭС на р.Томи. (отчет Корларовской партий по работам 1956-1957гг.) Томск: Томская КГРЭ, 1974, 270с.
21. Дюкарев А.Г. Природные ресурсы Томской области // А.Г. Дюкарев, Ю.А. Львов. – Новосибирск: Западно-Сибирское книжное изд-во, 1991. - 176 с.
22. Дюкарев А.Г., Львов Ю.А., Пологова Н.Н., Лапшина Е.Д., Березин А.Е., Льготин В.А., Мульдияров Е.Я. Природно-ресурсное районирование Томской области // Природокомплекс Томской области. Вып. 2. - Томск, 1995. - С. 3-10.
23. Дюкарев А.Г. Ландшафтно-динамические аспекты таежного почвообразования в Западной Сибири / А. Г. Дюкарев ; Институт мониторинга климатических и экологических систем. — Томск: Изд-во НТЛ, 2005. — 284 с.
24. Евсеева Н.С. География Томской области. - Томск: Изд-во Том.ун-та, 2001. - 222 с.
25. Ершова С.Б. Анализ новейших движений при инженерно-геологическом районировании. (на примере З-С плиты) Изд-во МГУ 1976 136стр.
26. Евсеева Н.С., Земцов А.А. Рельефообразование в лесоболотной зоне Западно-Сибирской равнины.-Томск: Изд-во Том. Университета, 1990,-242 с.
27. Евсеева Н.С. Пояснительная записка к геоморфологической карте Томской области масштаба 1:1000000. ОАО «Томскгеомониторинг». Томск, 2001.-7с.
28. Егоров Б.А., Скогорев А.И. и др. Обобщение и анализ геологических, гидрогеологических, гидрогеологических и инженерно-геологических материалов по территории г. Томска с целью обоснования проведения картографирования масштаба 1:25000. Отчет, ОФ. ОАО «Томскгеомониторинг». Томск, 2001.-274с.
29. Египетский кодекс механики грунтов и фундаментов в разработке и реализации. Научно-исследовательский центр для жилищного строительства. № 202. 2001 г- с.142-152.

30. Емельянова Т.Я., Крамаренко В.В. Обоснование методики изучения деформационных свойств торфа с учетом изменения степени его разложения // Известия ТПУ. №5. 2004. С. 28–32.
31. Иванов К.В. Черныппев Г.А., Смоленцев Ю.К. Геологическое строение и полезные ископаемые листа 0-45-XXXI. (Окончательный отчет Киреевской геолого-съёмочной партии за 1958-1959г.г) Томск: Томская комплексная экспедиция, 1959, 302с.
32. Западной Сибири. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2003. -296 с.
33. Земцов А. А. География Томской области. Томск: Изд-во ТГУ, 1988,246с.
34. Инженерная геология СССР. – М.: Изд-во моск ун-та, 1976. – Т. II. – 494 с).
35. Инженерно-геологическая характеристика современных геологических процессов Томского Приобья. А.И. Сергеев, А.С. Герасимова, В.Н. Коломенская./ В кн Природные условия Западной Сибири. Изд-во Московского университета, 1972 вып 1. Стр.177-190
36. Кузеванов К.И., Исследование техногенных изменений гидрогеологических условий г.Томска. / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Томск: Тпу. 1998, -20с.
37. Климат Томска. - Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 176 с.
38. Карлсон, В.Л., Емельянова Т.Я. Ермакова Н.А. Колпакова В.Я. гидрогеологические, и инженерно-геологические условия листа 0-45-XXXI. (отчет нелюбинской партии по работам за 1973-1975г.г.). Томск, Томская комплексная экспедиция, 1975, 338с.
39. Колоколова О.В. Геохимия подземных вод района Томского водозабора (Томская область): Дис... канд. геол.-мин. наук. – Томск, 2003. – 197 с.
40. Коробкин, В.А., Шинкоренко О.Ф., Митяева Н.В. и др. Гидрогеологические, инженерно-геологические условия и районирование центральной части Обь- Томского междуречья листов 0-45-121-В, 122-В, 122-Г, 134-А, 134-Б для целей мелиоративного строительства.(Отчет рыбаловской партии по комплексной съёмке масштаба 1:50 000 за 1978-1983гг.) Томск, Томская ГРЭ, 1983, 448с.
41. Льготин В.А. Склоновые процессы в томском приобье. /Вопросы географии сибиря. Вып. 18. Томск: Тгу, 1989.с.
42. Льготин В.А., Савичев О.Г., Нигороженко В.Я. Состояние поверхностных водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений на территории Томской области в 2000-2005 гг. – Томск: ОАО «Томскгеомониторинг», 2006. – 88 с.
43. Львов Ю.А. Болотные ресурсы // Природные ресурсы Томской области / Под ред. Дюкарева А.Г. – Новосибирск: Наука, 1991.– С. 67 – 83.

44. Лапшина Е.Д. Флора болот юго-востока Западной Сибири. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2003. -296 с.
45. Ломтадзе В.Д. Методы лабораторных исследований физико-механических свойств горных пород. – Л.: Недра, 1972. – 312 с.
46. Макушин Ю.В. и др. Отчет по теме: «Переоценка эксплуатационных запасов подземных вод Томского месторождения». – Томск, 2005. – 436 с.
47. Мокренко В.Д., Герасимов В.Я. Гидрогеологические условия Обь-Томского междуречья // Новые данные по геологии и полезным ископаемым Западной Сибири. Вып.9.– Томск: Изд-во ТГУ, 1974. – с. 22-29.
48. Наливайко Н.Г. Микрофлора подземных вод города Томска как критерий их экологического состояния. / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Томск: Тпу. 2000, -21с.
49. Непряхин Е.М. Почвы Томской области. – Томск, 1977. – 436 с.
50. Новейшая тектоника нефтегазоносных областей Западной Сибири . Под ред. Н.А. Флоренсова , И.П. Варламова. М., Недра, 1981. 239 с.
51. О.Л. Лисс, Н.А. Березина. Возраст и закономерности развития болот центральной части западно-сибирской равнины. Исследование ТМР. Межвузовский тематический сборник. Калининский государственный университет. Калинин, 1979 С 24-33.
52. O.S. Naymushina, S.L. Shvartsev, M.A. Zdvizhkov, A. El-Shinawi. Chemical characteristics of swamp waters: A case study in the Tom River basin, Russia // Proceedings of the 13th international conference on water-rock interaction WRI-13, Guanajuato, Mexico. Publ. byCRCPress.// Balkemabook, 2010. – pp 955-958.
53. Парначёв В.П., Парначёв С.В. Геология и полезные ископаемые окрестностей города Томска. Материалы к полевой геологической экскурсии. Справочное пособие. Томск: Томский государственный университет, 2010. 192 с.
54. Попов И.В. Инженерная геология. Издательство московского университета, 1959, 510с.
55. Руководство по проектированию и защите от коррозии подземных металлических сооружений связи. Москва «связь» 1978. – 107 с.
56. Руководство по проектированию оснований и фундаментов на пучинистых грунтах.
57. Савичев О.Г. Реки Томской области: состояние, использование и охрана. – Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2003. – 202 с.
58. Сурков В.С., Жеро О. Г. Фундамент и развитие платформенного чехла Западно-Сибирской плиты. – М.: Недра, 1981. - 143 с.

59. Сильвестров В.Н. Стратиграфия четвертичных отложений Томской области масштаба 1:500000. Томск, 1997.-12с.
60. Состояние геологической среды (недр) территории Сибирского федерального округа в 2010 г. Информационный бюллетень / под ред. В.А. Льготина и др. – Вып.7, ОАО «Томскгеомониторинг»– Томск: ООО «СтандАрт», 2011.– 144 с.
61. СП 50–101–2004. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений.
62. СП 11–105–97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть IV. Правила производства работ в районах распространения многолетне мерзлых грунтов.
63. Справочное пособие. Томск: Томский государственный университет, 2010. 192 с.
64. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция.
65. Соколова Т.А., Дронова Т.Я., Толлешта И.И. Глинистые минералы в почвах: Учебное пособие.– Тула: Гриф и К, 2005.– 336 с.
66. СНиП 2.02.01–83 Основания зданий и сооружений. М.: Стройиздат.
67. Сулакшина Г.А. и др. Инженерно-геологические условия строительства промышленных и гражданских комплексов юго-восточной части Томской области. Отчет. ОФ. «ТГРЭ». Томск, 1971.-240 с.
68. Сергееву А. И I и II тип верховых торфяных массивов по классификации.(1969).
69. Сергеев, А.И. Герасимова, А.С. Коломенская, В.Н. Инженерно-геологическая характеристика современных геологических процессов Томского Приобья // Природные условия Западной Сибири. – М.: Изд-во Московского университета, – Вып 1. – 1972. С. 177–190
70. Сергееву, Е.М. и Ершовой, С.Б. 1976г, классификации верховых торфяных массивов.
71. Шварцев С.Л., Зуев В.А., Бычков В.Я. Эколого-геохимическая оценка состояния и качества подземных вод Томского водозабора. Научный отчет. ТО ОИ ГГиМ, Томск, 1994. – 153 с.
72. Шварцев, Степан Львович. О некоторых спорных проблемах Томского водозабора / С. Л. Шварцев, А. А. Лукин // Обской вестник : научно-практический журнал / Комитет России по водному хозяйству ; Сибирское соглашение ; Обской бассейновый совет ; Российская академия наук (РАН), Сибирское отделение (СО), Институт водных и экологических проблем (ИВЭП) ; НИИ горного природопользования ; Водоканал Барнаула ; Ноосфера ; гл. ред. В. С. Ревякин. — Томск., 1999. — № 3-4. — С. 126-131.
73. Шварцев С.Л. и др. Проведение инженерно-экологических работ для предпроектной подготовки (выбор площадки) строительства Северской АЭС. Отчет о научно-исследовательской работе. Том 1. – Томск, 2008. – 526 с.

74. Шумилова Л.В. Ботаническая география Сибири. - Томск: Изд-во Том.ун-та, 1962. - 440 с.
75. Piper, A.M., (1944): Agraphic procedure in the geochemical interpretation.
76. Hill, R.A., (1940): geochemical patterns in coachella valley, Am. Geophys. Union Trans. Vol. 21, pp 46-53.
77. Milner, H. B. (1962): Sedimentary petrography, Allen and Uwin Ltd., London, 715p.
78. Nagelschmidt, (1938) Mineral. Mag., Vol. 25, 140 P.
79. Brindely and Robinson, (1944) Mineral. Mag. Vol. 27, 242P.
80. Pettijohn, F.G., Potter, P.E. and Siever, R. (1973). Sand and sandstone. Springer -Verlag: 618 P.
81. Bates, T.F. and Comer, J.J. (1955) electron microscopy of clays: clays and clay minerals Vol. 3. pp1-25.
82. Swanson and Fuyat(1953), Natl.Bur. Stand. (U. S). Circ. 539, 3.
83. Holtz, W.G. and Gibbs, H.J. (1956): Engineering properties of expansive clays, Trans. Am. Soc. Civil Engrs., v. 121, pp. 63-64.
84. Muller, G. (1967): Methods in sedimentary petrology, hafner publishing Co., New York, London.