

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Томск – 2012

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Национальном исследовательском Томском политехническом университете»

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук, профессор Степан Львович Шварцев

Официальные оппоненты: Кусковский Виктор Семенович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН (г.Новосибирск), главный научный сотрудник

Щербак Геннадий Гаврилович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, профессор кафедры инженерной геологии и геоэкологии

Ведущая организация: Тюменский государственный нефтегазовый университет

Защита диссертации состоится «30» мая 2012 г. в 13⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета ДМ 212.269.03 при ФГБОУ ВПО «Национальном исследовательском Томском политехническом университете», по адресу: 634034, г. Томск, пр. Ленина, 2а, строение 5, 20 корпус, 504 аудитория.

С диссертацией можно ознакомиться в Научно-технической библиотеке ФГБОУ ВПО «Национального исследовательского Томского политехнического университета» (634050, г. Томск, ул. Белинского, 55).

Автореферат разослан «___» _____ 2012 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Лепокурова Олеся Евгеньевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. 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 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 определялось 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 околонейтральные, 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, слабовсхлопленным 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 218 страниц, включая 83 рисунков, 41 таблиц и списка литературы из 84 наименований.

Автор выражает глубокую благодарность за постоянное внимание, полезное обсуждение результатов исследований, ценные советы и замечания при написании данной работы своему научному руководителю д.г.-м.н., профессору, зав. кафедры ГИГЭ ИПР ТПУ С.Л. Шварцеву.

Особую признательность хочется выразить своему второму научному руководителю к.г.-м.н., доценту кафедры ГИГЭ ИПР ТПУ Крамаренко В.В., а также ассистенту кафедры ГИГЭ ИПР ТПУ Наймушиной О.С. за постоянную поддержку и неоценимую помощь, оказанную на разных этапах подготовки диссертационной работы

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, представлена цель исследования, научная новизна, практическая значимость, положения, выносимые на защиту, апробация результатов работы, структура и объём диссертации.

В первой главе представлен обзор, проведенных ранее гидрогеологической и инженерно-геологической изученности территории нижнего течения р. Томи. 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.

В второй главе представлена физико-географическая характеристика района исследования, в том числе: климат, рельеф, почвенный и растительный покров, гидрология и химический состав речных вод.

Воды малых рек по химическому составу являются гидрокарбонатными магниево-кальциевыми, нейтральными и слабощелочными. 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. Воды правобережных притоков являются пресными с очень малой и малой минерализацией, которая меняется от 15 мг/лв р. Шишкобойка до 200 мг/л в р. Камышка, гидрокарбонатными кальциевыми (максимальное значение HCO_3^- 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. 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.

По комбинации анионов и катионов были определены гипотетические комбинации солей в воде, которые в процентном выражении составляют: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ от 41 до 79 %, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ от 5 до 43 %, остальные соли составляют менее 12 %.

В третьей главе представлено геологическое строение, стратиграфия, тектоника, геоморфология и современные геологические и инженерно-геологические процессы, гидрогеологические процессы (заболачивание и болото-образование), гравитационные и криогенные процессы.

В четвертой главе описаны 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. 1).

В районе работ выделяются следующие водоносные горизонты и комплексы:

Водоносный комплекс неоген-четвертичных отложений включает в себя гидравлически взаимосвязанные водоносные и водоупорные горизонты озерно-болотных

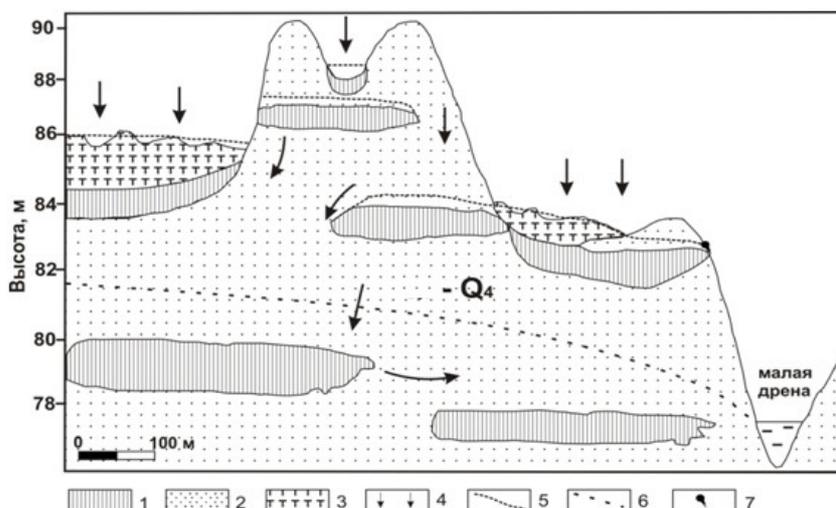


Рис. 1. Схематический гидрогеологический разрез исследуемой территории: 1– суглинок; 2– песок; 3– торф; 4– направление движения вод; 5– верховодка; 6 – уровень грунтовых вод; 7 – родник

отложений, отложений пойм рек; надпойменных террас, древних ложбин стока и аккумулятивных равнин. Водоносный комплекс распространен повсеместно в пределах Обь-Томского междуречья и на правобережье р. Томь. 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. Водовмещающие породы пойменных осадков сложены песками и гравийно-галечниковыми отложениями мощностью от 5 до 23 м.

Водоносный комплекс палеогеновых отложений является основным источником 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.

Водоносный комплекс меловых отложений объединяет водоносные горизонты симоновской и сымской свит. Данный комплекс широко распространен в пределах характеризуемого района, отсутствуя в юго-восточной части Обь-Томского междуречья.

Подземные воды трициноватой водоносной зоны палеозойских образований распространены повсеместно, выходя на дневную поверхность на правом берегу р. Томи и резко погружаясь в северном и северо-западном направлениях.

Условия питания и разгрузки подземных вод

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

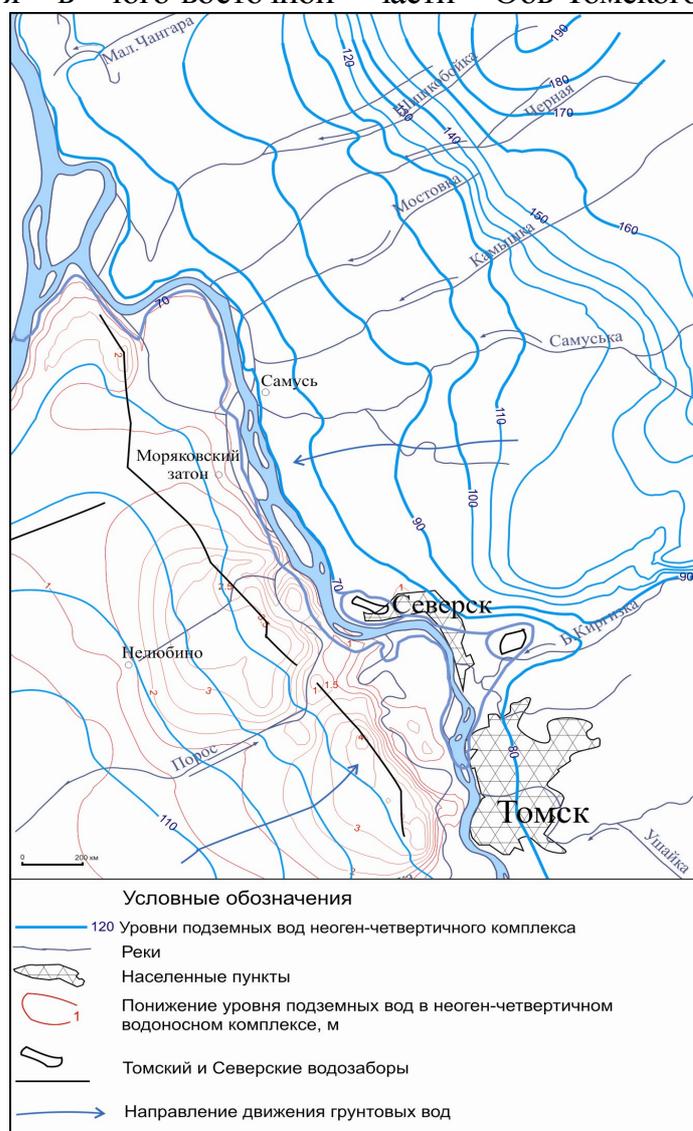


Рис. 2. Карта гидроизопъез неоген-четвертичного водоносного комплекса.

Примечание: Карта построена Наймушиной О.С. на основе собственных данных, данных А.А. Лукина (1999) и ОАО «Томскгеомониторинг» на 2010 г. (2011)

построенной на основе данных ОАО «Томскгеомониторинг» на 2010 г., показывает, что в урвонных поверхностях верхнего водоносного комплекса отражается главная роль местного площадного питания (рис. 2). Структура фильтрационного потока водоносных горизонтов палеогенового комплекса в целом аналогична структуре неоген-четвертичного комплекса и характерна для потоков, получающих инфильтрационное питание с образованием водораздела и направлением их движения в сторону основных областей разгрузки – рр. Обь и Томь. Дренирующее влияние Томского и Северских водозаборов за время своего функционирования привело к образованию депрессионной воронки. Понижение уровней подземных вод составляет до 4 м для неоген-четвертичного и до 10 м для палеогенового водоносного комплекса.

Химический состав болотных вод

Болотные воды изученной территории 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.

Химический состав подземных вод

Подземные воды неоген-четвертичного водоносного комплекса по химическому составу являются гидрокарбонатными, иногда хлоридно-гидрокарбонатными натриево-кальциевыми, магниево-кальциевыми, чаще всего умеренно жесткими. Среда вод нейтральная и слабощелочная. Минерализация изменяется от 0,1 до 0,6 г/л.

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.

Воды мелового водоносного комплекса 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.

Из вышесказанного вытекает первое защищаемое положение: На исследуемой территории развиты типы вод: речные, озерные, болотные, грунтовые и артезианские воды. По составу они преимущественно пресные, слабокислые и околонеутральные, отличаются повышенными содержаниями органических веществ, Fe, Mn и др. элементов, обусловлены относительно низким водообменом и преимущественно глеевой геохимической обстановкой.

В пятой главе приводится характеристика инженерно-геологических условий района нижнего течения р. Томи. Для решения поставленных задач проводилось опробование скважин, шурфов и обнажений на наиболее интересных, с инженерно-геологической точки зрения участках и на территориях проявления экзогенных процессов. Наиболее подробно изучены отложения поймы, болотные отложения, грунты второй террасы, фэдосовской и смирновской свит (рис. 3).

Лабораторные работы проводились на основе действующих методик определения характеристик грунтов. 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})

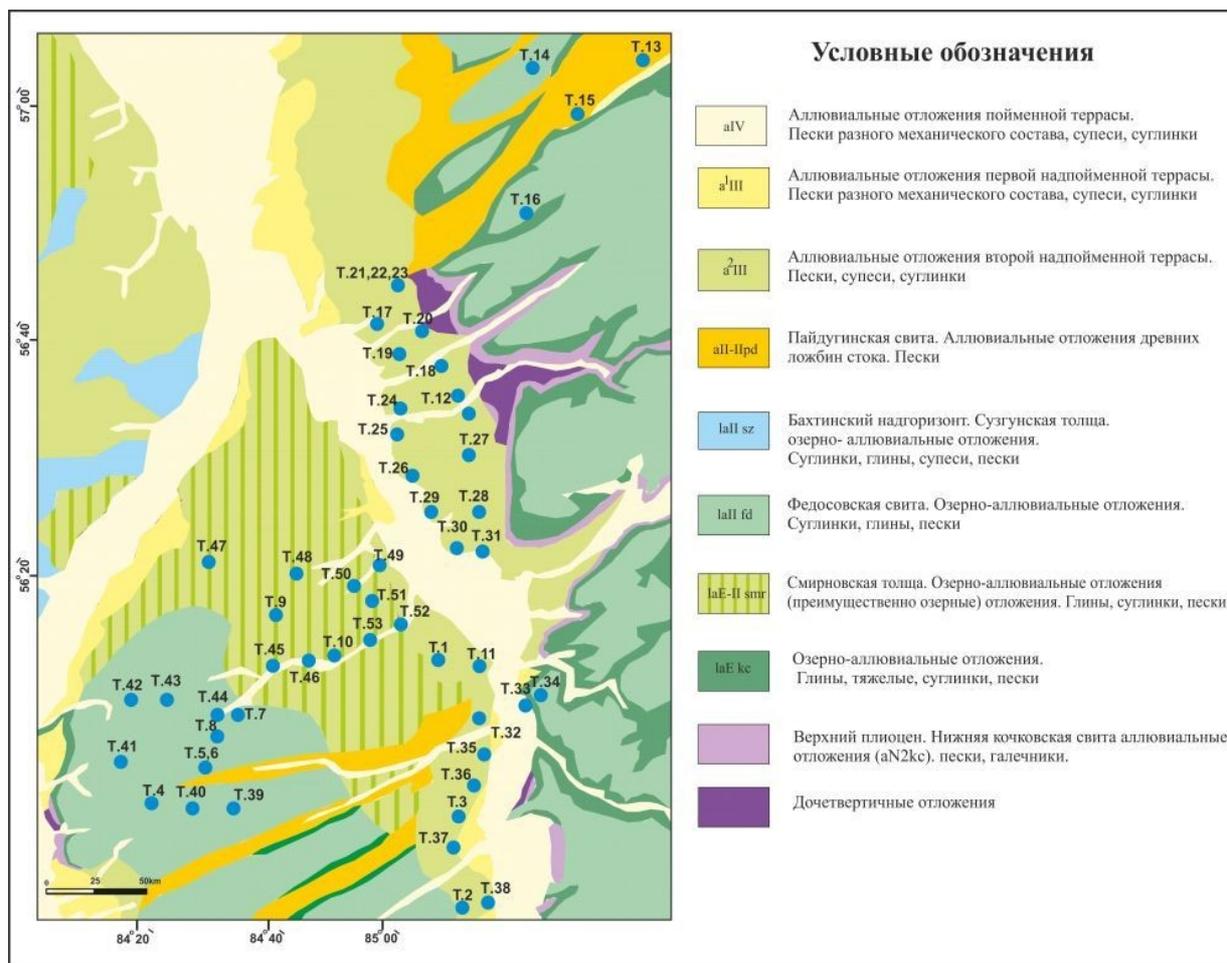


Рис. 3. Карта-схема опробования грунтов района нижнего течения р. Томи (в основе фрагмент карты четвертичных отложений, автор В.Н. Сильвестров, 1997)

торфов. Из механических характеристик, определенных в соответствии с ГОСТ 30416–96 (2010) получены показатели деформационных свойств: модули деформации, коэффициенты сжимаемости, коэффициенты консолидации, а также показатели структурной прочности полученные по методу Казагранде и Бекера; прочностные характеристики: сцепление, угол внутреннего трения получены при испытании консолидировано-дренированных и неконсолидировано-дренированных.

Прогнозирование поведения и выявление специфических грунтов на исследуемой территории велось при помощи следующих источников: относительная набухаемость и относительная просадочность под нагрузками определялись согласно СП–11–105–97 по значениям влажности, коэффициентов пористости и плотности скелета. Образцы глинистых грунтов были исследованы в лаборатории на возможность набухания по методике [Египетский кодекс № 202.]. Относительная деформация пучения глинистых грунтов определялась по значениям параметра R_f , который рассчитывается согласно [ВСН 33–2.2.06–86].

Особенности инженерно-геологических условий территории. В пределах территории очень широко распространены поздне-четвертичные аллювиальные и озерно-аллювиальные отложения, слагающие серию надпойменных террас и пойму в речных долинах. Междуречные равнины сложены субэральными, аллювиальными и преимущественно озерно-аллювиальными образованиями внеледниковой зоны.

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 в основаниях сооружений и развитие экзогенных процессов, таких как заболачивание, оползневые и эрозионные процессы. 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. При подъеме уровня грунтовых вод изменяются деформационные и прочностные свойства глинистых грунтов основания, возникают просадки лессовидных грунтов широко распространенных на территориях Обь-Томского и Томь-Чулымского междуречий и возвышенных участков долин, набухание грунта содержащих гидрослюда и монтморрилонит, увеличивается склонность к пучинистости в холодный период года.

Распространение, состав, физические и механические свойства грунтов. В диссертационной работе приведены подробные систематизированные данные по условиям залегания, составу (гранулометрическому и минералогическому), характеристики физических и физико-механических свойств для всех стратиграфо-генетических комплексов четвертичных отложений на территории исследований расположенных в верхней части разреза. Результаты проведенных автором лабораторных определений состава и испытаний физико-механических свойств, приведенные в работе, показали что наилучшими показателями деформационных характеристик из исследованных автором образцов (отложения поймы, второй террасы, сузгунской и федосовской свит) обладают при одинаковых нагрузках пески и суглинки второй террасы, супеси сузгунской толщи, а наихудшие показатели имеют суглинки федосовской свиты и поймы. Минимальные средние 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 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 $E_{\text{при } 0,3 \text{ МПа}} = 6,9 \text{ МПа}$), в песках минимальные значения модулей деформации отмечены в отложениях 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 $E_{\text{при } 0,3 \text{ МПа}} = 21,6 \text{ МПа}$), у супесей минимальные значения модулей деформации отмечены в осадках 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 $E_{\text{при } 0,3 \text{ МПа}} = 11,2 \text{ МПа}$). В работе приведены также данные по прочностным показателям для грунтов второй террасы и сузгунской свиты.

Результаты были обработаны в программе Statistica, данные проверены на соответствие нормальному закону распределения, получены средние, максимальные и минимальные значения показателей физических и физико-механических свойств. Был проведен корреляционный анализ, который выявил наиболее тесные значимые связи

между характеристиками свойств, на основе этих взаимосвязей получены регрессионные зависимости между деформационными и прочностными показателями, а также между характеристиками деформационных и физических свойств (табл. 1):

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. В итоге была составлена сводная таблица (табл. 2), в которую кроме систематизированных материалов проведенных ранее исследований, также вошли данные полученные автором. Максимальные и минимальные значения показателей, позволили уточнить границы изменения характеристик физических свойств грунтов в данном районе.

Таблица 1. Регрессионные зависимости между показателями физических и деформационных свойств грунтов

Свиты	Для характеристик физических свойств	Для характеристик механических свойств
Аллювиальные отложения второй надпойменной террасы (a ^{II} III)	$p = 1.3 + 0.28 * p_s,$ $p_d = 0.47 + 0.61 * p_d,$ $p_d = 1.77 - 11.64 * cv_{0.1},$	$c_{v0.2} = 0.04 + 0.05 * e,$ $cv_{0.1} = 0.09 - 0.49 * pd,$ $cv_{0.2} = 0.09 - 0.05 * pd,$ $E_{0.1} = 14.14 - 0.41 * w,$ $E_{0.2} = 31.09 - 1.05 w,$ $E_{0.3} = 40.76 - 1.37 * w,$ $E_{0.1} = 2.16 + 0.24 * p_{str1},$ $p_{sr1} = 4.16 + 1249.69 * p$
Аллювиальные отложения поймы (aIV)		$E = 0.24 + 3.18 * \sigma,$ $e = 1.09 - 1.37 * \sigma$
Аллювиальные отложения федосовской свиты (laI-IIfd)		$E = 0.88 + 2.05 * \sigma,$ $e = 0.81 - 1.18 * \sigma$
Озерно-аллювиальные отложения Сузгунская толща (Lallsz)	$p_d = -0.82 + 1.22 * p,$ $p = 0.88 + 1.1 * p_s,$ $p_s = 2.68 - 0.004 * w,$ $e = 0.66 - 0.39 * \sigma,$	$\Phi = 21.01 + 149.73 * C,$ $\Phi = 11.62 + 384.12 * C_v,$ $E_{0.1} = 1.53 + 34.90 c,$ $E_{0.2} = 2.43 + 44.59 * C,$ $E_{0.3} = 3.18 + 63.97 * C,$ $E = 0.42 + 14.04 * \sigma$

Специфические грунты. 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.

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. *Просадочные субаэральные покровные образования* подразделяются на два горизонта, отделенные друг от друга

гумусированными горизонтами или неясно выраженными погребенными почвами. Мощность пород верхнего лессового горизонта – до 10 м, нижнего горизонта – 6 м. *Верхний лессовый горизонт* широко распространен на водораздельных участках и верхних частях склонов, нижний в пониженных местах и тальвегах логов он выклинивается, уступая место нижнему лессовому горизонту или более древним отложениям. Литологически отложения верхнего лессового 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.

Таблица 2. Характеристики физических свойств грунтов (сводная таблица по данным автора и [Альшанский, Егоров])

Свиты	Наименование грунта	W, % влажность Естественная	Влажность границы		IP пластичности, Число	IL текучести, Число	водо-насыщения, St, д, е, Степень	Плотность, г/см ³			n Пористость,	e Коэффициент пористости,
			W _L , % текучести	W _p , % раскатывания				ρ _с грунта, частиц	ρ _w состоянии, грунта в естественном	ρ _с сухого грунта,		
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
Субэральные покровные образования (saIII-IV)	суглинок	0- 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
Верхнеоуплейст оценовые 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 сузунской 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 (laI-III _{fd})	суглинок	1- 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 (laE-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

Верхнеплейстоценовые аллювиальные отложения второй надпойменной террасы (a^3_{III}) 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.

Верхнеплейстоценовые аллювиальные отложения третьей надпойменной террасы (a^3_{III}) также покрыты глинистыми грунтами, которые в зависимости от коэффициента пористости разделяются на две разности: 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 . Обе разновидности встречаются повсюду, но территориально не обособливаются. 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.

Нижне-среднечетвертичные озерно-аллювиальные отложения федосовской свиты ($laI-II_{fd}$) перекрываются глинистыми грунтами, которые также 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. При дополнительной нагрузке глинистые грунты в полученных интервалах значений влажности и коэффициентов 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 ($laE-II_{smr}$) перекрываются суглинками текучепластичными. При дополнительной нагрузке при коэффициентах пористости 0,8–0,9 д. ед. они 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 субэральные 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 представлены на территории работ озерно-болотными отложениями: в основном торфяными грунтами всех типов, малозольными, степень разложения различная, в основном торфа среднеразложившиеся, сфагновые торфа чаще слаборазложившиеся. Результаты определения характеристик физических свойств показали, что значения

коэффициентов пористости 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 e 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, 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 СП 11–105–97: 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. 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. Кроме этого, для 4 образцов травяного, древесного и мохового торфа, а также для погребенного получены характеристики деформационных и прочностных свойств, приведенные в работе.

Определив недренированную прочность c_u торфов для исходной влажности (c_u равна [8–12 и менее 8 КПа] можно определить проходимость техники по классификации Амаряна Л.С. Условия проходимости торфяных залежей на площадках относятся к 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. Необходимо отметить, что прогноз c_u по влажности дал несколько заниженные результаты.

Таким образом, 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 сфагновых торфов), что позволяет оценивать рассматриваемые грунты, как малопригодные для строительства.

Пучинистые грунты. Для сооружений III уровня ответственности допускается определять значения степени пучинистости ε_f в зависимости от параметра R_f . Принадлежность глинистого грунта к одной из групп оценивается параметром R_f , определяемым по формуле [ВСН 33–2.2.06–86]:

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

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., M_0 – безразмерный коэффициент, равный при открытой поверхности промерзающего грунта абсолютному значению среднезимней температуры воздуха. Показатель R_f определялся для следующих стратиграфо-генетических комплексов:

1. *Аллювиальные отложения пойм (aIV)* представлены в основном глинистыми грунтами. Супеси по показателю текучести твердые, по показателю R_f относятся 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 составляет 2,30–2,40 м).

2. *Верхнечетвертичные аллювиальные отложения второй надпойменной террасы (a²III)* сложены песчаными и глинистыми грунтами. 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.

3. *Нижне-среднечетвертичные озерно-аллювиальные отложения федосовской свиты (laI–II_{fd})* представлены песчаными и глинистыми отложениями. По показателю R_f суглинки относятся к слабо- и среднепучинистым.

4. *Эоплейстоцен-нижнечетвертичные озерно-аллювиальные отложения смирновской свиты (laE–II_{smr})* представлены суглинками текучепластичными. По показателю R_f грунты относятся к слабопучинистым.

Необходимо отметить, что пылевато-глинистые грунты со степенью влажности $S_r > 0,9$, или в которых уровень подземных вод, расположен у границы сезонного промерзания грунта считаются сильнопучинистыми. Верхняя часть покровных глинистых грунтов может обладать пучинистыми свойствами в различной степени, так как по показателю состояния грунты отнесены к мягкопластичным, текучепластичным и текучим, и в целом по материалам проведенных ранее работ склонными к пучению являются практически все тонкодисперсные увлажненные грунты.

Набухающие грунты. Характеристики набухания определяют по результатам испытаний образцов грунта в приборах свободного набухания (ПНГ) при насыщении грунта водой или химическим раствором. Образцы глинистых грунтов (115 штук) были обследованы на склонность к свободному набуханию согласно методике [Египетский кодекс], 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: $\epsilon_{sw} < 50\%$ – грунты не склонны к набуханию и строительство сооружений на таких грунтах не вызовет проблем; $50\% < \epsilon_{sw} < 100\%$ – 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.

Результаты исследований показали, что средние величины свободного набухания определенные по методике для отложений поймы изменяются от 33 до 40 %, для глинистых отложений второй надпойменной террасы составляют 32–73 %, для отложений федосовской свиты значение величины свободного набухания составляет 27–73 %, отложения смирновской свиты составляет 33.33–70 % и для озерно-аллювиальных отложений сузгунской толщи 33–80% (табл. 2).

Таким образом, максимальные значения показателей свободного набухания определены для глинистых отложений второй надпойменной террасы, тобольской смирновской, федосовской свит и сузгунской толщи (70, 73 и 80%), что позволяет отнести их к средненабухающим. Здесь нужно отметить, что грунты смирновской толщи согласно ГОСТ 25100-95, 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. 3).

Таблица 3. Классификация исследованных грунтов по набуханию

Свита	Наименование грунта	Значения $\epsilon_{sw}\%$	Характеристика согласно классификации Египетского кодекса
Аллювиальные отложения поймы (aIV)	суглинок	35(16)	$\epsilon_{sw} < 50\%$ не вызовет проблем
		33-40	
	супесь	37(11)	$\epsilon_{sw} < 50\%$ не вызовет проблем
		20-56	
Аллювиальные отложения второй надпойменной террасы (a ² III)	суглинок	45(16)	$\epsilon_{sw} < 50\%$ не вызовет проблем
		27-67	
	супесь	41(13)	$\epsilon_{sw} < 50\%$ не вызовет проблем
		32 -73.	
Аллювиальные отложения федосовской свиты (IaI-IIfd)	суглинок	45(10)	$\epsilon_{sw} < 50\%$ не вызовет проблем
		26-73	
	супесь	29(6)	$\epsilon_{sw} < 50\%$ не вызовет проблем
		27-40	
Эоцено-нижнечетвертичные озерно-аллювиальные отложения смирновской свиты (IaE-IIsmr)	суглинок	51(5)	$50\% < \epsilon_{sw} < 100\%$ при строительстве возможны проблемы
		33-70	
Озерно-аллювиальные отложения сузгунской толщи	суглинок	60(23)	$50\% < \epsilon_{sw} < 100\%$ при строительстве возможны проблемы
		33.33-80	
Аллювиальные отложения тобольской свиты (a QIIb).	суглинок	113 (6)	$\epsilon_{sw} > 100\%$, чрезвычайно набухающие
		80-133	

Автором был проведен корреляционный анализ и выявлены взаимосвязи между показателями влажности и коэффициентом относительного набухания, на основе чего были получены корреляционные зависимости между относительным набуханием и числом пластичности, а также между коэффициентом относительного набухания и влажностью на границе раскатывания: $\varepsilon_{sw}=32,5+1,13Ip$ и $\varepsilon_{sw}=23.7+0.74Wl$.

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 (рис. 4).

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. 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, задачей работы является изучение минералогического состава грунтов нижнего течения р. Томи, обуславливающего их специфические свойства и прогноз возможности развития инженерно-геологических процессов, таких как набухание или усадка.

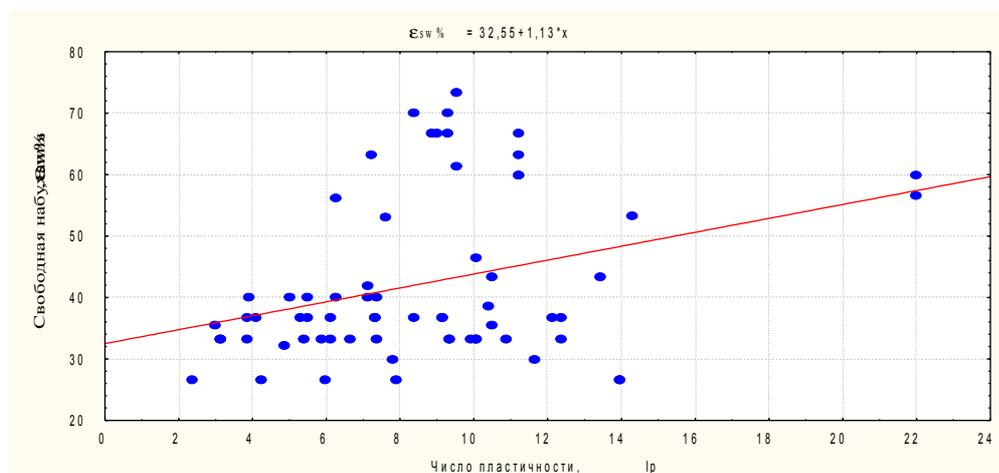


Рис. 4. Зависимость между коэффициентом относительного набухания и числом пластичности

Исследования проводились автором с применением рентгеноструктурного анализа и электронной микроскопии. На основании анализа рентгеновских дифракционных картин и сопоставления их с эталонами, по пикам было установлено наличие в образцах кварца из неглинистых минералов, монтмориллонита и каолинита – из глинистых минералов. Исследование минералогического состава глинистых минералов выполнялось также под сканирующим электронным микроскопом (Philips XL 30 ESEM), посредством получения трехмерного изображения естественных поверхностей с хорошей контрастностью. На микрофотографиях легко диагностируется кварц в сростках вместе с аутигенным каолинитом (рис. 5 и 9).

Установлено, что в образцах монтмориллонит является основным структурообразующим аутигенным минералом, либо занимающим поровое пространство (рис. 7), либо покрывающим зерна кварца и полевого шпата (рис. 6 и 8). Также встречен в образцах композитный вермикулит в каолините. На микрофотографии вермикулит отражен с зубчатыми краями, которые являются результатом укладки рядов более мелких кристаллов (рис. 10). 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 [Pettijohn, F.G., Bates, T.F. 1955].

В инженерной геологии СССР приводятся данные о содержании во всех четвертичных отложениях Обь-Чулымской области гидрослюды, 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). Ниже приводятся данные из проведенных работ на исследуемой территории, которые содержат сведения о минеральном составе глин или о их склонности грунтов к набуханию: современные аллювиальные отложения пойменных террас (aIV): содержат монтмориллонита, величина набухания которого –2-6%.

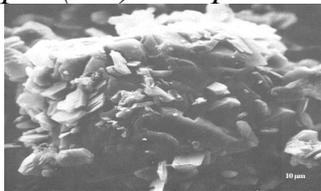


Рис. 5 Аутигенный каолинит на кристалле кварца (аллювиальные отложения поймы (aIV) супесь

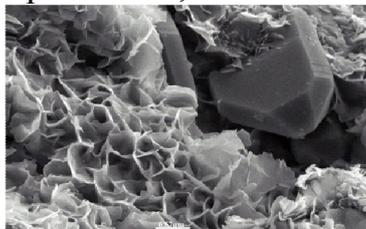


Рис. 6 Монтмориллонит на кристалле кварца (озерно-аллювиальные отложения федосовской свиты (IaI-IIfd), суглинок

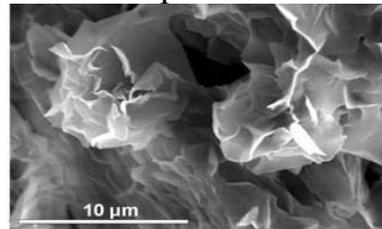


Рис. 7. Монтмориллонит (аллювиальные отложения второй надпойменной террасы (a²III), суглинок

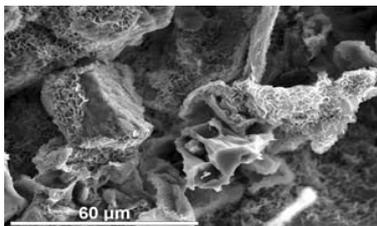


Рис. 8. Монтмориллонит, на кристаллах полевого шпата (озерно-аллювиальные отложения смирновской свиты (IaE-IIsmr), суглинок.

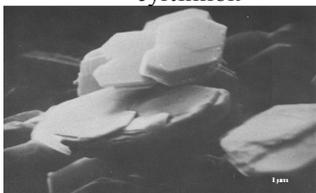


Рис. 9 Спиральный рост и двойники аутигенного каолинита (аллювиальные четвертичные отложения второй надпойменной террасы (a²III), суглинок

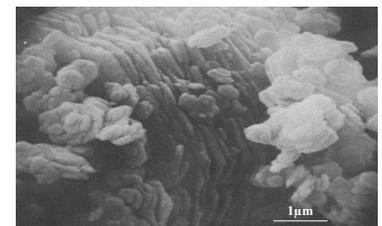


Рис. 10 Композитный вермикулит и каолинит (аллювиальные отложения поймы (aIV), супесь

Субэральные покровные образования (saIII-IV): представлены гидрослюдами с примесью каолинита; верхнеолейстоценовые аллювиальные отложения первой надпойменной террасы (a¹III): состоит из гидрослюды, а также каолинита; верхнеолейстоценовые аллювиальные отложения третьей надпойменной террасы (a³III): преимущественно гидрослюдистый состав с примесью каолинита, монтмориллонита;. нижне-среднеолейстоценовые озерно-аллювиальные отложения федосовской (тайгинской) свиты (IaI-IIfd): глинистые минералы представлены гидрослюдой, с величиной набухания – 0.1-1.0%, эолейстоценовые озерно-аллювиальные отложения верхнекочковской подсвиты (IaEkc₂): глинистые

минералы представлены гидрослюдой с незначительной примесью каолинита, *стратиграфо-генетический комплекс озерно-аллювиальных отложений лагернотамской свиты (F_{3lt})* 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.

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. В то же время 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.

Экзогенные процессы. 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.

В районе исследований интенсивно развиваются геологические и инженерно-геологические процессы, 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 лессовидных суглинистых и песчаных грунтов с различными физическими и прочностными характеристиками), тектоническими особенностями территории, а также хозяйственной деятельностью человека.

Отличительная особенность этой территории – сильное увлажнение пород, в связи с чем происходит интенсивное развитие таких процессов как: (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 водоразделов. Широкому распространению верховодки способствует рельеф – западины и понижения, в которых скапливаются талые и дождевые воды.

Оползни. В долине р.Томь интенсивно развивается размыв и разрушение берегов поймы и низких террас, сложенных рыхлыми песчано-суглинистыми породами.

Оползневые процессы достаточно широко проявляются на склонах долины реки Томи и её притоков – 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. Участок Лагерного сада является наиболее подверженным развитию этих процессов.

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 размываемых макропористых грунтов в сочетании с деятельностью поверхностных вод и привело к образованию многочисленных оврагов. 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 ограниченно, 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. Согласно СНиП 22-01-95 «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. 11), степень ее проявления можно отнести к умеренно опасной (15 м/год).



Рис. 11. Овраг в урочище Гродненка в грозу

Морозное пучение грунтов, связанное с их сезонным промерзанием, зафиксировано на различных участках территории, на участках, где грунтовые воды или верховодка залегают близко к поверхности земли в пределах зоны промерзания и широким развитием текучих тяжелых суглинков и реже супесей. При протаивании грунтов к концу весны на местах бугров пучения образуются ямы.

Наледи имеют сезонный характер, отмечен этот процесс во многих населенных пунктах на небольших реках, и огромным распространением пользуется в городе Томске во время зимних многочисленных утечек из существующих коммуникаций.

Подтопление территории, отмечается на участках развития суглинистых отложений в верхних частях инженерно-геологического разреза. Процессы подтопления развиты, в основном, на территории города Томска, что связано в основном с особенностями инженерно-геологических условий и с антропогенным воздействием, в результате которого нарушаются условия дренированности территории, повышаются уровни грунтовых вод и отмечено появление техногенной верховодки.

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 7,8м, на правом берегу – Клюквенное.

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 суффузионных 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 %.

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. Одним из крупнейших массивов ложбин древнего стока является ТМР “Таган”, расположенное в 11 км на юго-запад от г. Томска и в 1 км на северо-запад от с. Б. Ключи.

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. Большинство торфяных массивов относятся к переходным, точнее вступившим в эту стадию, в поймах и долинах рек чаще встречаются низинные болота. Верховые болота и участки с олиготрофными комплексами растительности встречаются значительно реже. Таким образом, болота в основном находятся на второй и третьей стадиях развития и продолжают развиваться. Болота в южной части в основном пойменные низинные, находятся на первой стадии развития, и в дальнейшем не будут распространяться на прилегающие территории.

В заключении нужно отметить, что экзогенные процессы, наблюдающиеся в пределах района исследований, связаны с особенностями рельефа местности, широким развитием лессовых, легкоразмываемых водой грунтов, и характером первого от поверхности водоносного горизонта. Отмеченные факторы являются причиной широкого развития оврагообразования, береговой эрозии рек, оползней по склонам речных долин, заболачивания, подтопления и 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.

Основные результаты диссертационной работы

Основную роль в питании подземных вод всех выделенных водоносных горизонтов и комплексов играет инфильтрация атмосферных осадков.

Изученные природные воды являются ультрапресными и пресными с минерализацией 0,01- 0,2 г/л в речных и болотных водах и слабосолоноватыми с минерализацией до 2 г/л в подземных водах, слабокислыми и околонеутральными, 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 $Fe_{общ}$, количество которого составляет от 1,5 в речных водах до 20 мг/л в болотах.

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 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.

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 работ, опубликованных по теме диссертации

Центральные издания, входящие в перечень ВАК

1. **Э.Ш. Абдель Азиз**, В.Ю. Жабин, В.В. Крамаренко. Особенности физических свойств грунтов территории нижнего течения р. Томи // Томск: Известия Томского политехнического университета. – №1. Том 319, 2011. – с. 178-182.
2. О.С. Наймушина, **А.А.Ф.М. Эль Шинави**. Гидрогеологические условия нижней части бассейна р. Томи // Томск: Вестник Томского государственного университета, 2012. – принята к печати.

Издания за рубежом

3. 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. by CRC Press. // Balkema book, 2010. – p. 955-958.

Всероссийские конференции и совещания

4. Назаров А.Д., Наймушина О.С., **Абдель Азиз Фавзи Махмуд Эль Шиннави Эль Хайес**. Гидрогеологические условия и перспективы хозяйственно-питьевого водообеспечения северной части г. Томска // «Питьевые подземные воды. Изучение, использование и информационные технологии»: Материалы международной научно-практической конференции (18-22 апреля 2011г.). Часть 2., 2011. – с.147-161.
5. Naimushina O.S., **El-Shinawi A.** Chemical composition of small rivers in Tyemnoe swamp area (Tomsk region) // Проблемы геологии и освоения недр: труды XIV международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 65-летию Победы советского народа над фашистской Германией в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг. Том I; 2-е издание. – Томск: Изд-во национального исследовательского Томского политехнического университета, 2010. – с. 649-651.
6. **Абдель Азиз Фавзи Махмуд Эль Шиннави Эль Хайес**. Химический состав малых рек района болота «Тёмное» // «Научная Инициатива Иностраных студентов и аспирантов российских вузов». – Томск: Изд-во национального исследовательского Томского политехнического университета, 19-21 мая 2010 г., 2010. – с. 257-259.
7. **Абдель Азиз Фавзи Махмуд Эль Шиннави Эль Хайес**. Экзогенные процессы правобережной территории нижнего течения р. Томи // «Научная Инициатива Иностраных студентов и аспирантов российских вузов», Томск: Изд-во национального исследовательского Томского политехнического университета, 24-26 мая 2011г., 2011. –с. 257-259.
8. **El. Shinawy, V. Kramarenko**. Study of the exogenous processes on the right bank territory of the lower stream Tom river and their monitoring // Environmental Geosciences and Engineering Survey for Territory Protection and Population Safety (EngeoPro-2011) // International Conference under the aegis of IAEG, Moscow, Russia, September 6-8, 2011 / Abstracts to Proceedings, 2011. – p. 240-244.
9. Наймушина О.С., **Абдель Азиз Ф.М. Эль Шиннави**. Условия питания и разгрузки подземных вод низовья р. Томи // Проблемы геологии и освоения недр: труды XVI международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 110-летию со дня рождения профессора, Заслуженного деятеля науки и техники Л.Л. Халфина и 40-летию научных молодежных конференций имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр». – Томск: Изд-во национального исследовательского Томского политехнического университета, 2012 – принята к печати.