

На правах рукописи

КРАМАРЕНКО ВИОЛЕТТА ВАЛЕНТИНОВНА

**ФОРМИРОВАНИЕ
СОСТАВА И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ТОРФОВ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ**

Специальность 25.00.08 - Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата геолого-минералогических наук

ТОМСК – 2004

Работа выполнена на кафедре гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Томского политехнического университета (ГИГЭ ТПУ).

Научный руководитель:

доктор геолого-минералогических наук, профессор
Шварцев Степан Львович

Официальные оппоненты:

доктор геолого-минералогических наук, и.о. профессора
Шербак Геннадий Гаврилович

кандидат геолого-минералогических наук, доцент
Чувакин Владимир Семенович

Ведущая организация: ОГУП ТЦ “Томскгеомониторинг”

Защита диссертации состоится 29 декабря 2004 в часов минут на заседании диссертационного совета Д 212.265.02 при Томском государственном архитектурно-строительном университете.

Адрес: 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, ауд.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Томского государственного архитектурно-строительного университета

Автореферат разослан “25” ноября 2004 года

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Интенсивное освоение нефтяных и газовых месторождений Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции весьма отчетливо высветило проблему оптимального обустройства нефтегазопромыслов, населенных пунктов, буровых площадок, прокладки лесовозных и промысловых дорог, нефте- и газопроводов на обширных заболоченных территориях. Наряду с эстакадами, выторфовыванием, которые обеспечивают устойчивость и надежность конструкций, но технологически усложняют строительство и значительно увеличивают стоимость, большое экономическое значение имеет полное или частичное использование торфов в качестве основания. В связи с этим возрастает необходимость оценки физико-механических свойств торфов для выполнения расчетов и прогнозирования при проектировании объектов. Увеличение объема информации о строительных свойствах торфов и возможность прогнозировать их изменения под нагрузками, позволят снизить материальные потери, удешевить стоимость работ и рационально выбрать конструкцию земляного полотна. Точность расчетов сооружений на торфяных грунтах зависит от качества данных инженерно-геологических исследований, особенно от результатов изучения деформационных свойств. Методы, предлагаемые нормативными документами, не позволяют получить полноценную информацию о компрессионных свойствах торфов, так как основаны на длительных испытаниях и не учитывают изменения их состава, происходящие во время опытов, поэтому необходимо разработать методику определения физико-механических свойств торфяных грунтов, исключая влияние данного фактора при получении информации. Приведенный в работе опыт региональной оценки физико-механических свойств торфов Томской области и особенно выявленные корреляционные взаимосвязи их с составом имеют как теоретическую, так и практическую ценность и актуальность.

Цель работы – исследование условий формирования состава и физико-механических свойств торфов Томской области для разработки рекомендаций по проведению инженерно-геологических изысканий при проектировании и строительстве промысловых дорог на заболоченных территориях.

Основные задачи

1. Изучение влияния на формирование торфяных отложений климатических, географических и геологических условий Томской области и систематизация материалов по районированию ее территории по степени заболачивания для выявления особенностей площадного распространения торфов определенного состава.
2. Наблюдения за изменением степени разложения торфов при их длительном хранении и анализ литературного материала по изучению этого вопроса для выбора методов лабораторных исследований их свойств.
3. Проведение экспериментальных исследований состава, физико-механических и фильтрационных свойств наиболее представительных видов торфа для выявления их корреляционных взаимосвязей.

4. Разработка инженерно-геологической классификации торфов Томской области и рекомендаций по использованию результатов исследований при проведении инженерно-геологических изысканий при проектировании и строительстве промысловых дорог на заболоченных территориях.

Фактический материал и методика исследований. Теоретической основой решения поставленных задач послужили результаты исследований В.Д. Казарновского, И.Е. Евгеньева, В.И. Дрозда, А.М. Силкина, Н.Н. Морарескула, В.Н. Бронина, П.А. Коновалова, Г.В. Сорокиной, Н.Ф. Бондаренко, Н.П. Коваленко, В.Н. Зайца, К. Blume, В.Н. Яромко и сотрудников Тверского политехнического университета Л.С. Амаряна, А.С. Королева, С.С. Корчунова, И.Ф. Ларгина, В.И. Косова, Е.Т. Базина.

В основу диссертационной работы положен фактический материал госбюджетных тем, полученный автором с 1997 по 2002 гг. в составе лаборатории технологических исследований Сибирского научно-исследовательского института торфа (ЛТИ СибНИИТ), с 2002 по 2004 гг. на кафедре гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Томского политехнического университета (ГИГЭ ТПУ). Объектами исследований являются наиболее представительные виды торфа Томской области, отобранные на 19 месторождениях, находящихся в естественном или осушенном состоянии. Для решения поставленных задач применялись полевые и лабораторные методы исследований, включавшие определение ботанического состава, степени разложения, зольности, физических, прочностных, деформационных и фильтрационных свойств торфов. Было отобрано и изучено 115 монолитов торфа и более 3200 проб с ненарушенной и нарушенной структурой, определены процентное содержание растительных остатков (B_c) и степень разложения ($D_{др}$) – 170 образцов, зольность ($D_{ас}$) – 150, кислотность (рН) – 70, влажность (W) – 3245, плотность твердых частиц (ρ_s) – 80, коэффициенты фильтрации (k_f) в лабораторных и в полевых условиях, соответственно, 620 и 10 опытов, прочностные свойства в полевых условиях (τ) – 180, определена плотность скелета (ρ_d), рассчитана плотность (ρ) и коэффициенты пористости (e) – по 620 опытов, проведены компрессионные испытания – 328 опытов. Методической основой изучения характеристик состава и физических свойств торфов послужили нормативные документы: ГОСТ 5180–84 Методы лабораторного определения физических характеристик; ГОСТ 11306–83 Торф и продукты его переработки. Методы определения зольности; ГОСТ 11623–89 Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения обменной и активной кислотности. Прочностные свойства определены при помощи крыльчатки согласно “Пособию по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах” (1989), фильтрационные свойства определены в соответствии с “Методикой определения водно-физических и структурно-механических свойств торфяных залежей при проведении изысканий с целью строительства осушительной сети: Методические рекомендации” (1983). Важнейшей частью работы было определение показателей сжимаемости, для которых, в связи с

высокой скоростью разложения торфа в лабораторных условиях, выбрана ускоренная методика компрессионных испытаний, основанная на экстраполяции консолидационных кривых. Автором полностью проведена статистическая обработка результатов исследований на основе ГОСТ 20522–96 Методы статистической обработки результатов испытаний и работы “Накопление и обработка информации при инженерно–геологических исследованиях” (И.С. Комаров, 1972) при помощи программ Excel, Statistica, графический материал выполнен с использованием MapInfo и CorelDRAW.

Научная новизна работы

1. Выявлены особенности условий формирования торфяных массивов Томской области, с учетом которых, проведена систематизация материалов по районированию территории по степени заболачивания на основе схемы Ю.А. Львова, которая была усовершенствована в отношении уточнения границ округов и дополнена характеристикой фильтрационных и физико-механических свойств торфов.

2. Обоснована целесообразность ускоренных методов лабораторных исследований, в связи с тем, что на основе полученных нами данных и результатов опытов Н.А. Кота и Т.А. Рахубо, установлен рост интенсивности микробиологических процессов, приводящий к изменению состава торфов в условиях отличных от их естественного залегания.

3. Получены качественные и количественные характеристики состава, фильтрационных и физико-механических свойств 25 видов торфа. Установлено, что, несмотря на их меньшую степень разложения (на 5–20 %), наиболее распространенные виды торфов Томской области имеют близкие значения коэффициентов пористости с торфами Европейской части России. Выявлены взаимосвязи деформационных свойств торфов с ботаническим составом. При одинаковой пористости наиболее подвержены деформациям сжатия торфа моховой группы и менее – древесной.

4. Инженерно-геологическое классифицирование торфов по фильтрационным, прочностным и деформационным свойствам проведено на базе новой генетической “Классификации торфов и торфяных залежей Западной Сибири”. Инженерно-геологическая классификация торфов составлена с учетом их привязки к болотным округам Томской области.

Основные защищаемые положения

1. На основе анализа количественных и качественных оценок состава и свойств торфов установлены зависимости физико-механических свойств от содержания остатков растений-торфообразователей разных ботанических групп.

2. Выполнена типизация торфов Томской области по степени сжимаемости. За критерии типизации приняты коэффициент компрессии и модуль осадки, дифференциация по этим показателям проведена с учетом ботанического состава.

3. Разработана обобщенная региональная инженерно-геологическая классификация торфов на основе районирования территории Томской области с учетом геолого-геоморфологического фактора.

Апробация результатов работы. Основные положения диссертационной работы докладывались на трех Международных научных симпозиумах им. академика М.А. Усова студентов, аспирантов и молодых учёных (Томск, 2001, 2002, 2003), на научно-практическом семинаре “80 лет профессору Г.А. Сулакшиной” (Томск, 2003).

Практическая значимость работы заключается в том, что полученные данные и выявленные взаимосвязи физико-механических свойств и состава торфов объясняют причинно-следственную связь между ними, решают проблему прогнозирования механических свойств и повышают точность расчета осадок сооружений. Учет этих связей при выполнении изыскательских работ позволяет установить изменение свойств торфов и оптимизировать систему опробования болотных массивов, что способствует повышению эффективности изысканий. Приведенные в работе графики, номограмма и параметры обобщенных компрессионных кривых, установленных для наиболее распространенных в Томской области пластообразующих видов торфа, позволяют определить модули осадки и модули деформации для расчета осадок сооружений под нагрузками до 0,20 МПа для торфов с коэффициентами пористости от 6 до 30. Разработанные классификации предназначены для определения нормативных показателей фильтрационных и физико-механических свойств торфов при проектировании промышленных дорог и других линейных сооружений. Предложенная методика, учитывающая особенности разложения торфяных грунтов в условиях отличных от их естественного залегания, позволяет получить достоверную информацию о модулях деформации торфов, коэффициентах фильтрации и степени их водонасыщения.

Материалы диссертационной работы использованы в 8 отчетах ГНУ СибНИИТ (г. Томск, ул. Гагарина 3), выполненных в соответствии с планами НИР за 1997–2002 годы по госбюджетным темам: “Разработка новых технологических приемов, способов и устройств добычи торфа в зонах с устойчивым промерзанием торфяной залежи” и “НИР по изучению физических свойств торфяных залежей в условиях техногенного воздействия для разработки научно-обоснованных технологий подготовки и использования в сельскохозяйственном производстве торфяных месторождений Западной Сибири”, в рамках которых начинались исследования.

Материалы диссертационной работы использованы в учебном процессе кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии ТПУ. Они стали основой выпускных квалификационных работ студентов специальности “Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания” и включены в учебное пособие по дисциплине “Инженерная геодинамика”. Разработанные рекомендации по проведению инженерно-геологических изысканий при проектировании промышленных дорог и других линейных сооружений на заболоченных территориях, использованы ООО “Томские минеральные ресурсы” при проведении инженерно-геологических изысканий при проектировании нефтепровода УПН “Средне-Нюрольское” – Р61 “Ключевское”, изысканий под коридор коммуникаций: куст 4 – куст 3 месторождения “Средне-Нюрольское”, о чем автору выданы соответствующие справки.

Структура и объем. Диссертационная работа состоит из введения, 8 глав, заключения и содержит 230 страниц машинописного текста, 58 рисунков, 31 таблицу и приложение. Список литературы включает 239 наименований.

Научный консультант по методическим и теоретическим вопросам – кандидат геолого-минералогических наук Емельянова Т.Я.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе рассматривается состояние изученности формирования состава и физико-механических свойств торфов. Исследования В.Д. Казарновского, И.Е. Евгеньева, П.А. Дрозда, С.С. Корчунова, А.С. Королева, Т.Н. Ивкиной и Л.С. Амаряна доказали, что в торфяных грунтах происходят деформации сжатия без существенного бокового расширения, и поэтому, большинство методов расчета осадки основано на результатах компрессионных испытаний и дают достаточно точные для практики результаты. Применимость теории фильтрационной консолидации к торфяным грунтам на первой стадии их уплотнения обоснована в работах И.Е. Евгеньева, В.Д. Казарновского.

В настоящее время нет единого мнения о методиках проведения компрессионных испытаний, но многие авторы отмечают, что ввиду того, что полной стабилизации образцов при компрессии не удастся достичь даже через большие промежутки времени (до 1-2 и более лет) компрессионные испытания необходимо проводить по ускоренным методам, схемы которых даны в работах И.Е. Евгеньева, В.Д. Казарновского, Н.Н. Морарескула, Э.Д. Кузахметовой, А.Л. Невзорова.

В работах П.А. Коновалова впервые поставлен вопрос о процессах разложения заторфованных грунтов, проходящих во время длительных компрессионных опытов. Тем не менее, остаются неизученными изменения состава и свойств торфов в лабораторных условиях под действием активизации процессов разложения, не рассмотрено их влияние на результаты исследований, не учтено разложение торфа и при выборе методики проведения опытов, особенно при определении деформационных характеристик.

Полученная в результате многолетних исследований информация по строительству на торфяных грунтах послужила основой для многочисленных инженерно-геологических классификаций. Большое внимание продолжает уделяться степени разложения торфов, как основному фактору формирования физико-механических свойств, что не всегда оправдано, тогда как при средней и слабой степени разложения и невысокой зольности особое значение приобретает ботанический состав растений-торфообразователей.

Состав торфов Томской области изучался при подсчете запасов и ресурсов “Гипроторфразведкой”, “Геолторфразведкой”, позже Сибирской и Горьковской ГРЭ, “Гипроводхозом”. В работах принимали участие С.Н. Тюремнов, П.Е. Логинов, О.Л. Лисс, А.В. Предтеченский, А.Г. Прядухин, В.М. Серюков, В.Н. Диченко, В.Е. Шаталин, А.Н. Строков, Г.А. Гусакова, Р.Г. Матухин, Л.С. Михантьева, Б.Г. Кочетков.

Работы по изучению растительного покрова, стратиграфии, генезиса, возраста, состава болотных отложений, условий их формирования проводились сотрудниками

Томского университета – Ю.А. Львовым, Е.Я. Мульдьяровым, Т.А. Бляхарчук, Е.Д. Лапшиной, В.А. Базановым, А.А. Земцовым, сотрудниками ТПУ – В.К. Бернатонисом, Н.А. Антроповой, Ю.И. Прейс, С.Г. Масловым, В.С. Архиповым.

Исследования инженерно-геологических условий заболоченных территорий Западной Сибири велись “Гипротюменнефтегазом” под руководством В.Л. Трофимова, Н.В. Табакова, Т.В. Леменкова, Я.М. Кагана, С.Н. Вассермана. При освоении Васюганской группы нефтяных месторождений изыскания под дороги вели институты “Гипротюменьнефтегаз”, “ТомскНИПИнефтьВНК”, “Томгипротранс”. Исследования свойств торфяных грунтов и многолетние наблюдения за состоянием дорожной насыпи проводились сотрудниками кафедры “Автомобильные дороги” ТГАСУ В.А. Базавлуком, В.Н. Лукашевичем, Е.Н. Киряковым. Исследования фильтрационных свойств торфов и геохимического состава болотных вод проводились Томской комплексной ГРЭ, “Гипроводхозом”, а также сотрудниками ТПУ П.А. Удодовым, Н.М. Рассказовым, С.Л. Шварцевым, Т.Я. Емельяновой, А.Д. Назаровым. Прочностные свойства торфов изучали Т.Я. Емельянова, А.Д. Назаров, Г.А. Сулакшина. Особенности физико-механических свойств торфов Западной Сибири отражены в работах К.Е. Иванова, С.М. Новикова, А.И. Сергеева, Л.С. Амаряна, А.С. Королева, М.А. Шапошникова, О.Л. Лисс, В.И. Косова. Экспериментально установлено, что торфяные грунты по своим физическим свойствам отличаются от грунтов Европейского севера. Следует отметить, что мало внимания уделено региональным исследованиям физико-механических свойств торфов. Для Западной Сибири наиболее интересны работы А.И. Сергеева и Н.В. Табакова.

Во второй главе рассмотрены условия формирования и развития торфяных отложений Томской области. Изучаемая территория находится в юго-восточной части Западно-Сибирской низменности, в бассейне среднего течения р. Оби. Верхняя часть разреза характеризуется широким развитием песчаных, глинистых, торфяных отложений неоген-четвертичного комплекса. Распространение болотных массивов и их площади четко увязываются с абсолютными отметками, рельефом, степенью дренированности территории и ее геоморфологическим строением, сформировавшимся в результате неотектонических движений. За исключением мало заболоченных Колывань-Томской складчатой зоны на юге и юго-востоке, где территория примыкает к предгорьям Кузнецкого Алатау, преобладает плоский, равнинный, слаборасчлененный рельеф, высотные отметки не превышают 200 м над уровнем моря, а относительные превышения составляют первые десятки метров. Здесь достаточное увлажнение и теплообеспеченность территории в голоцене создали благоприятные условия для развития болотообразовательного процесса. Неоген-четвертичные отложения различной проницаемости на лево- и правобережье р. Оби обусловили особенности питания болот, их обводненность и развитие определенных фитоценозов, что в свою очередь определило состав и свойства торфяных отложений.

В третьей главе рассмотрены вопросы районирования территории Томской области по современному заболачиванию, которые позволяют оценить

распространение торфяных отложений и особенности их состава. В работе приведена краткая характеристика округов, районов и болотных массивов в пределах которых изучались торфяные отложения. Используются фондовые материалы Горьковской и Сибирской геологоразведочных экспедиций, работы О.Л. Лисс, Ю.А. Львова, Н.А. Антроповой, Ю.И. Прейс, Т.А. Бляхарчук, В.А. Базанова, Е.Я. Мульдьярова и Е.Д. Лапшиной. За основу принята схема Ю.А. Львова, которая была усовершенствована в отношении уточнения границ округов, критериев их выделения и дополнена характеристикой фильтрационных и физико-механических свойств торфов (в 7 главе). Схема представляет собой перекрестное районирование территории по зональным и геологическим критериям. Как отмечают авторы, торфяные массивы Томской области характеризуются большим количеством низкозольных слаборазложившихся залежей топяного подтипа с высокой естественной влажностью, из видов преобладают торфа – фускум, комплексный, сфагновый мочажинный, ангустифолиум и магелланикум, на юге и юго-востоке развиты низинные осоково-гипновые, осоковые, гипновые, тростниковые, древесные и травяно-древесные торфа.

В четвертой главе приведены результаты исследований характеристик состава твердой части торфа – степени разложения, зольности и ботанического состава. Рассмотрен вопрос об общекислотной агрессивности торфяных грунтов по отношению к металлам и бетону. По данным И.И. Лиштвана (1988), свойства торфов обусловлены их химическим составом, который отличается для разных групп растений-торфообразователей. При деформировании достаточную прочность обеспечивает целлюлоза, преобладающая в составе древесных остатков. В ряде классификаций приняты таксономические схемы дифференцирующие торфа по типам питания или по подтипам (по обводненности залежи). Подразделение физико-механических свойств по типам на наш взгляд нецелесообразно, по причине присутствия во всех типах древесных торфов с близкими свойствами. При дифференциации по подтипам, древесные торфа выделяются в лесной подтип, но в топяной подтип объединяются торфа моховой и травяной групп. В большей мере характеризуют свойства торфа групповой и видовой состав – сочетание преобладающих остатков отдельных видов растений-торфообразователей, отражающих исходные растительные ассоциации. Нами исследованы торфа наиболее представительных для Томской области видов, проведена их типизации по ботаническому составу согласно “Классификации торфов и торфяных залежей Западной Сибири” (2000г), описана структура в соответствии с рекомендациями А.В. Пичугина и С.Н. Тюремнова, генезис по Т.А. Бляхарчук. Всего изучено 25 видов торфа (табл. 1).

Компоненты ботанического состава имеют тесную связь со степенью разложения: с увеличением содержания остатков растений травяной и древесной групп степень разложения повышается, с ростом остатков мхов – понижается. У исследованных нами образцов максимальная степень разложения отмечена у пушицевых и пушицево-сфагновых торфов (50 %) и у торфов содержащих древесные остатки (30–40 %).

Таблица 1

Диагностическая классификация состава, физических, фильтрационных и механических свойств торфов Томской области

Состав				Кислотность рН	Физические свойства			Фильтрационные свойства		Деформационные и прочностные свойства										Распространение по болотным округам	
Группа	Вид	D _{др} , %	D _{ас} , %		ρ _d , г/см ³	ρ, г/см ³	W, д. ед.	k _{ф.в.} , м/сут	k _{ф.г.} , м/сут	Параметры компрессионной кривой				Модуль деформации, E ₀ , МПа,				Сопротивление сдвигу, МПа			
		Mean min-max		ε ₀				a	c	P _c , МПа	при нагрузке (МПа)				τ	τ _{нар}					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Древесная	Березовый	<u>35</u> -	<u>9.1</u> 1,5	<u>4.4</u> 0,7	<u>0.167</u> 0,03	<u>1.06</u> 0,01	<u>5.6</u> 1,3	<u>0.84</u> 0,25-2,73	<u>0.85</u> 0,29-3,22	<u>8.7</u> 2,1	1,21	2,23	0,004	0,20	0,22	0,28	0,44	<i>0,017</i>	<i>0,010</i>	Чулымский, Обь-Чулымский, Обской, реже Кеть-Тымский, Бакчарский	
	Сосновый	<u>34</u> 20-40	<u>7.0</u> 2,2	<u>4.1</u> 1,1	<u>0.141</u> 0,030	<u>1.06</u> 0,11	<u>6.9</u> 2,1	<u>1.29</u> 0,41-2,48	<u>1.69</u> 0,29-3,89	<u>10.6</u> 3,2	1,85	0,74	0,005	0,12	0,17	0,22	0,35	<i>0,018</i>	<i>0,012</i>		
Древесно-моховая	Древесно-гипновый	<u>40</u> -	<u>10.0</u> -	<u>4.8</u> -	<u>0.139</u> 0,013	<u>1.05</u> 0,004	<u>6.6</u> 0,7	<u>2.22</u> 1,36-2,44	<u>2.07</u> 0,84-4,02	<u>10.4</u> 1,1	1,54	2,14	0,004	0,10	0,18	0,25	0,41	<i>0,016</i>	<i>0,010</i>		
	Сосново-сфагновый	<u>40</u> -	<u>3.9</u> -	<u>2.9</u> -	<u>0.169</u> 0,027	<u>1.06</u> 0,01	<u>5.4</u> 0,98	<u>0.02</u> 0,02-0,28	<u>0.05</u> 0,04-0,66	<u>8.2</u> 1,5	1,54	-0,27	0,004	0,08	0,14	0,19	0,30	Н/д			
	Древесно-сфагновый	<u>20</u> 5-40	<u>6.1</u> 4,6	<u>3.9</u> 0,9	<u>0.113</u> 0,036	<u>1.04</u> 0,01	<u>8.9</u> 3,5	<u>0.71</u> 0,09-3,85	<u>0.46</u> 0,001-2,47	<u>14.3</u> 5,6	2,51	-0,43	0,003	0,09	0,14	0,18	0,32	Н/д			
Древесно-травяная	Древесно-травяной	<u>33</u> 30-35	<u>12.0</u> 3,0	Н/д	<u>0.143</u> 0,015	<u>1.05</u> 0,005	<u>6.4</u> 0,7	<u>0.45</u> 0,15-0,76	<u>0.11</u> 0,06-0,31	<u>10.2</u> 1,2	1,42	1,55	0,002	0,08	0,15	0,21	н/д	<i>0,019</i>	<i>0,008</i>		
	Древесно-осоковый	<u>29</u> 15-40	<u>8.3</u> 2,0	<u>4.9</u> 0,1	<u>0.133</u> 0,019	<u>1.05</u> 0,01	<u>7.1</u> 1,1	<u>1.28</u> 0,25-5,23	<u>1.33</u> 0,48-4,02	<u>11.0</u> 1,8	1,93	1,28	0,006	0,14	0,17	0,23	0,36	0,024	0,007		
Травяная	Травяной	<u>30</u> -	<u>6.7</u> -	<u>3.1</u> -	<u>0.186</u> 0,011	<u>1.07</u> 0,003	<u>4.7</u> 0,3	<u>1.12</u> 0,18-1,14	<u>1.10</u> 0,46-1,23	<u>7.3</u> 0,5	1,39	1,46	0,013	0,37	0,29	0,32	0,44	0,027	0,011		Чулымский, Обской, Васюганский
	Тростниковый	<u>31</u> 30-35	<u>16.0</u> 14,0	<u>5.9</u> 1,1	<u>0.138</u> 0,044	<u>1.05</u> 0,03	<u>7.2</u> 2,0	<u>1.76</u> 0,25-3,06	<u>0.70</u> 0,48-1,45	<u>11.5</u> 2,6	1,34	1,77	0,001	0,06	0,14	0,20	0,32	<i>0,016</i>	<i>0,008</i>		
	Шейхцериевый	<u>20</u> 15-25	<u>3.3</u> 0,7	<u>3.9</u> 0,4	<u>0.116</u> 0,031	<u>1.06</u> 0,05	<u>8.5</u> 2,4	<u>1.45</u> 0,02-5,68	<u>0.63</u> 0,24-1,87	<u>13.3</u> 3,7	1,97	1,68	0,003	0,10	0,15	0,20	0,33	<i>0,018</i>	<i>0,009</i>		Кеть-Тымский, Обь-Чулымский Бакчарский
	Осоковый	<u>27</u> 15-35	<u>10.0</u> 7,6	<u>5.1</u> 1,6	<u>0.142</u> 0,033	<u>1.05</u> 0,04	<u>6.8</u> 1,9	<u>0.80</u> 0,08-4,20	<u>0.80</u> 0,06-4,55	<u>10.6</u> 2,8	2,12	0,25	0,007	0,16	0,17	0,22	0,35	0,015	0,005	Широко распространены на всей территории, преобладают в Обском, Чулымском, Васюганском и Обь-Чулымском округах	

Примечание. В числителе приведены средние значения показателя (mean), для коэффициентов фильтрации среднемедианные (median), в знаменателе – стандартные отклонения. Курсивом приведены данные по сопротивлению торфов сдвигу по Л.С. Амаряну [2].

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Травяная	Пушицевый	<u>38</u> 15-50	<u>3.4</u> 0,9	<u>3.0</u> -	<u>0.137</u> 0,029	<u>1.05</u> 0,01	<u>7.0</u> 1,9	<u>0.04</u> 0,02-0,17	<u>0.16</u> 0,04-0,48	<u>10.7</u> 2,9	2,23	-0,85	0,005	0,09	0,13	0,18	0,30	0,012	0,006	Кеть-Тымский , Обь-Чулымский Бакчарский
Травяно-моховая	Осоково-гипновый	<u>29</u> 20-35	<u>12</u> 7,4	<u>5.9</u> 1,3	<u>0.125</u> 0,023	<u>1.04</u> 0,03	<u>7.5</u> 1,5	<u>1.07</u> 0,23-4,81	<u>0.84</u> 0,19-1,73	<u>11.9</u> 2,4	2,24	-0,25	0,004	0,10	0,14	0,19	0,32	0,014	0,005	Обской, Обь-Чулымский, Васюганский
	Травяно-сфагновый	<u>25</u> -	<u>2.7</u> -	<u>3.3</u> -	<u>0.132</u> 0,016	<u>1.06</u> 0,03	<u>7.2</u> 1,3	<u>0.03</u> 0,01-0,05	<u>0.05</u> 0,01-0,12	<u>10.9</u> 1,9	2,51	-1,25	0,007	0,17	0,16	0,20	н/д	0,020	0,008	Кеть-Тымский, Обь-Чулымский Бакчарский
	Осоково-сфагновый	<u>15</u> -	<u>3.2</u> -	<u>3.3</u> -	<u>0.103</u> 0,022	<u>1.03</u> 0,01	<u>9.4</u> 2,1	<u>1.20</u> 1,18-1,51	<u>0.54</u> 0,20-2,03	<u>14.3</u> 3,2	2,60	-0,26	0,004	0,10	0,14	0,18	0,34	0,011	0,005	
	Пушицево-сфагновый	<u>33</u> 15-50	<u>1.9</u> 1,1	<u>3.5</u> 0,6	<u>0.117</u> 0,054	<u>1.04</u> 0,02	<u>9.4</u> 4,3	<u>0.16</u> 0,02-2,47	<u>0.24</u> 0,02-2,03	<u>12.3</u> 5,4	2,85	-2,89	0,005	0,11	0,17	0,21	0,31	0,011	0,007	
Моховая	Фаллак	<u>5</u> -	<u>7.1</u> -	<u>2.9</u> -	<u>0.141</u> 0,008	<u>1.05</u> 0,005	<u>6.5</u> 0,4	Н/д	Н/д	<u>10.0</u> 0,6	1,68	0,20	0,003	0,07	0,13	0,19	0,31	Н/д		Обь-Чулымский (террасы)
	Гипновый	<u>30</u> 25-35	<u>24</u> 12	Н/д	<u>0.152</u> 0,018	<u>1.06</u> 0,01	<u>6.1</u> 0,8	<u>0.84</u> 0,54-2,12	<u>0.48</u> 0,48-0,48	<u>10.2</u> 1,0	2,16	0,35	0,010	0,18	0,19	0,23	н/д	0,024	0,008	Обской, Обь-Чулымский, Васюганский
	Комплексный	<u>7</u> 5-10	<u>3.7</u> 0,2	<u>3.1</u> 0,1	<u>0.083</u> 0,026	<u>1.03</u> 0,01	<u>12.8</u> 4,9	<u>2.51</u> 1,54-3,67	<u>1.95</u> 0,99-3,22	<u>19.4</u> 7,6	2,19	1,77	0,0003	0,05	0,10	0,15	0,27	0,009	0,006	Широко распространены на всей территории, преобладают в северных и северо- западных округах – Бакчарском, Кеть- Тымском, Юганском
	Обгузум	<u>15</u> -	<u>15</u> -	<u>3.1</u> -	<u>0.108</u> 0,008	<u>1.04</u> 0,002	<u>8.7</u> 0,7	Н/д	Н/д	<u>13.9</u> 1,1	2,22	0,87	0,003	0,07	0,13	0,19	0,32	0,014	0,007	
	Сфагновый мочажинный	<u>13</u> 10-15	<u>3.3</u> 0,9	<u>3.7</u> -	<u>0.116</u> 0,028	<u>1.04</u> 0,01	<u>8.4</u> 2,2	<u>0.58</u> 0,45-1,39	<u>0.58</u> 0,48-1,63	<u>12.8</u> 3,3	2,42	-1,44	0,003	0,06	0,11	0,16	0,28	0,009	0,002	
	Магелланикум	<u>15</u> 10-25	<u>3.3</u> 1,5	<u>3.0</u> 0,1	<u>0.084</u> 0,024	<u>1.03</u> 0,01	<u>12.1</u> 3,1	<u>1.43</u> 0,24-4,98	<u>1.53</u> 0,25-3,96	<u>18.4</u> 4,7	2,93	-0,79	0,001	0,06	0,11	0,16	0,28	0,013	0,005	
	Фускум	<u>9</u> 5-15	<u>4.2</u> 3,0	<u>2.9</u> 0,1	<u>0.093</u> 0,029	<u>1.03</u> 0,01	<u>11.2</u> 4,5	<u>0.96</u> 0,06-5,08	<u>2.16</u> 0,18-4,05	<u>17.2</u> 7,1	3,03	0,01	0,003	0,09	0,13	0,19	0,31	0,014	0,009	
	Ангусти-фолиум	<u>13</u> 10-15	<u>2.7</u> 0,3	<u>3.4</u> 0,6	<u>0.077</u> 0,009	<u>1.03</u> 0,004	<u>12.4</u> 1,6	<u>1.42</u> 0,25-5,98	<u>0.27</u> 0,04-2,19	<u>18.9</u> 2,4	3,08	-0,59	0,001	0,06	0,11	0,16	0,28	Н/д		
Кустарничковая	Кустарничковый	15	<u>3.2</u> -	<u>3.4</u> -	<u>0.103</u> 0,009	<u>1.04</u> 0,002	<u>9.2</u> 0,9	<u>6.53</u> 6,24-6,81	<u>4.85</u> 1,43-7,17	<u>14.0</u> 1,4	1,94	-0,56	0,001	0,05	0,10	0,15	0,27	Н/д		Юганский, Бакчарский, Кеть- Тымский (водораздельные равнины)

У сфагновых видов торфа степень разложения небольшая – до 25 %, у гипновых выше – до 35 %. Наибольшие амплитуды варьирования по степени разложения отмечены у пушицевого, пушицево-сфагнового, древесно-сфагнового, древесно-осокового видов.

Исследованные нами торфа, в основном, нормальнозольные (табл. 1), что в целом характерно для региона, и только несколько образцов торфов пойменных массивов и массивов низких террас отличаются высокой зольностью 30–37 %.

Повышенная общекислотная агрессивность по отношению к металлам и бетону является типичной особенностью торфяных грунтов. Результаты определения показали, что в образцах низинных торфов рН изменяется от 2,1 до 8,1, в верховых от 2,8 до 4,2. Наименее агрессивными являются торфа пойменных массивов и, независимо от типа, торфа болотных массивов террас, водоразделов и ложбин древнего стока могут обладать значительной общекислотной агрессивностью. Значения показателя рН увеличиваются с ростом количества остатков травяных растений-торфообразователей и уменьшаются с ростом остатков сфагновых торфов.

В ходе работ выявлены изменения торфа при визуальном сравнении образцов на месте отбора из болотных массивов с образцами, хранившимися в течение года в помещении, подтвержденные результатами определения степени разложения, которая у образцов древесно-осокового торфа увеличилась от 20–25 до 35%. Этот факт вызвал необходимость провести анализ результатов исследования процесса разложения торфа в разных условиях.

С целью изучения микрофлоры, как основного агента разложения торфа, при хранении в навалах и при заводнении выработанных торфяников Н.А. Котом и Т.А. Рахубо проведен ряд опытов, результаты которых показали, что за год хранения торфа в навале и при обводнении в помещении количество бактерий аммонификаторов, которые начинают процесс разложения органического азота, олигонитрофильных и усваивающих минеральный азот при органическом источнике углерода организмов увеличивается в 3–5 раз, а для отдельных групп – на порядок по сравнению с торфом в залежи, что свидетельствует об активном разложении органического вещества. Изменение состава может быть связано не только с увеличением степени разложения, но и с изменением видового состава в связи с исчезновением быстроразлагающихся компонентов. В верховом затопленном торфе быстрее развиваются те микроорганизмы, которые разлагают белки и углеводы с выделением газообразных продуктов – таких как метан, углекислый газ, сероводород, вызывающих кольматацию пор при фильтрации.

П.А. Коновалов отмечает, что скорость разложения в заторфованных песчаных и глинистых грунтах особенно высока в течение первых трех-шести месяцев, причем в аэробных условиях на 10–20 % выше, чем в анаэробных.

Таким образом, как показали результаты опытов Н.А. Кота, Т.А. Рахубо, П.А. Коновалова и наши определения $D_{др}$, при проведении лабораторных исследований торфов и их длительном хранении имеет место быстрое разложение торфа, как при обводнении, так и при свободном доступе воздуха к образцам. С целью исключения влияния фактора разложения, рекомендованы только ускоренные исследования фильтрационных,

прочностных и деформационных свойств торфов и заторфованных грунтов. Исходя из вышесказанного, лабораторные исследования проводились нами в минимальные сроки по ускоренной методике.

В пятой главе рассмотрены особенности фильтрационного процесса в торфах и дана характеристика их водопроницаемости. В ходе проведения лабораторных работ выяснилось, что расход жидкости изменяется во времени: у ряда образцов выявлено увеличение расхода в начале фильтрации, у всех образцов отмечено уменьшение расхода во времени. Фильтрация усиливается с увеличением напора в сфагновых торфах, особенно у образцов с большей пористостью, у некоторых торфов отмечены начальные градиенты (от 1 до 8), которые находятся в обратной зависимости от коэффициентов пористости. Коэффициенты фильтрации торфов изменяются от 0,01 до 7,2 м/сут (620 определений, табл. 1). Максимальные значения k_f отмечены у торфов кустарничковой группы (4,8–6,5 м/сут). У торфов с одинаковой пористостью более проницаемы древесные, менее моховые – из-за хорошей водопоглощаемости. Значительно преобладает вертикальная фильтрация в торфах: ангустифолиум, древесно-травяном, обтузум, осоково-сфагновом, тростниковом и шейхцериевом. Горизонтальная фильтрация доминирует в торфах с минимальными коэффициентами фильтрации (за исключением фускум-торфа): пушицевом, сосново-сфагновом, травяно-сфагновом (табл. 1). Результаты исследований проницаемости осушенных и неосушенных залежей показали, что k_f верховой сфагновой залежи изменился на порядок за 13 лет осушения, в то время как у низинной древесно-осоковой на 2 порядка.

В шестой главе рассмотрены и проанализированы физические свойства торфов, такие как влажность, пористость, плотность, плотность скелета, плотность частиц торфа. Изучены прочностные и деформационные свойства, особенности уплотнения торфяных грунтов, проанализированы методики проведения сокращенных компрессионных опытов. В работе приведены результаты компрессионных испытаний, выявлены факторы определяющие механические свойства торфов.

По нашим данным, коэффициенты пористости торфов изменяются от 6,6 до 37,5. Их минимальные значения установлены у торфов древесной группы (8,7–10,6), а максимальные – у сфагновых верховых торфов: фускум, магелланикум, ангустифолиум и комплексного (17,2–19,4). Сфагновый мочажинный, обтузум, фаллакс и гипновый торфа имеют меньшие коэффициенты пористости (10,0–13,9). Пористость находится в обратной зависимости от зольности, степени разложения и процентного содержания травяных и древесных остатков.

Если сравнить наши результаты с данными, полученными В.И. Косовым (1983) для торфов Европейской части России, то нужно отметить, что довольно близкие значения коэффициентов пористости получены для наиболее распространенных видов торфа – осокового, шейхцериевого, фускум-торфа, магелланикум, древесных. Таким образом, близость показателей и их стандартных отклонений говорит об их стабильности для определенного вида, подтверждая важность учета показателя ботанического состава при исследованиях свойств торфяных грунтов. Установлены несколько пониженные

степени разложения сибирских видов (до 5–20%) относительно их европейских аналогов.

Плотность скелета торфяных грунтов (ρ_d) изменяется в пределах от 0,041 до 0,230 г/см³. Максимальные средние значения показателя отмечены у травяного вида, в древесных и древесно-моховых группах, минимальные значения типичны для сфагновых верховых торфов: ангустифолиум, комплексного, магелланикум, фускум (табл. 1). У низинных, переходных сфагновых торфов и у сфагнового мочажинного значения показателя несколько выше (от 0,108 до 0,141 г/см³). В травяной группе у пушицевого, тростникового и осокового видов торфа ρ_d довольно близки, у шейхцериевого вида плотность ниже ($\rho_d = 0,116$ г/см³). У кустарничкового торфа плотность небольшая ($\rho_d = 0,103$ г/см³).

Плотность твердых частиц (ρ_s) у исследованных торфов варьирует от 1,20 до 1,89 г/см³, у нормальнозольных до 1,84 г/см³. Минимальные значения показателя отмечены у торфов древесной группы и торфов, содержащих древесные остатки, максимальные – у торфов моховой группы. С увеличением зольности плотность твердых частиц увеличивается.

Результаты корреляционного анализа выявили значимые связи между показателями состава (D_{dp} , D_{as} , W_s) и физическими свойствами (ρ , ρ_d , W , e) торфов. Наиболее тесные связи выявлены между физическими характеристиками и содержанием остатков растений моховой группы, степенью разложения, содержанием растений травяной группы, менее тесные с зольностью и содержанием древесных остатков (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты корреляции, рассчитанные для показателей состава и свойств торфов

Параметры	e	D_{dp}	D_{as}	pH	h	ρ	ρ_d	W	Процентное содержание растительных остатков		
									травяных	древесных	моховых
e	1,00								-0,44	-0,20	0,55
D_{dp}	-0,57	1,00							0,46	0,40	-0,58
D_{as}	-0,33	0,44	1,00						0,37	0,15	-0,44
pH	-0,34	0,38	0,60	1,00					0,55	-0,06	-0,55
h	-0,19	0,20	-0,03	0,15	1,00				0,30	-0,09	-0,19
ρ	-0,83	0,53	0,43	0,38	0,09	1,00			0,38	0,22	-0,50
ρ_d	-0,95	0,58	0,41	0,36	0,16	0,90	1,00		0,44	0,20	-0,55
W	1,00	-0,58	-0,39	-0,37	-0,19	-0,83	-0,95	1,00	-0,45	-0,19	0,56

Примечание. Жирным шрифтом выделены значимые коэффициенты корреляции при $\alpha=0,05$; h – глубина залегания торфа

Исследования прочностных свойств проводились нами при помощи крыльчатки (СК – 8) на 6 торфяных массивах. Величина сопротивления сдвигу в естественном состоянии (τ) изменялась от 0,004 до 0,045 МПа, в нарушенном ($\tau_{нар}$) от 0,0001 до 0,016 МПа. Наиболее тесные значимые связи установлены между $\tau - \tau_{нар}$, $\tau_{нар} - D_{as}$, $\tau_{нар} - \rho_s$ и между $\tau - e$. Максимальные значения τ отмечены у торфов содержащих древесные остатки.

В главе проведен анализ методов компрессионных испытаний торфов. По причине быстрого распада торфа из всех методов сокращенных компрессионных испытаний

выбран, рекомендованный в “Пособии по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах”, метод ускоренного построения консолидационных кривых с применением экстраполяции до интенсивности деформации 0,02 м/сут, так как он не включает при обработке данных результаты длительных опытов. В результате данных построены компрессионные кривые логарифмического вида (всего 328):

$e_i = e_o - a \ln (P_i / P_c)$ или $e_i = c - a \ln P_i$, где e_i – коэффициент пористости при нагрузке P_i , e_o – начальный коэффициент пористости, a – коэффициент компрессии, P_c – начальный параметр компрессионной кривой, соответствующий структурной прочности грунта.

Обобщенные компрессионные кривые построены нами для всех наиболее распространенных видов торфа Томской области (табл. 1). Обработка результатов выполнена по рекомендациям И.С. Комарова в программе Statistica. Максимальные значения коэффициентов компрессии отмечены в моховой группе у сфагновых видов торфа с высокими коэффициентами пористости (ангустифолиум, магелланикум, фускум), минимальные – в древесной группе. Структурная прочность выше у гипнового и травяного видов, минимальная структурная прочность отмечена у комплексного торфа – 0,0003 МПа, отобранного из сплавины и не испытывавшего природных нагрузок, у остальных видов значения одного порядка.

Результаты проведенного нами корреляционного анализа показали, что основными характеристиками, влияющими на коэффициент компрессии являются коэффициент пористости, влажность при максимальном водонасыщении ($r = 0,70$), плотность скелета ($r = -0,68$) и плотность водонасыщенного торфа ($r = -0,61$). Менее тесные связи отмечены между коэффициентом компрессии и степенью разложения ($r = -0,45$), коэффициентом компрессии и зольностью ($r = -0,28$). Анализ выявил также значимые связи между коэффициентом компрессии и процентным содержанием моховых ($r = 0,46$), травяных ($r = -0,32$) и древесных ($r = -0,18$) остатков.

На основе обобщения фактических данных построена номограмма (рис. 1), позволяющая устанавливать модули деформации торфов. Построенные кривые представляют собой зависимости модулей деформации от коэффициентов пористости при разных нагрузках. Аналогичные кривые построены для определения модулей деформации и осадки торфов моховой, древесной и травяной групп. Необходимо отметить, что торфа разных групп по-разному ведут себя под нагрузками: при одинаковых значениях e наиболее сжимаемыми являются торфа, состоящие из остатков мхов, и наименее – торфа, содержащие древесные остатки.

В седьмой главе приведена классификация деформационных свойств и характеристика торфов изученных болотных районов. Выявленные взаимосвязи механических и физических свойств с показателями состава торфов позволили выполнить инженерно-геологическое классифицирование торфяных грунтов по трехступенчатой схеме, с учетом рекомендаций И.Е. Евгеньева и В.Д. Казарновского. Она включает показатели состава – процентное содержание растительных остатков

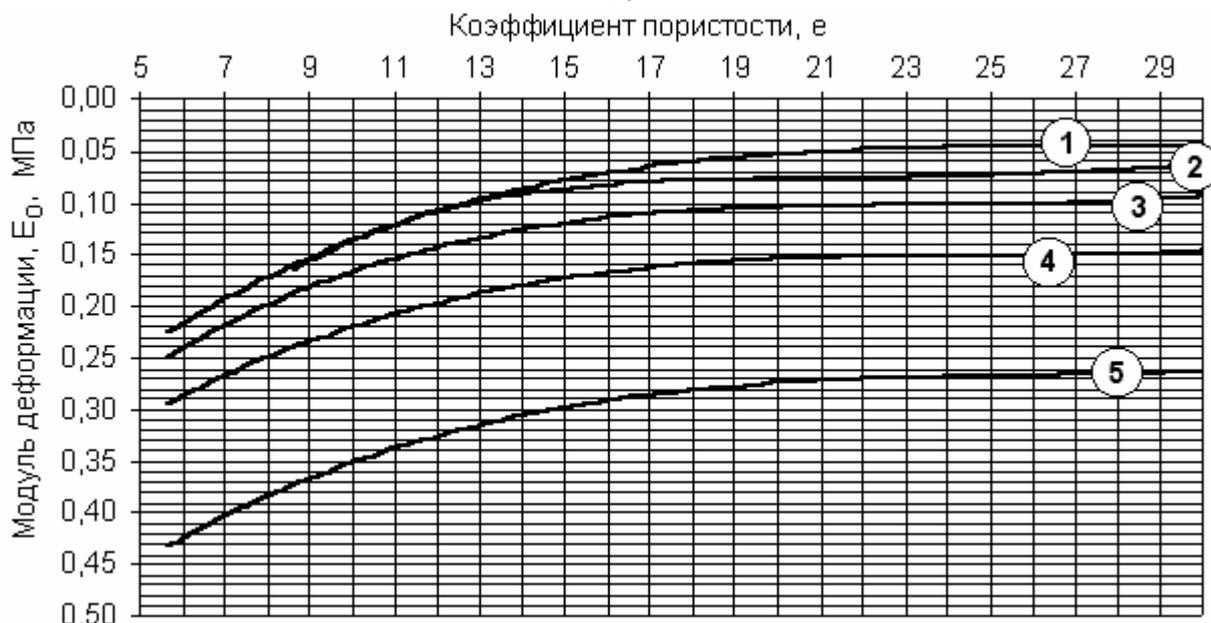


Рис. 1. Номограмма для определения модулей деформации торфов при нагрузках: 1 – 0,02, 2 – 0,04, 3 – 0,06, 4 – 0,10, 5 – 0,20 МПа

(ботанический состав), зольность и степень разложения, показатели состояния – пористость (или полную влагоемкость, плотность скелета, плотность), а также значения деформационных характеристик. Кроме общеизвестных классификационных показателей состава торфов (рекомендуемых также ГОСТ 25100-95), по результатам корреляционного анализа мы сочли необходимым добавить ботанический состав. Разработанная классификация торфов по составу позволила классифицировать их по параметрам компрессионных кривых, по прочностным, фильтрационным, физическим свойствам, по кислотности.

С увеличением в составе твердых частиц торфа одной из составляющих (D_{as} , $D_{др}$, B_c), ее влияние на физико-механические свойства значительно возрастает. Исследованные нами торфа, в основном малозольные, в среднем $D_{as}=7,6\%$, продукты разложения в среднем составляют 22 % от твердых частиц торфа и не превышают 50 % от содержания органики. В связи с тем, что степень разложения сибирских торфов на 5–20 % ниже, чем у аналогичных европейских видов, наиболее важным показателем состава в классификации торфов Томской области является ботанический состав. На рис. 2 приведены графики изменения содержания растительных остатков у торфов с разными коэффициентами компрессии.

Можно отчетливо выделить три типа торфа по степени сжимаемости, в зависимости от количественных и качественных особенностей ботанического состава. В I и II типах, т.е. при коэффициентах компрессии менее 3, доминируют низинные торфа. Для III типа характерны только верховые. Во всех случаях наиболее представительным является топяной подтип торфов.

I тип. При значениях $a \leq 2,0$ и $e_0 \leq 11,5$ преобладают торфа травяной и древесной групп. При коэффициентах компрессии менее 1,5 торфа представлены березовым, сосновым, древесно-травяным, травяным, сосново-сфагновым и древесно-гипновым видами. В интервале значений коэффициента компрессии от 1,5 до 2,0 увеличивается

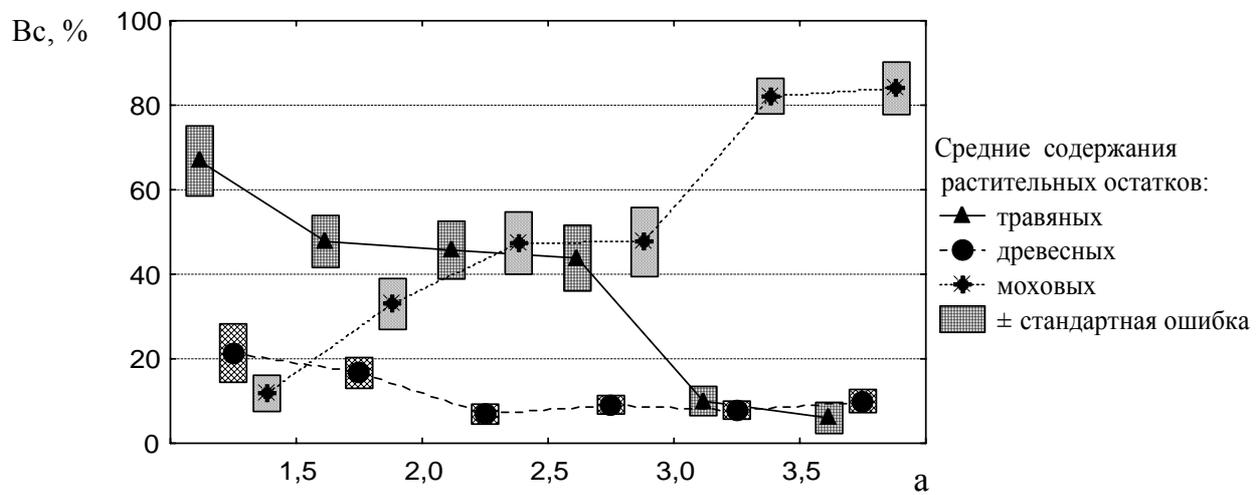


Рис. 2. Зависимость коэффициентов компрессии (а) от процентного содержания растительных остатков (B_c)

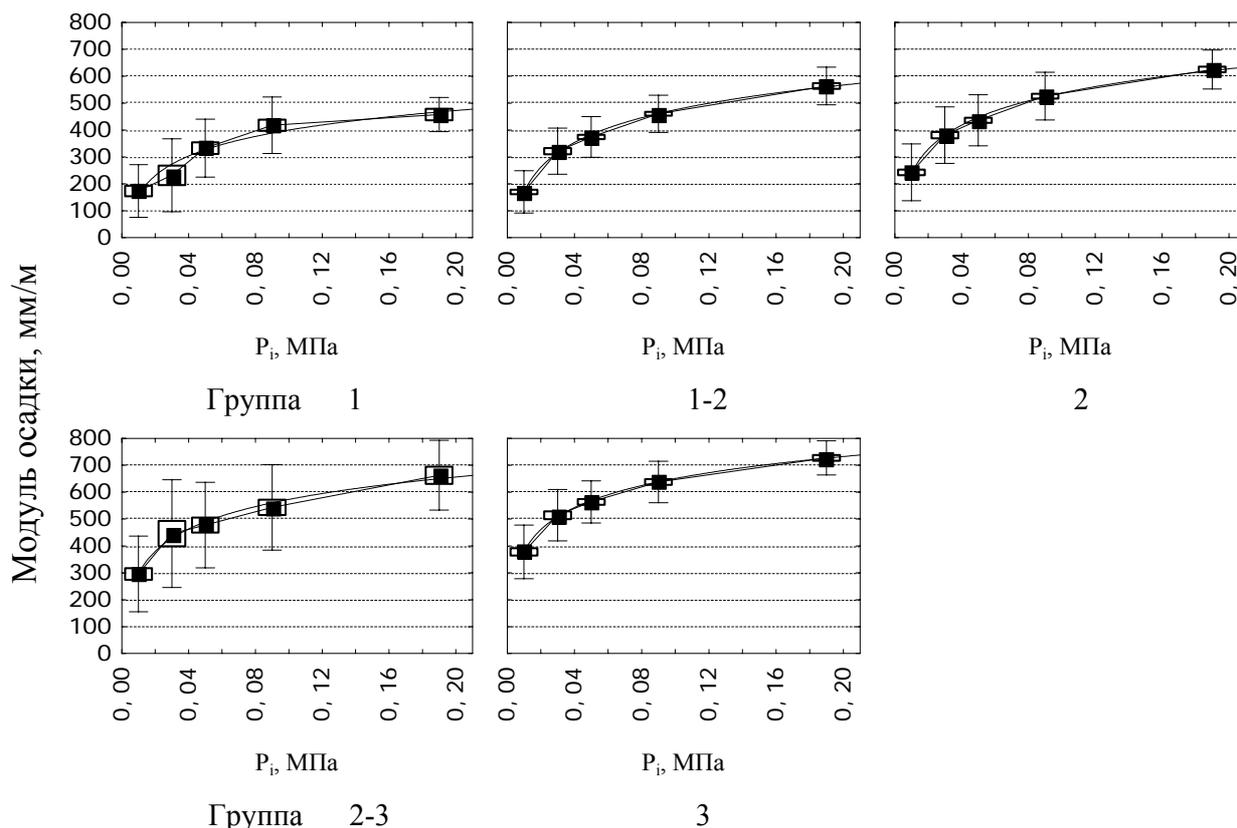
содержание моховых (гипновых) остатков и снижается содержание древесных и травяных. Видовой состав представляют древесно-осоковый, древесно-сфагновый, реже кустарничковый, фаллакс, а также сильноразложившиеся шейхцериевый и пушицевый торфа. Для них характерна степень разложения более 25%, в среднем зольность – 8,2%, рН–4,4, плотность скелета торфа – 0,147 г/см³. Установлено, что I тип торфа залегает в нижних слоях залежи, на периферии торфяных массивов и относятся к более ранним по возрасту отложениям. Торфа этого типа встречаются чаще в болотах пойм и террас на правом берегу р. Оби в южной и юго-восточной частях Томской области.

II тип. При значениях $2,0 < a < 3,0$ и $11,5 < e_0 < 16,5$ содержание травяных остатков несколько стабилизируется, древесных – уменьшается и растет количество представителей моховой группы. Характерно приблизительно равное содержание торфообразователей моховой и травяной групп, незначительное – древесной, которое остается неизменным и в следующем интервале. В целом, доминируют осоковые виды, осоково-гипновые, пушицевые, пушицево-сфагновые, тростниковые, встречаются древесно-сфагновый, травяно-сфагновый, магелланикум, фускум и комплексный, обтузум-торф. Степень разложения торфов изменяется от 20 до 25%, зольность – 8%, рН – 4,0, плотность скелета торфа – 0,119 г/см³. Этот тип торфа широко распространен в южной части Томской области, преобладает в болотных массивах террас и ложбин древнего стока. Он представляет средние слои залежи или всю залежь полностью, по возрасту занимает промежуточное положение между I и III типами.

III тип. При значениях $a \geq 3,0$ и $16,5 \leq e_0$ резко падает содержание травяных остатков и также резко возрастает содержание моховых, их стабилизация отмечается при дальнейшем повышении коэффициентов компрессии. В данном типе торфа преобладают представители верховых торфов моховой, реже травяно-моховой и древесно-моховой групп, доминирующими видами являются фускум, ангустифолиум, магелланикум, встречаются комплексные, сфагновые мочажинные и древесно-сфагновые торфа, а также представители травяной группы – слабо разложившиеся шейхцериевые и пушицевые. Типична степень разложения менее 20%, зольность – 4%, рН – 3,3, плотность скелета торфа – 0,08 г/см³. По направлению с юга на север торфа этого типа встречаются чаще. Они широко распространены на правом берегу водораздельных равнинах Томской области и на левобережье на высоких террасах и водораздельных равнинах севернее устья р. Томи. Торфа представляют верхние слои залежи или всю залежь полностью, по возрасту

относятся к более молодым отложениям.

Предлагаемая типизация по степени сжимаемости объединяет торфа с близким составом и параметрами компрессионных кривых, что важно для характеристики изменений коэффициентов пористости под нагрузками от P_c до 0,2 МПа. Для практических целей наибольший интерес представляет классифицирование торфов по модулям осадки, позволяющее объединить виды с различной начальной пористостью и компрессионными параметрами. С этой целью проведен кластерный анализ и для установленных в его результате 5 групп построены графики зависимости модулей осадки от нагрузок до 0,20 МПа (рис. 3) и получены уравнения регрессии. Первая группа (1) включает травяной,



$$\begin{aligned}
 &1 \text{ Модуль осадки} = 642,1 + 242,3 \cdot \log_{10}(x) & 2-3 \text{ Модуль осадки} = 849,4 + 276,2 \cdot \log_{10}(x) \\
 &1-2 \text{ Модуль осадки} = 781,4 + 306,0 \cdot \log_{10}(x) & 3 \text{ Модуль осадки} = 922,6 + 271,7 \cdot \log_{10}(x) \\
 &2 \text{ Модуль осадки} = 836,9 + 299,4 \cdot \log_{10}(x)
 \end{aligned}$$

■ Среднее □ ±стандартная ошибка ▭ ±стандартное отклонение

Рис. 3. Зависимости модулей осадки от нагрузок и характеристики состава и физических свойств торфов групп, выделенных по результатам кластерного анализа

гипновый и березовый виды, вторая (1-2) – осоковый, древесно-осоковый, сосновый и древесно-гипновый, третья (2) – осоково-сфагновый, пушицевый, осоково-гипновый, шейхцериевый, сосново-сфагновый, обтузум, фаллакс и древесно-сфагновый, четвертая (2-3) – фускум, пушицево-сфагновый и тростниковый, пятая (3) – сфагновый мочажинный, магелланикум, ангустифолиум, комплексный и кустарничковый торфа.

На основе схемы районирования территории Томской области по степени заболачивания и проведенных исследований особенностей формирования торфяных

отложений, нами составлена классификация деформационных и фильтрационных свойств торфов с учетом их привязки к болотным округам и элементам рельефа (табл. 3). В работе приведена краткая характеристика особенностей состава и свойств показателей наиболее представительных для округов видов торфа. По результатам исследований составлена инженерно-геологическая диагностическая классификация состава, физических, фильтрационных и механических свойств торфов Томской области (табл. 1), которая может служить в качестве региональной классификации нормативных показателей свойств торфов заболоченных территорий центральной части Западной Сибири.

Таблица 3

Классификация деформационных и фильтрационных свойств торфов
Томской области (фрагмент)

Провинция	Округ	Район	Положение в рельефе	Месторождение	Мелиоративные работы	Тип залежи	Подтип	Состав торфа				Параметры компрессионной кривой			Фильтрационные показатели		
								Группа	Вид	$D_{ас}$, %	$D_{дпр}$, %	e_0	P_c , МПа	a	$k_{фв}$	$k_{фг}$	k_a
Васюганская	Бакчарский	Иксинский	Водораздельная равнина	"Васюганское" (уч.5, у с. Кр. Бакчар)	Осушение	Верховой	Топяной	Моховая	Магеллианкум	1,8	20	15	0,0009	2,4	1,24	0,89	1,18
										0,8	10	21	0,0007	3,4	1,12	1,69	0,81
									Сфагновый мочажинный	4,2	15	9,7	0,0031	1,8	0,56	0,56	1,00
										2,5	10	16	0,0024	3,0	1,19	0,60	1,42
Травяно-моховая	Пушицево-сфагновый	0,9	15	17	0,0012	3,3	1,52	1,86	0,90								

Примечание. k_a – коэффициент анизотропности

Разработаны рекомендации по использованию результатов исследований формирования состава и физико-механических свойств торфяных грунтов при проведении инженерно-геологических изысканий при строительстве дорог нефтяных и газовых промыслов. Как отмечено в "Инструкции по проектированию и строительству автомобильных дорог нефтяных и газовых промыслов Западной Сибири", проектирование земляного полотна на болотах необходимо осуществлять на основе региональных типизаций, разработанных с учетом районирования территории региона по природным условиям. Приведенное в работе районирование территории Томской области по степени заболачивания, характеризует особенности распространения торфов определенного состава, а инженерно-геологические классификации позволяют предварительно оценить их фильтрационные и физико-механические свойства. Обычно первый этап изысканий не включает лабораторные исследования и именно на этом этапе можно получить более точные прогнозы осадки, используя видовой состав торфа (табл. 1, 3 и рис. 3). На втором этапе отбирают пробы торфов с нарушенной структурой для определения влажности, зольности, степени разложения. Модули деформации для них можно получить с номограммы (рис. 1, для неосушенных массивов $e=W*\rho_s$). В случае, когда ботанический состав определен, аналогичные графики для травяной, древесной и моховой групп торфа, приведенные в работе,

позволяют более точно определить их модули деформации и осадки. На третьем этапе проводят лабораторные испытания на компрессию, консолидацию и сдвиг с учетом скорости изменения состава торфа при его хранении в условиях отличных от естественного залегания. Если планируется использовать торфа в их естественном состоянии – в залежи, то опыты должны проходить по ускоренным методам сразу после отбора образцов. При использовании в насыпях торфов с нарушенной структурой проводятся долговременные фильтрационные, консолидационные и компрессионные опыты. При предварительном осушении залежи коэффициенты фильтрации (табл. 1) позволяют рассчитать расстояние между каналами, дренами, а кривые зависимости коэффициентов фильтрации от пористости торфов моховой и древесной групп, приведенные в работе позволяют определять расстояния между дренами в процессе осушения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

Выполненные исследования позволили получить следующие результаты, отражающие теоретическую и практическую значимость работы.

1. Проанализированы данные, характеризующие природные условия Томской области и их влияние на развитие болотообразовательного процесса. Систематизированы и обобщены материалы по районированию территории Томской области по современному заболачиванию на основе схемы Ю.А. Львова, которая была усовершенствована в отношении уточнения границ округов, дополнена характеристикой фильтрационных и физико-механических свойств торфов.

2. В результате наблюдения за процессами разложения торфяных грунтов в условиях отличных от их естественного залегания, установлено, что торфа быстро изменяют свой состав. За год хранения осоковых торфов при температуре 18–28° их степень разложения увеличилась на 10–15%. По этой причине рекомендованы ускоренные исследования компрессионных и фильтрационных свойств, разработаны рекомендации по их проведению.

3. Изучены физические, фильтрационные, прочностные и деформационные свойства торфов, их ботанический состав, зольность и степень разложения. Определены нормативные показатели перечисленных свойств 25 видов торфа, для каждого из них определены параметры компрессионных кривых.

Анализ физических свойств наиболее широко распространенных в Томской области и в Европейской части России видов торфа показал, что они имеют близкие средние значения и стандартные отклонения коэффициентов пористости. Степень разложения сибирских видов на 5–20% меньше, чем у европейских аналогов, по-видимому, благодаря палеоклиматическим условиям региона и распространению в небольших количествах во всех типах торфа сфагновых мхов, обладающих бактерицидными свойствами.

При исследованиях свойств торфяных отложений массивов в естественном и осушенном состоянии установлено, что торфа с выработанных участков месторождений более подвержены деформациям сжатия и сдвига, чем аналогичные им виды в массивах

находящихся в естественном состоянии.

По результатам корреляционного анализа выявлены взаимосвязи между характеристиками состава торфов и их прочностными, деформационными и фильтрационными свойствами. Подтверждены связи деформационных свойств со степенью разложения и зольностью, установлены взаимосвязи с ботаническим составом: с увеличением содержания остатков растений древесной группы коэффициенты компрессии уменьшаются, с ростом остатков представителей моховой группы – увеличиваются. Наиболее тесные связи выявлены между деформационными характеристиками и коэффициентами пористости торфов, на основе этих взаимосвязей построена номограмма, позволяющая устанавливать модули деформации по коэффициентам пористости при разных нагрузках, аналогичные графики построены для торфов древесной, травяной и моховой групп. Установлено, что под нагрузками торфа ведут себя по-разному: при одинаковой пористости наиболее подвержены деформациям сжатия торфа моховой группы и менее – древесной.

4. На базе полученных количественных оценок, выявленных особенностей и взаимосвязей состава и свойств торфов составлена классификация деформационных и фильтрационных свойств торфов болотных округов Томской области (табл. 3), за основу которой взят ботанический состав торфяных грунтов. Проведена типизация торфов по ботаническому составу в соответствии с “Классификацией торфов и торфяных залежей Западной Сибири” (2000 г). По коэффициентам компрессии выделены три основных типа торфа по степени сжимаемости, с определенными количественными характеристиками состава. Установлено 5 групп, объединяющих виды торфа с близкими модулями осадки при нагрузках до 0,20 МПа, максимальные значения модулей выявлены у ангустифолиум, магелланикум, комплексного, кустарничкового и сфагнового мочажинного торфов. По результатам определений прочностных свойств, залежи 6 торфяных месторождений классифицированы по проходимости техники с учетом рекомендаций Л.С. Амаряна, определены строительные типы торфа по классификации В.Д. Казарновского. Разработана диагностическая классификация состава, физических, фильтрационных и механических свойств торфов Томской области (табл. 1), которую можно рекомендовать в качестве региональной классификации нормативных показателей свойств торфяных грунтов. Разработаны рекомендации по использованию результатов исследований при инженерно-геологических изысканиях при проектировании и строительстве промысловых дорог на заболоченных территориях Западной Сибири.

Следует отметить, что предложенная в диссертации методика исследований свойств торфов имеет ряд преимуществ по сравнению с известными, так как при лабораторных опытах исключают изменения состава торфа, имеющего значимые связи с физико-механическими свойствами. Применение предложенных рекомендаций способствует более полной интерпретации данных, оптимальности оценки свойств торфов, и тем самым обеспечивает верификацию результатов. Преимущество предлагаемых подходов в том, что выявленные взаимосвязи свойств с ботаническим составом позволяют получить более ясную, точную и достоверную информацию о свойствах торфяных грунтов, объяснить

закономерности их изменений, решить проблему прогнозирования деформационных свойств и повысить точность расчета осадок сооружений. Установленные закономерности в значительной степени упрощают решение теоретических задач о сложных взаимоотношениях состава и свойств торфяных грунтов, и во многом объясняют причинно-следственную связь между ними. Учет этих связей при выполнении изыскательских работ позволяет установить пространственное изменение свойств торфов в зависимости от их состава на территориях со сходными геологическими условиями болотных массивов, что способствует повышению эффективности изысканий.

Автор глубоко признателен своему научному руководителю доктору геолого-минералогических наук, профессору С.Л. Шварцеву за постоянное внимание и высокую требовательность к работе. Особую благодарность автор выражает научному консультанту кандидату геолого-минералогических наук к.г.-м.н. Т.Я. Емельяновой за ценные советы, постоянную помощь и поддержку при подготовке диссертации. Автор выражает искреннюю благодарность сотрудникам СибНИИТ и сотрудникам кафедры ГИГЭ ТПУ Л.Д. Степановой, к.т.н. П.Н. Степанову, к.г.-м.н. А.Д. Назарову, д.г.-м.н. Н.М. Рассказову, к.б.н. Ю.И. Прейс и к.г.-м.н. Н.А. Антроповой за советы, консультации и предоставленные материалы.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Крамаренко В.В. Фильтрационные свойства торфов Томской области / Крамаренко В.В., Степанов П.Н. // Технология и комплексная механизация торфяного производства: Сборник научных трудов. – Тверь: ТГТУ, 2000. – Вып. 14. – С. 148 – 152.
2. Крамаренко В.В. Водно-физические свойства торфов и их изменение под воздействием нагрузок / Крамаренко В.В., Емельянова Т.Я., Степанов П.Н. // Материалы региональной конференции геологов Сибири, Дальнего Востока и северо-востока России. – Томск, 2000. – Т.2. – С. 166 – 168.
3. Крамаренко В.В. Прочностные свойства торфяных грунтов Томской области: Труды Пятого Международного научного симпозиума им. академика М.А. Усова студентов, аспирантов и молодых учёных, посвящённого 100-летию горно-геологического образования в Сибири. – Томск: СТТ, 2001. – С.153 – 154.
4. Крамаренко В.В. Фильтрационные свойства торфяных грунтов Томской области / Крамаренко В.В., Емельянова Т.Я. // Обской вестник. – 2001. – №1. – С.36-40.
5. Крамаренко В.В. Расчет влажности полей добычи торфа по уровню грунтовых вод / Крамаренко В.В., Степанов П.Н., Степанова Л.Д. // Торф в сельском хозяйстве: Сборник научных трудов / РАСХН. Сибирское отделение. СибНИИТ. – Томск, 2002. – С. 36 – 42.
6. Крамаренко В.В. Факторы формирования деформационных свойств торфяных грунтов Томской области: Труды Шестого Международного научного симпозиума студентов, аспирантов и молодых учёных посвящённого 100-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки РСФСР Л.Л. Халфина и 30-летию проведения молодёжных научных конференций им академика М.А. Усова. – Томск: Изд-во НТЛ, 2002. – С.140 – 143.
7. Крамаренко В.В. Физические свойства торфяных грунтов Томской области: Труды Седьмого Международного научного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – С. 171 – 174.
8. Крамаренко В.В. Характеристика торфяных грунтов Васюганского болота (междуречья Бакчар-Икса-Шегарка) // Изв. ТПУ. – 2003. – №6. – С. 28 – 32.
9. Крамаренко В.В. Характеристика и прогнозирование деформационных свойств торфяных грунтов (на примере Томской области) / Крамаренко В.В., Емельянова Т.Я // Геоэкология. – 2004. – №3. – С. 251 – 256.
10. Крамаренко В.В. Влияние скорости разложения торфов на выбор методики изучения их механических свойств / Крамаренко В.В., Емельянова Т.Я // Изв. ТПУ. – 2004. – №5. – С. 54 – 57.

