

На правах рукописи

Строкова Людмила Александровна

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ
ТЕРРИТОРИИ ТОМСКОГО ПРИОБЬЯ ПО СТЕПЕНИ
УСТОЙЧИВОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ
К ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКЕ**

Специальность 04.00.07. – инженерная геология, мерзлотоведение и
грунтоведение

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Томск-1997

Работа выполнена в Томском политехническом университете

Научные руководители:

доктор геолого-минералогических наук, профессор **С.Л. Шварцев**

кандидат геолого-минералогических наук, доцент **Т.Я. Емельянова**

Официальные оппоненты:

доктор геолого-минералогических наук, профессор **В.Е.Ольховатенко**

доктор геолого-минералогических наук, профессор **Г.И. Швецов**

Ведущая организация: *Территориальный центр «Томскгеомониторинг»*

Защита диссертации состоится **3 декабря 1997 года** в 15 часов на заседании диссертационного совета К 063.80.08. в Томском политехническом университете.

Адрес: г.Томск, пр.Ленина, 30

С диссертацией можно ознакомиться в Научно-технической библиотеке Томского политехнического университета.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Характерной чертой Томского Приобья является повышенная плотность населения, по сравнению с другими районами Томской области, и наихудшие показатели качества окружающей среды: повышенный для населения риск аварий разного происхождения, высокое загрязнение поверхностных и грунтовых вод, почв, грунтов и другие многочисленные отрицательные факторы. В этих условиях формируются новое качество и свойства геологической среды, возникают неблагоприятные инженерно-геологические процессы и явления. Эти изменения неоднозначны по степени и характеру, поэтому первоочередной становится проблема типизации геологической среды по устойчивости к техногенному воздействию. Важным аспектом этой проблемы является разработка четких критериев и методов оценки и прогноза изменения состояния геологической среды Томского Приобья под влиянием хозяйственной деятельности. Нерешенность этих вопросов обуславливают необходимость постановки настоящих исследований как части современной проблемы - совершенствование методики специального инженерно-геологического районирования.

Цель работы - обоснование принципов и признаков инженерно-геологического районирования по степени устойчивости геологической среды к техногенным воздействиям и реализация их на примере Томского Приобья.

Основные задачи исследований. Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

1. Анализ состояния проблемы специального инженерно-геологического районирования по степени устойчивости геологической среды (геосреды) к техногенным воздействиям.
2. Изучение особенностей геосреды и техносферы Томского Приобья, определение комплекса показателей (условий, характеристик) устойчивости геологической среды и критериев их систематики.
3. Изучение закономерностей изменения геосреды под воздействием техногенных факторов.
4. Обоснование и проведение специального типологического районирования по степени устойчивости геологической среды к техногенным воздействиям
5. Прогнозирование устойчивости геосреды к опасным инженерно-геологическим процессам.

Методы исследований. Поставленные задачи решались с использованием полевых, лабораторных, камеральных методов комплексной гидрогеологической и инженерно-геологической съемки территории масштаба 1:200 000, обобщения и анализа собранных данных, обработки результатов исследований с помощью ЭВМ на основе методов математической статистики и теории вероятностей, а также методов системного анализа, картографического, группы специальных геологических методов: сравнительно-геологического и других.

Исходные данные и личный вклад автора. В основу работы положены материалы исследований, выполненных автором в период 1986-1997гг. при проведении хоздоговорных работ ОАО "Томскнефтегазгеология" и кафедры гидрогеологии и инженерной геологии Томского политехнического университета. Создана база данных, которая включает информацию об инженерно-геологических особенностях пород. Автором составлены карты: источников техногенного воздействия на геологическую среду Томского Приобья, средних уклонов поверхности территории, изменений геологической среды, инженерно-геологического районирования по степени устойчивости геосреды к техногенным воздействиям, прогнозные карты по опасности развития неблагоприятных инженерно-геологических процессов на территории Томского Приобья.

Научная новизна. В теоретическом плане обоснованы принципы и признаки специального типологического инженерно-геологического районирования по степени устойчивости геосреды к техногенным воздействиям. Впервые дана классификация понятия "устойчивость геологической среды к техногенным воздействиям". В региональном плане впервые для юго-запада Томской области: дана оценка техногенных изменений геосреды, определена степень ее измененности, обоснованы критерии и выполнено инженерно-геологическое районирование по степени устойчивости к техногенной нагрузке, разработаны методы оценки и прогноза устойчивости территории по опасности проявления водной эрозии, коррозионного поражения подземных коммуникаций, техногенного загрязнения геологической среды на качественной и количественной основе. Для оценки устойчивости доказана возможность использования балансового метода.

Реализация и практическая значимость работы. Результаты исследований внедрены в производство работ Томской геологоразведочной экспедиции ОАО "Томскнефтегазгеология" - вошли в производственные отчеты и использованы при составлении инженерно-геологических карт Томского Приобья. Использование типизации геосреды по степени устойчивости к техногенной нагрузке позволяет оценить ее современное состояние и прогнозировать с достаточной точностью изменение инженерно-геологических условий, что позволяет рационально планировать размещение строительства и решать вопросы о защитных мероприятиях. Такая типизация необходима для обоснования методики детального изучения изменений геосреды, определения опорных участков мониторинга.

Основные защищаемые положения:

1. При исследовании неоднородности геосреды Томского Приобья и, в частности, степени ее устойчивости к техногенным воздействиям, установлено, что выделение грунтовых толщ по геоструктурным, стратиграфическим и петрографическим признакам недостаточно, т.к. не обеспечивается выделение геологических тел, однородных по

свойствам. Требуется дополнительно учитывать фациальные условия образования пород.

2. Установлены признаки и разработана методика оценки факторов, определяющих устойчивость геосреды, что позволяет провести выделение типов геосреды с разной степенью ее устойчивости к техногенному воздействию, выполнить их систематику и картографирование.
3. Оценка современного состояния и прогноз техногенных изменений геосреды базируются на специальном типологическом районировании территории по устойчивости геосреды к техногенным воздействиям с выделением ядер формирования нового ее качества.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на: Всесоюзном совещании "Многоцелевые гидрогеохимические исследования в связи с поисками полезных ископаемых и охраной подземных вод" (Томск, 1993), Региональной межвузовской конференции молодых специалистов (Томск, 1994), Международной научно-практической конференции "Лессовые просадочные грунты: исследования, проектирование и строительство" (Барнаул, 1996), Первом международном научном симпозиуме "Молодежь и проблемы геологии" (Томск, 1996), научных семинарах кафедры гидрогеологии и инженерной геологии Томского политехнического университета.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 12 работ в виде статей и тезисов докладов.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы из 218 наименований, иллюстрирована 19 рисунками и 22 таблицами.

Автор искренне благодарен научным руководителям: доктору геолого-минералогических наук, профессору С.Л.Шварцеву и кандидату геолого-минералогических наук, доценту Т.Я. Емельяновой за постоянное внимание и обсуждение результатов исследований. Автор признателен: А.М.Альшанскому, Н.Г.Альшанской, В.П.Родионовой, А.В.Кривенцову, В.А.Льготину, Ю.В.Макушину, А.Л.Кокореву, Н.С.Роговой, Н.В.Крепша, П.П.Ипатову, К.И.Кузеванову, Ю.Г.Копыловой, В.А.Баженову, С.Н.Воробьеву, А.Г.Плеханову чьи советы, участие и помощь способствовали выполнению работы.

Глава 1. Принципы и методология районирования геологической среды по степени устойчивости к техногенным воздействиям

1.1. Современное состояние изученности проблемы

Литературный обзор включает: 1) основные понятия и положения инженерно-геологического картографирования (Ю.С.Билич, А.С.Васмут, Е.М.Сергеев, Г.А.Голодковская Л.М.Демидюк, Ю.Б.Елисеев, Г.А.Сулакшина,

В.Т.Трофимов, С.Б.Ершова, Г.А.Кофф и др.); 2) вопросы оценки состояния геологической среды (Е.М.Сергеев, Г.А.Голодковская, Ф.В.Котлов, Г.К.Бондарик, Л.С.Гарагуля, А.Д.Жигалин и др.); 3) вопросы устойчивости геологической среды к техногенному воздействию (В.Т.Трофимов, Т.И.Аверкина, А.С.Герасимова, Г.А.Голодковская, Ю.Б.Елисеев, Ю.Д.Зилинг, А.Д.Арманд, С.И.Пахомов, А.М.Монюшко, Л.С.Гарагуля, Л.В.Бахирева, Т.В.Минакова, Н.С.Красилова, В.С.Преображенский, Ю.Г.Пузаченко, и др.); 4) анализ изученности инженерно-геологических условий Томской области (Г.А.Сулакшина, Е.С.Цоцур, Т.Я. Емельянова, В.А.Льготин, Т.Г.Кривенцова). Анализ публикаций позволяет утверждать, что для Томской области малоизученным является вопрос устойчивости геосреды. Решение этой проблемы находится в самом начале своего становления. Нет единого определения устойчивости геологической среды. Разные исследователи вкладывают в это понятие разное содержание. Нет полной согласованности в методике и принципах инженерно-геологического районирования по степени устойчивости геологической среды к техногенным воздействиям.

1.2. Принципы районирования

Под принципом районирования, вслед за Б.М.Чиковым, К.П.Космачевым и В.И.Блануцем, понимается исходное содержательное утверждение, регулирующее процедуру районирования. Согласно представлениям этих авторов, принципы районирования нами рассмотрены с трех позиций: общих, операционных и предметно-содержательных.

Общие принципы состоят из основополагающих установок, без которых невозможно приступить к районированию территории. Они следующие:

1. Принцип пространственно-временной неоднородности среды.
2. Цели районирования.
3. Систематика элементов районирования.

Во-первых, принцип вертикальной и площадной неоднородности, обусловленной последовательной сменой по площади типов геологической среды, различающихся составом, строением, свойствами, а следовательно, и различной реакцией на техногенное воздействие, является главной предпосылкой объемного расчленения геологического пространства. Во-вторых, от целей, ради которых проводится районирование, зависит объем и содержание информации, собираемой, анализируемой и обобщаемой в процессе районирования. В третьих, в основе любого геологического районирования лежит принцип классификации элементов такого районирования, ибо только она позволяет представить необозримое множество геологических тел и явлений в упорядоченной и удобной для практического использования форме.

В работе дается определение понятия устойчивость геологической среды, под которой предлагается понимать способность массивов горных пород сопротивляться внешним воздействиям без перехода в новое качество,

без появления нежелательных инженерно-геологических процессов. Такое определение полностью соответствует существующим определениям устойчивости (У.Р.Эшби, Т.И.Аверкина, Г.А.Голодковская, С.И.Пахомов, А.М. Монюшко и др.).

Предложена классификация понятия "устойчивость геологической среды" по существенным признакам и свойствам: структурным, отображающим строение объекта и организацию его элементов; значимости для жизнедеятельности человека; способности объекта выполнять предназначенные функции (табл.1).

Таблица 1

Классификация понятия "устойчивость типа геосреды к техногенным воздействиям"

Классификационный уровень (таксон)	Классификационный критерий (основание классификации)	Содержание критерия
Класс	Наличие (отсутствие) признака устойчивости среды	Синтез свойств объекта-представление о качестве среды
Род	Наличие экологического ущерба	Значимость для жизнедеятельности человека
Вид	Наличие экономического ущерба	Способность выполнять предназначенные функции
Разновидность	Однотипность взаимодействия типов геологической среды и техносферы	Структурные свойства - возможность конфликтных ситуаций между элементами геосреды и техносферы

Далее в работе рассмотрены операционные принципы, отражающие требования формальной логики к методике районирования. Группа предметно-содержательных принципов отражает специализацию районирования и является основой решения конкретных задач. В этой группе нами приняты следующие основные принципы. Первый - известные предложения В.Т.Трофимова и др. (1985) проводить инженерно-геологическое районирование на основе *учета закономерностей пространственной изменчивости инженерно-геологических условий, обусловленных взаимодействием региональных и зональных геологических факторов, которое должно завершиться типизацией геологической среды.* Следующий принцип, предложенный Г.А.Голодковской и Л.М.Демидюк (1985) - *учет области влияния, характера и интенсивности техногенных воздействий* на основе типизации инженерно-хозяйственного воздействия на геологическую среду. Основополагающим принципом районирования по устойчивости геологической среды к техногенным воздействиям является также *принцип однотипности взаимодействия элементов техносферы с геологической средой.* Исходя из положений механики грунтов о предельных

состояниях, критерием (пределом) устойчивости следует считать возникновение нежелательных (неблагоприятных) инженерно-геологических процессов, приводящих к экономическому и экологическому ущербу. Последний принцип - выделение ядер формирования нового качества среды - участков проблемных ситуаций взаимодействия (участков развития неблагоприятных инженерно-геологических процессов) реализуется через анализ и обобщение информации об изменениях геологической среды.

1.3. Методология районирования.

В этом разделе работы приводится обзор методов, необходимых при изучении взаимодействия техносферы с окружающей средой. Методы рассмотрены на 4-х уровнях: 1) методологические (общефилософские) основы; 2) общие методы, используемые науками об обществе и природе; 3) общегеологические методы; 4) частно-научные методы. Наиболее подробно в работе рассмотрены частно-научные методы: инженерно-геологические; исследования техносферы; исследования взаимодействия геологической среды и техносферы и специфические методы отражения состояния изменений пространственно-временных отношений в системе геосреда - техносфера.

Глава 2. Характер и виды современных техногенных воздействий на территории Томского Приобья

В главе приведен краткий обзор классификаций техногенных воздействий, предложенных различными авторами. Разработана типизация источников техногенного воздействия для территории Томского Приобья. Выделено 22 источника техногенных воздействий, каждый из которых характеризуется своими конструктивно-функциональными особенностями, положением относительно поверхности земли, направленностью воздействия в пространстве, размерами зоны взаимодействия, характером и продолжительностью воздействия. Наиболее существенное влияние на геосреду Томского Приобья оказывают: сельское производство, добыча строительных материалов, особенно песчано-гравийных смесей из пойм рек Обь и Томь и Томский водозабор подземных вод. Предложенная типизация техногенных воздействий на геосреду Томского Приобья показывает, что наиболее потенциально опасными процессами при взаимодействии геосреды и техносферы являются: а) плоскостная и овражная эрозия, возможная практически при любых видах деятельности; б) загрязнение поверхностных и подземных вод, почв, грунтов; в) грунтовая коррозия подземных коммуникаций.

Глава 3. Характеристика геологической среды Томского Приобья

Под "геологической средой" принято понимать любые горные породы и почвы, слагающие верхнюю часть литосферы и находящиеся под

воздействием инженерно-хозяйственной деятельности человека. Последнее приводит к изменениям состава, и следовательно, свойств горных пород и природных геологических процессов, а также к возникновению антропогенных геологических процессов, которые могут изменять инженерно - геологические условия (ИГУ) определенной территории. Г.К. Бондарик (1986) предлагает понимать под инженерно-геологическими условиями - "такие свойства геологической среды и такие происходящие в ней процессы, которые оказывают влияние на принятие тех или иных решений, определяющих размещение сооружений, выбор их типов и конструкций, способов строительства (методов ведения горных работ), методов эксплуатации, способов оптимального управления геологической средой". Рассмотрены подробно свойства геологической среды - компоненты инженерно-геологических условий, которые формируются под воздействием региональных геологических и зонально-климатических (зонально-геологических, по В.Т.Трофимову, 1985) факторов.

Климат района континентально-циклонический. Оценивая влагообеспеченность территории, можно отметить, что большая ее часть (кроме южной) является избыточно-увлажненной. Превышение количества осадков над испарением составляет 100-170 мм, что создает весьма специфические условия для развития экзогенных геологических процессов.

Геологическое строение и история развития. В геологическом отношении территория Томского Приобья располагается в пределах 2^x разновозрастных структур: Западно-Сибирской плиты и Колывань-Томской складчатой зоны. Стратиграфическое расчленение четвертичных отложений основано на схеме, принятой в ОАО "Томскнефтегазгеология" на период исследований. Основные факторы ИГУ территории сформировались в олигоцен-четвертичное время, в неотектонический или новейший этап развития. В олигоценовое время в районе сформировались озерно-аллювиальные отложения юрковской, новомихайловской и лагерно-томской свит. В неогеновый этап в условиях преобладающих поднятий сформировался комплекс отложений абросимовской и таволжанской свит, Позднеплиоценовый этап характеризуется сложным тектоническим развитием и палеогеографическими условиями с неоднократной сменой ледниковых и межледниковых периодов, во время которых сформировались отложения следующих страти-графо-генетических комплексов: озерно-аллювиальные отложения кочковской свиты (N_2kc), озерные отложения федосовской свиты ($IQ_{I-II}fd$), аллювиальные отложения тобольской свиты ($aQ_{II}tb$), озерные осадки самаровской свиты ($IQ_{II}sm$), озерно-аллювиальные отложения объединенных ширтинского и тазовского горизонтов ($alQ_{II}stz$), аллювиальные отложения древних ложбин стока (aQ_{II-III}), комплексы аллювиальных пород первой, второй и третьей надпойменных террас ($aQ_{1,2,3}$) и поймы (aQ_{IV}), субэральные покровные отложения (saQ_{III-IV}), эоловые отложения (vQ_{III-IV}) и озерно-болотные отложения (bQ_{IV}).

Рельеф. Основными геоморфологическими элементами Томского Приобья, части Обь-Иртышского плато, являются: высокие и низкие поймы

речных долин, аллювиальные равнины надпойменных террас, озерные и озерно-аллювиальные равнины междуречий, расположенные на различных геоморфологических уровнях. В морфогенетическом отношении на территории Томского Приобья выделяются 2 основных типа рельефа: аккумулятивно-денудационный (сюда относятся водораздельные равнины различного возраста) и аккумулятивный (древние ложбины стока и долины современных рек). В морфографическом отношении современный рельеф территории имеет холмисто-равнинный характер, незначительно расчлененный долинно-овражно-балочной сетью.

Гидрогеологические условия территории характеризуются как сложные. На состояние гидрогеологической обстановки оказывает влияние изменение поверхностного и подземного стока в результате сельскохозяйственного освоения, работы дренажей и водозаборных сооружений.

На территории развиты 3 основных водоносных комплекса: неоген-четвертичный, палеогеновый и меловой. Неоген-четвертичный комплекс состоит из нескольких водоносных подразделений: верховодки, имеющей место в покровных, эоловых, ширтинско-тазовских отложениях; слабоводоносных горизонтов, имеющих место в отложениях самаровской, федосовской, верхней части кочковской свиты; водоносных горизонтов в отложениях террас и пойм, ложбин стока, тобольской свиты и нижней подсвиты кочковской свиты. Палеогеновый водоносный комплекс широко используется для питьевого водоснабжения г.Томска. По химическому составу воды кайнозойских отложений преимущественно гидрокарбонатные кальциевые и кальциево-магниевые. Химический состав грунтовых и подземных вод формируется при участии как природных, так и техногенных факторов. На застроенных участках наблюдается изменение химического состава: вода здесь становится: сульфатно-кальциевой (с. Володино, Кожевниково, Вознесенка, Жарковка, Усть-Тоя и др.) На территории Томского Приобья, по данным ОАО "Томскнефтегазгеология", выделяются неагрессивные, слабоагрессивные, среднеагрессивные и сильноагрессивные грунтовые воды по отношению к бетону и металлическим оболочкам кабеля. Грунтовые воды со средней и сильной степенью агрессивности приурочены к болотным массивам и заболоченным землям ($pH < 5$) и участкам техногенного загрязнения. Отмечается общекислотная, углекислотная и выщелачивающая, реже сульфатная агрессия.

Состав и физико-механические свойства грунтов. В работе изложены результаты изучения состава, строения и физико-механических свойств неоген-четвертичных отложений и их изменчивости каждого стратиграфогенетического комплекса, т.к. последний является основной категорией пород, которая изучается в процессе региональных исследований для нужд ТЭО строительства. Исследование закономерностей пространственной изменчивости состава и свойств выполнено для показателей, играющих наибольшую роль в формировании качества среды. В качестве таких параметров были выбраны: гранулометрический состав, состав легко- и

среднерастворимых солей, общая карбонатность, содержание гумуса, естественная влажность, пределы пластичности, коэффициент пористости. Грансостав грунтов весьма разнообразен: от галечников и гравия до тяжелых глин и торфов. Приведенные данные свидетельствуют о том, что решающее значение при оценке грансостава имеет генезис пород: в озерной обстановке накапливались осадки с высоким содержанием тонкодисперсной фракции, в аллювиальных, наоборот - грубодисперсных, для субаэральных покровных отложений характерно высокое содержание пылеватой фракции (до 40% в супесях и до 65% в суглинках). Анализ результатов водных и соляно-кислых вытяжек свидетельствует о том, что абсолютное большинство образцов относится к незасоленным. Редко засолены грунты субаэральных покровных отложений, грунты федосовской свиты и ширтинско-тазовского горизонта. Наибольшей карбонатностью среди суглинков обладают субаэральные покровные грунты, отложения самаровской и федосовской свиты (5-12%). Наименее карбонатны современные пойменные осадки. Карбонатность песков и супесей в 2-3 раза ниже и составляет 0.5-3.1%. Для аллювиальных фаций характерны низкие содержания гумуса 0.11-0.19%, для озерных фаций - 4.0-5.8%. Важнейшей особенностью пространственной изменчивости естественной влажности пород является достаточно существенное снижение влажности пород на приречных, хорошо дренированных участках междуречных равнин и террас. Особенно заметно это снижение в разрезах Обь-Томского междуречья. Закономерности изменчивости числа пластичности следующие: максимальные значения (0.15-0.16) приурочены к наиболее спокойным озерным условиям седиментации, минимальные (0.07-0.08) - для озерно-аллювиальных и аллювиальных обстановок. В районе исследований в стратиграфо-генетических комплексах наблюдается закономерная изменчивость состава и свойств в связи с разными фациальными условиями формирования пород.

Современные геологические процессы. На территории Томского Приобья ведущими геологическими процессами являются следующие: болотообразование, русловая и овражная эрозия. В меньшей степени развиты гравитационные, эоловые, суффозионно-просадочные и мерзлотные процессы. В работе кратко изложены факторы, обуславливающие их развитие.

Типизация геологической среды территории Томского Приобья. В основу исследований положен принцип вертикальной и площадной неоднородности геологической среды, обусловленной последовательной сменой по площади типов геологической среды, различающихся составом, строением, современным состоянием и свойствами грунтовых массивов, а следовательно, и их реакцией на техногенное воздействие. Исследование неоднородности геосреды позволило нам выделить геологические тела разного ранга на основе учета геоструктурных, генетических, стратиграфических, петрографических признаков и выполнить *общее* инженерно-геологическое районирование. Под инженерно-геологическим районированием понимается выявление в сложной и многофакторной

геологической системе совокупности территориальных элементов (точнее - объемов геосреды), обладающих какими-либо общими инженерно-геологическими признаками, отграничение их от территорий этими признаками не обладающих, их систематика, картографирование и описание (Трофимов, 1985). Учитывая имеющиеся рекомендации были выбраны и обоснованы признаки типизации геосреды, предложена их систематика (табл.2).

Таблица 2

Систематика понятия "*тип геологической среды*"

Классификационный уровень (таксон)	Классификационный признак
Регион	Структурно-тектоническое положение территории
Область	Различия в палеогеографии новейшего периода {направленность неотектонических движений, рельеф, строение и мощность
Подобласть	Различия в возрасте и генезисе геоморфологических типов
Район	Распространение стратиграфо-генетических комплексов
Тип	Особенности строения, литологического состава, свойств грунтовых толщ и характер их изменчивости

Предложенная типизация геосреды использована при проведении смешанного (по В.Т.Трофимову) инженерно-геологического районирования. Район исследования включает области и подобласти, выделенные Е.М.Сергеевым, В.Т.Трофимовым и др. как единицы регионального районирования. В пределах последних автором выделены районы, как единицы регионального (индивидуального) вида районирования. Типы геологической среды обособлены как типологические таксономические единицы. Результатом изучения основных компонентов геосреды является составленная нами карта общего инженерно-геологического районирования Томского Приобья масштаба 1:500 000. Анализ геологических разрезов позволил обособить в пределах каждой подобласти по несколько районов, общее число которых равно 12. Инженерно-геологические районы соответствуют границам распространения первых от поверхности стратиграфо-генетических комплексов. В практике региональных среднемасштабных инженерно-геологических исследований при расчленении геологического разреза после выделения стратиграфо-генетических комплексов сразу описывается состав и свойства категории инженерно-геологической классификации (ГОСТ 25100-82, преимущественно типов), минуя фации. Автор поддерживает мнение В.Т.Трофимова, Т.Я.Емельяновой, что подобный подход методологически неверен и обедняет инженерно-

геологическую информацию, т.к. не обеспечивает выделение геологических тел однородных по свойствам. Анализ закономерностей изменения состава и строения стратиграфо-генетических комплексов позволил выделить 9 типов геологического разреза по литологическому признаку. Установлено, что толщи одного номенклатурного типа грунта (ГОСТ 25100-82) различаются составом, физико-механическими свойствами, характером их изменчивости в связи с фациальными условиями образования пород. В итоге выделено 20 типов грунтовых толщ по фациальным особенностям (табл.3). Для выделения различных фациальных комплексов предложен ряд показателей (гранулометрический состав, содержание гумуса, легко- и среднерастворимых солей, плотность сухого грунта) и характер их

Типизация грунтовых толщ Томского Приобья (фрагмент)

Район	Стратиграфо-генетический комплекс	Литологический тип	Фациальный комплекс	Инженерно-геологические особенности
1 А-I-1	aIV	1, 8 - пески пылеватые, мелкие с маломощными прослоями суглинков, к подошве более грубый	русловой	Слабоуплотненные (ρ_d - 1.4), рыхлые, с низким содержанием гумуса (до 1.5%). Среднесжимаемые (E ... 1.5-4.2 МПа; ϵ ... 0.01-0.02, ϕ ... 5-22°). Водонеустойчивые. Слабые сорбционные свойства. Не коррозионны.
		3 - суглинки средние, легкие с повышенным содержанием пылевой фракции	пойменный	Слабоуплотненные (ρ_d ... 1.38-1.46), с высокой пористостью (ϵ ... 0.7-1.1). Слабогумусированы (до 2%). Сильносжимаемые (E ... 0.1-3.8 МПа). Слабопрочные (ϵ ... 0.01-0.12 МПа, ϕ ... 5-21°). Водонеустойчивые. Высокие сорбционные свойства. Иногда коррозионны.
		7, 9 - пылеватые суглинки, легкие глины, заторфованные грунты	старичный	Слабо- и среднеуплотненные (ρ_d ... 1.2-1.5), с высокой пористостью (ϵ ... 0.7-0.8). Органических веществ до 60%. Средне- и сильносжимаемые. Слабопрочные (ϵ ... 0.01-0.022 МПа, ϕ ... 5-18°). Водонеустойчивые. Высокие сорбционные свойства. Часто коррозионно активны по pH.
2 А-I-2	a ²⁻³ III	1, 8 - пески мелкие, пылеватые	русловой	Среднеуплотненные (ρ_d ... 1.5-1.7), с коэффициентом пористости 0.56-0.78. Слабосжимаемые. Водонеустойчивые. Слабые сорбционные свойства.
		7 - легкие глины, тяжелые суглинки 9 - легкие глины, тяжелые суглинки, заторфованные	старично-озерный озерно-болотный	Среднеуплотненные (ρ_d ... 1.5-1.6), с высокой пористостью (ϵ ... 0.61-0.94), наличие слабых прослоев илов, торфов (ρ_d ... 1.12-1.2). Средне- сильносжимаемые (E ... 0.1-4.5 МПа). Слабопрочные (ϵ ... 0.01-0.06 МПа, ϕ ... 5-26°). Гумусированы (до 3,16%). Водонеустойчивые. Высокие сорбционные свойства. Высокая коррозионная активность.

изменчивости. Каждый тип охарактеризован одинаковым списком механических, физико-химических, водных свойств с равной детальностью. Для проверки различий между типами грунтовых толщ использовался статистический критерий Фишера. Например, были разделены грунтовые толщ Б-III-5 и Б-III-6, т.к. для них не подтвердилась нулевая гипотеза об отсутствии различия между отложениями федосовской и кочковской свит в основании разреза по следующим показателям: содержание глинистой фракции, плотность сухого грунта, карбонатность, гумус, естественная влажность, пористость и др.

В работе приведена покомпонентная характеристика всех выделенных таксономических единиц районирования. В заключение отмечено, что изменение инженерно-геологических условий в Западно-Сибирском регионе специфично в связи с тем, что незавершен литогенез четвертичных отложений, продолжается действие порообразующих факторов. Наиболее интенсивно эпигенетические процессы протекают в зоне развития современных, верхне- и среднечетвертичных аллювиальных образований (долины рек и северная часть региона). Разработанная автором схема типизации грунтовых толщ с учетом фациальных особенностей и общее региональное районирование явились основой для проведения специального типологического инженерно-геологического районирования по степени устойчивости геологической среды к техногенным воздействиям.

Глава 4. Инженерно-геологическое районирование территории Томского Приобья по степени устойчивости к техногенным воздействиям

В начале главы изложены факты изменчивости (неустойчивости) современного состояния геологической среды территории Томского Приобья при инженерно-хозяйственном освоении. Изучение проводилось по ключевым участкам на разных типах геосреды, которые выбирались в результате анализа полевых, экспериментальных, лабораторных работ. Основными приемами изучения изменений геологической среды являются: типизация геологической среды и техногенных воздействий, экстраполирование данных об изменениях геологической среды на участки в данном типе, еще не подвергшиеся техногенному воздействию. Констатируется, что к началу 90-х годов произошли существенные изменения геосреды, изменились такие ее компоненты: как рельеф, поверхностные и подземные воды, грунты, геологические процессы. Приводится подробная характеристика изменений инженерно-геологических условий территории за последние 15-20 лет.

Классификация антропогенных изменений геологической среды Томского Приобья. Все изменения геосреды исследуемой территории были классифицированы на 4 группы: 1) изменения гидрогеологических условий; 2) рельефа; 3) состояния и свойств горных пород; 4) геодинамической ситуации, связанные с активизацией природных и возникновением

инженерногеологических процессов. Составлена **карта изменений геологической среды**. Выявлено, что наибольшей степенью измененности характеризуются площади вдоль линии Томского водозабора, пересекающиеся с сельскохозяйственными угодьями. Изученные характеристики современного состояния геосреды и ее техногенных изменений позволили перейти к решению основной задачи работы: инженерно-геологическому районированию территории по устойчивости геосреды к техногенному воздействию. Обоснованы критерии выделения типов геосреды по устойчивости, изложены цель, содержание, способы картографического изображения элементов районирования, основные принципы и методика составления карты устойчивости геологической среды. Категория устойчивости определенного типа геологической среды устанавливалась в зависимости от следующих основных факторов: тип грунтовой толщи, средний уклон поверхности, глубина залегания грунтовых вод, защищенность подземных вод от загрязнения, наличие современных геологических процессов (табл.4).

Таблица 4

Оценка ведущих факторов типа геосреды по степени устойчивости к техногенному воздействию

Ведущие факторы, определяющие категорию устойчивости типа геосреды	Степень устойчивости типа геологической среды.		
	высокая 3 балла	средняя 2 балла	низкая 1 балл
Тип грунтовой толщи (15-20м)	Половодно-пойменные (3,6*), русловые (1,8) фации верхнечетвертичных террас, аллювиальные (4,7) фации Q _{II} равнины, озерные фации (3,4,5) N ₂ -Q равнины. Средне- и слабосжимаемые. Среднеуплотненные (p _d ...1.4-1.6). Не коррозионны. Нет	Озерно-болотные (3, 4, 5, 7, 9) фации Q _{II} и N ₂ -Q равнин. Слабо- и средне-сжимаемые. Среднеуплотненные (p _d ...1.4-1.6). Нет прослоев слабых грунтов. Иногда коррозионны по pH, Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , CO ₂ ^{апр} . Содержание глинистой фракции менее 25%.	Все фации (1.8,3, 7, 9,5) современных пойменных отложений, озерно-старичные (3', 4', 5') и озерно-болотные (3', 5', 9) фации N ₂ -Q равнины. Сильносжимаемые. Слабоуплотненные (p _d ... 1.06-1.3). Часты прослои илов, торфов. Высокая коррозионная активность
Глубина залегания грунтовых вод, м	>10	5-10	<5
Средние уклоны поверхности, град	0.5-1.5	1.5-6	<0.5; >6
Современные геологические процессы	Не опасны. Малоактивны. Локальны.	Потенциально опасны.	Опасны. Необходима инженерная защита

*Примечание: грунтовые толщи, выделенные по особенностям их строения и состава: 1 -песчаные; 2 - супесчаные; 3 - суглинистые с прослоями супесей и песков; 4 - суглинистые; 5 - суглинистые с прослоями глин; 6 - глинистые; 7 - суглинистые с прослоями глин, супесей, подстилаемые песками разной крупности с гравием и галькой в подошве

слоя; 8 - песчаные с прослоями супесей, подстилаемые суглинистыми; 9 - преимущественно суглинистые с торфяным слоем в верхней части разреза.

Качественные и количественные характеристики перечисленных ведущих факторов разбиты на три группы, которым в зависимости от степени устойчивости присваивалось соответственно 1, 2, 3 балла. В Томском Приобье по фактическому сочетанию ведущих факторов и отвечающей этому сочетанию сумме баллов обособлены три типа геологической среды с высокой (суммарное количество баллов - 11-16), средней (6-10 баллов) и низкой (1-5 баллов) степенью устойчивости к техногенным воздействиям. Составлена карта специального типологического инженерно-геологического районирования по степени устойчивости геосреды к техногенным воздействиям масштаба 1:500 000.

Цель и содержание карты. Карта специального типологического инженерно-геологического районирования по степени устойчивости геологической среды к техногенным воздействиям (сокращенно - карта устойчивости) является инвентаризационно-оценочной, ее можно рассматривать как картографический кадастр проблем территории. Она показывает наличие, состояние и пространственную локализацию различных проблем природопользования и очередность их разрешения.

Способы картографического изображения элементов карты. Степень устойчивости типа геосреды к техногенному воздействию показана окраской по принципу "светофора". Проблемные ситуации показываются способом картограмм, что позволяет отображать интенсивность явления в его относительном развитии - размером значков. Типы геосреды отмечаются индексами.

Эта карта может быть использована для решения следующих задач: 1) получение по ней справок, необходимых для организации мониторинга, экспертизы; 2) установление проблем ("больных мест") для выбора и проведения природоохранных мероприятий; 3) выбора мест заложения новых предприятий для развития региона; 4) научной разработки норм техногенных нагрузок на геосреду. Исходя из видов работ и задач, решаемых при помощи этой карты следует отметить и круг будущих потребителей; управленцы, научные работники, политики и предприниматели.

Проведенное специальное типологическое районирование послужило основой для прогнозирования состояния геологической среды Томского Приобья при его освоении. Следует отметить, что установление категории типа геосреды безотносительно к характеру техногенного воздействия в некоторых случаях не имеет смысла, т.к. ведущие факторы, определяющие реакцию геосреды на техногенное воздействие индивидуальны, т.е. присущи только этому техногенному воздействию, поэтому оценка прогнозного состояния геосреды была проведена раздельно по трем приоритетным проблемным ситуациям, выделенным по карте устойчивости.

Глава 5. Прогнозирование состояния геологической среды

Рассмотрены и выбраны методы прогнозирования. Отмечено, что метод балансов позволяет достаточно полно исследовать и прогнозировать динамику развития природно-технических систем. Для каждого неблагоприятного (ущербообразующего) процесса, на основе причинно-следственных связей, нормативно-методической литературы нами выбраны ведущие факторы этого процесса. В работе детально рассмотрена система оценок. Баланс состоит из двух частей: в одной части собраны показатели факторов, усиливающих устойчивость геологической среды по отношению к этому процессу, в другой - показатели факторов, ослабляющих устойчивость (в баллах). Итог баланса позволяет судить о характере процесса. Повторное составление баланса на этой же территории позволит уловить направленность динамики процессов.

Далее в главе изложена методика составления прогнозных карт по оценке устойчивости территории к водной эрозии, опасности коррозионного поражения подземных коммуникаций, опасности (предрасположенности) территории к техногенному загрязнению. На основе анализа сложившейся на данной территории ситуации по различным картографическим и фактическим материалам, включая карту специального инженерно-геологического районирования по устойчивости, нами установлены участки проблемных ситуаций взаимодействия геологической среды и техносферы. Выявлено, что наиболее опасны в водноэрозионном отношении районы сел Шегарка, Кожевниково, правобережье р.Томи - места со значительными уклонами поверхности; в отношении коррозии - территории с. Черная Речка, Усть-Тоя и др.; в отношении техногенного загрязнения (район пос. Тимирязеве, Дзержинский, д.Гусево). Различные по степени конфликтности и масштабу проявления проблемные ситуации были распределены по значимости ущербообразующих процессов.

В последней части главы изложены рекомендации по организации мониторинга за состоянием геосреды. Рассматривается необходимость ведения специального мониторинга на опасных площадях Тимирязевского, Мельниковского, Ювалинского, Кожевниковского районов.

Выводы и предложения:

- 1 Анализ состояния вопросов специального типологического инженерно-геологического районирования показал, что недостаточно разработаны его принципы и методика. Предложены общие, операционные и предметно-содержательные принципы.

2. Исследование и анализ техносферы территории позволили составить типизацию источников техногенных воздействий на геосреду Томского Приобья. Выявлены 22 источника воздействия. Предложенная типизация показывает, что наиболее потенциально опасными процессами при взаимодействии геологической среды и техносферы являются: а) плоскостная и овражная эрозия, возможная практически при любых видах деятельности; б) загрязнение поверхностных и подземных вод, почв, грунтов; в) грунтовая коррозия подземных коммуникаций.
3. При исследовании неоднородности геосреды и, в частности, степени ее устойчивости к техногенным воздействиям, установлено, что выделение грунтовых толщ, однородных по геоструктурным, стратиграфическим и петрографическим признакам недостаточно, т.к. не обеспечивается выделение геологических тел, однородных по свойствам. Требуется учитывать фациальные условия образования пород. Для выделения различных фациальных комплексов предложены ряд показателей (гранулометрический состав, содержание гумуса, легко- и среднерастворимых солей, плотность сухого грунта). Выделено 20 типов грунтовых толщ по фациальным особенностям.
4. В регионе выделено три типа геосреды по степени устойчивости к техногенным воздействиям. Неопределенность понятий "предел допустимых изменений геосреды", "допустимая техногенная нагрузка", наличия и размеров ущерба, адреса ущерба не позволяет установить предел устойчивости территории. Поэтому считаем, что при оценке степени устойчивости невозможно использовать категории "устойчивая", "неустойчивая" и предлагаем на этапе региональных среднемасштабных инженерно-геологических исследований использовать категории "высокая", "средняя", "низкая".
5. В результате оценки современного состояния геосреды и прогноза развития вышеотмеченных опасных процессов на территории Томского Приобья установлены и ранжированы проблемные ситуации взаимодействия геосреды и техносферы, как базы для разработки мероприятий по рациональному использованию и охране геосреды.
6. Рассмотрение сложного механизма устойчивости показывает важное практическое значение инженерно-геологического мониторинга. Необходима постановка мониторинга для расчета экономического и экологического ущерба, что, на взгляд автора, является одной из важнейших задач дальнейших исследований.
7. Изучение устойчивости геосреды к техногенным воздействиям позволяет дать ряд рекомендаций: а) по планированию природопользования, постановке детальных работ; б) районированию территорий по степени устойчивости геосреды к техногенным воздействиям; в) мониторингу; г) составлению новых групп карт - измененности геосреды и прогнозных.

Список работ автора по теме диссертации

1. Прогноз изменения инженерно-геологических условий территорий при их мелиорации {на примере Парбигского района Томской области} // Молод, учен, и спец.- ускорению науч,-техн. прогресса: Тез. докл. Пятой регион, науч.-практ. конф.- Томск: Изд-во ТГУ, 1986. - С. 128 (Соавтор П.П.Ипатов).
2. Характеристика химического состава грунтов юго-запада Томской области с целью прогноза изменений геологической среды при интенсивном ее освоении // Многоцелевые гидрогеохимические исследования в связи с поисками полезных ископаемых и охраной подземных вод: Тез. докл. Всесоюзного совещания. - Томск: Изд-во ТПУ, 1993. - С. 137-138. (Соавторы Т.Я. Емельянова, С.В. Елфимова).
3. Характеристика химического состава и свойств грунтов юго-запада Томской области с целью прогноза состояния геологической среды при интенсивном ее освоении // Проблемы нефтегазовой гидрогеологии и инженерной геологии Западной Сибири: Межвуз. тем.сб. -Тюмень: ТюмГНГУ, 1994. - С. 76-81. (Соавтор Т.Я.Емельянова).
4. Об особенностях изменения геологической среды при хозяйственном освоении юго-востока Западной Сибири //Научные чтения IV Всеурал. совещ. по подземным водам Урала и сопредельных территорий: Тез. докл. науч.- техн. совещ.- Пермь, 1994, - С.12 (Соавтор Т.Я. Емельянова).
5. Вопросы устойчивости геологической среды Томского Приобья и факторы ее определяющие // Естественные науки: Тез. докл. Регион, науч.-практ. конф. -Томск: Изд-во ТГУ, 1994.-С.49-50.
6. Оценка степени устойчивости геологической среды Томского Приобья к техногенному воздействию с целью ее рационального использования и охраны // Основные проблемы охраны геологической среды: Межвуз. тем. сб. - Томск: Изд-во - ТГУ, 1995. - С. 18-21 (Соавтор Т.Л.Емельянова).
7. Характеристика типов горных пород Томского Приобья по степени устойчивости к техногенной нагрузке // Природокомплекс Томской области. Т.1. Геология и экология: Сб. науч. трудов. - Томск: Изд-во ТГУ, 1995. - С. 169-172.
8. Картографирование рельефа при инженерно-геологическом районировании по устойчивости геологической среды к техногенному воздействию // Инженерная география: Тез. докл. Межгосуд. конф. - Псков, 1995. - С. 17-18 (Соавтор Т.Я.Емельянова).

9. К методике оценки типов устойчивости геологической среды к техногенному воздействию // Проблемы геологии Сибири: Тез. докл. науч. конф. - Томск, 1996. - С. 270-271.
10. Прогнозирование гехногенного изменения лессовых образований Томского Приобья // Лессовые просадочные породы: исследования, проектирование и строительство: Тез. докл. Междун. научно-практ. конф. - Барнаул, 1996. - С.36-39.
11. Особенности эволюции инженерно-геологических условий Западной Сибири в эпоху техногенеза и учет их при районировании территории по устойчивости геологической среды // Эволюция инженерно-геологических условий Земли в эпоху техногенеза: Тез. докл. Междун. науч. конф. - М.: Изд-во МГУ, 1997. - С. 163-164. (Соавтор Т.Я.Емельянова).
12. Принципы и признаки районирования геологической среды по степени устойчивости к техногенным воздействиям // Молодежь и проблемы геологии. Тез. докл. Первого международного научного симпозиума.-Томск: Изд-во ТПУ, 1997. -С-120-121.