МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Сибирский федеральный университет»

УДК _____
Код ГРНТИ _____

УТВЕРЖДАЮ
Ректор СФУ
_____ академик Ваганов Е.А.
подпись
М.П.
“___” _____ 2008 г.

ОТЧЕТ

по проекту №106: «Разработка системы геотехнологии для сейсмостойкого строительства в различных геодинамических сложных грунтовых условиях»,
наименование
выполняемому в рамках «Программы развития СФУ на 2007–2010 годы»

задание: Задача 2. Модернизация научно-исследовательского процесса

мероприятие: 2.2. Внутренние конкурсы на реализацию важнейших инновационных проектов по приоритетным областям СФУ

Вид отчета: итоговый (Книга 1)

Руководитель проекта: _____(доктор технических наук, профессор,
подпись *Абовский Наум Петрович)*

г. Красноярск 2008 г.

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель проекта, почетный член РААСН, академик МАН ВШ, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «СМиУК» ИГУРЭ СФУ	подпись, дата	Н.П. Абовский (ввдение, заключение, раздел 2)

Исполнители проекта:

Заслуженный геолог России, директор НП «ЭЦ РОПР»	подпись, дата	В.Г. Сибгатулин (введение, заключение, раздел 2)
Д.т.н., профессор кафедры ПМКБ ИКИТ СФУ	подпись, дата	К.В. Симонов (раздел 5)
К.э.н., доцент кафедры СЭП ИЭУиП СФУ	подпись, дата	М.В. Кобалинский (раздел 5)
К.т.н., доцент, зав. лабораторией «Управляемые конструкции» кафедры «СМиУК» ИГУРЭ СФУ	подпись, дата	В.И. Палагушкин (раздел 6)
К.т.н., доцент, зав. лабораторией «Пространственные конструкции» кафедры «СМиУК» ИГУРЭ СФУ	подпись, дата	Н.И. Марчук (раздел 6)
К.т.н., доцент кафедры «СМиУК» ИГУРЭ СФУ	подпись, дата	О.М. Максимова (раздел 6)
К.т.н., первый зам. директора, руководитель лаборатории математического моделирования НП «ЭЦ РОПР»	подпись, дата	С.А. Перетокин (раздел 3, 4)
Инженер кафедры «СМиУК» ИГУРЭ СФУ	подпись, дата	А.М. Шевелева (раздел 6)
Инженер СКТБ «Наука» КНЦ СО РАН	подпись, дата	Е.А. Колоскова (раздел 1)
К.г.м.н., гл. геолог НП «ЭЦ		Т.Г. Краснораменская

РОПР»	подпись, дата	(раздел 1, 2)
Инженер СКТБ «Наука» КНЦ СО РАН	подпись, дата	А.А. Кабанов (раздел 3)
Руководитель НИЦГиСС	подпись, дата	И.Р. Худобердин (раздел 2)
Главный геофизик НП «ЭЦ РОПР»	подпись, дата	С.М. Забродин (раздел 2)
Инженер СКТБ «Наука» КНЦ СО РАН	подпись, дата	А.Л. Коровин (раздел 2)

РЕФЕРАТ

Отчет XXX с., 2 кн., XX рис., XX табл., XX источников, X прил.

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ РИСКИ, СЕЙСМИЧЕСКОЕ МИКРОРАЙОНИРОВАНИЕ, ОЧАГ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ, СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ, ОСР-97, БАЛЛ, СПЕКТР РЕАКЦИИ, АКСЕЛЕРОГРАММА, СЕЙСМОДЕФИЦИТ, СЕЙСМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ.

Данная работа выполнена в рамках инновационных проектов Сибирского федерального университета – ИП-2008.

Актуальность проведенной исследовательской работы обусловлена необходимостью пересмотра отношению к сейсмическому районированию территории г. Красноярска в условиях повышения сейсмической активности в течение последнего десятилетия. В связи с увеличением объемов строительства, в том числе и ростом количества возводимых высотных зданий, назрела проблема обеспечения безопасности создаваемых инфраструктур. Внедрение сейсмостойкого строительства с учетом возможных негативных геодинамических процессов один из путей повышения надежности сооружений и безопасности населения г. Красноярска. Дифференцирование кадастровой стоимости земли в зависимости от сейсмичности территорий и геодинамических условий, позволит экономически стимулировать сейсмостойкое строительство.

Цель работы – создание информационной основы для сейсмостойкого строительства в пределах красноярской промышленной агломерации, разработка рыночных механизмов учета геодинамических факторов в строительной отрасли с целью повышения сейсмобезопасности существующих и проектируемых зданий и сооружений.

Для реализации поставленной цели были сформулированы **следующие задачи**:

1. Сбор и анализ фондовых материалов по геологическому, инженерно-геологическому строению исследуемой территории.
2. Создание схемы разломно-блокового строения и неотектонических движений г. Красноярска и прилегающих территорий на основе цифровой модели рельефа.
3. Определение сейсмической опасности площади исследования на основе экспертной оценки геодинамических факторов.
4. Определение приращения сейсмической интенсивности различных участков территории путем проведения инструментальных сейсмических исследований методом акустической жесткости.

5. Математическое моделирование сейсмического эффекта на основе информации о строении среды и результатов сейсмических работ.
6. Разработка схемы геодинамических рисков территории г. Красноярска виде карты распределения сейсмической опасности.
7. Разработка информационно-аналитической системы учета геодинамических рисков при оценке и страховании недвижимости, расчета кадастровой стоимости земельных участков в зависимости от геодинамических факторов.

Практическая значимость работы:

Выполненное на основе предложенных методик районирование сейсмической опасности является обоснованием для обеспечения экономической и социальной безопасности территории г. Красноярска, насыщенной промышленными техногенными объектами особой важности и потенциальной экологической опасности.

Основные результаты:

Комплекс исследований по формированию информационной базы количественных показателей состояния геологической среды и сейсмических условий территории г. Красноярска выполнен в мае-октябре 2008 г.

Количественная оценка инженерно-сейсмических условий проведена с помощью:

- геофизических исследований – сейсморазведочных работ методом сейсмических жесткостей;
- теоретических расчетов амплитудно-частотного состава колебаний грунтов при сильных землетрясениях (NERA);
- на основе экспертной оценки геодинамических факторов с учетом строения литологического разреза в опорных точках.

Всего в ходе работы инструментальные сейсмические наблюдения проведены по 85 физическим точкам. Экспертная оценка геодинамических факторов проводилась с учетом данных 106 скважин, распределенных по территории г. Красноярск.

По 85 физически точкам на основе данных сейсмики, геологическом строении и физико-механических свойств грунтов смоделированы реакции среды на возможные сейсмические воздействия от очаговых зон, определяющих сейсмичность территории г. Красноярска.

По результатам обобщения оценок вышеизложенных методов (сейсмических расчетов, математического моделирования, экспертной оценки приращений сейсмической интенсивности (сотрясаемости) различных участков города относительно эталонного грунта) впервые для территории г. Красноярска разработана схема районирования сейсмической опасности с учетом негативных геодинамических факторов масштаба 1:100

000. За основу для построения схемы принята карта комплекта общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-97 (А).

На базе разработанной схемы построены элементы информационно-аналитической системы учета геодинамических рисков при оценке и страховании недвижимости, расчета кадастровой стоимости земельных участков в зависимости от геодинамических факторов с целью создания нормативно-правовой базы сейсмостойкого строительства в Красноярском крае.

СОДЕРЖАНИЕ

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ **10**

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ **11**

ВВЕДЕНИЕ **14**

1 ГИС-СХЕМА РАЗЛОМНО-БЛОКОВОГО СТРОЕНИЯ И НЕОТЕКТОНИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ ТЕРРИТОРИЙ Г. КРАСНОЯРСКА И Г.АБАКАНА **17**

1.1 Принципы подхода к построению неотектонических карт различного масштаба 17

1.2 Разломно-блоковая структура региона как основа построения средне- и крупномасштабных неотектонических карт в пределах одной неотектонической системы 20

1.3 Принципы построения неотектонической карты территории городов Красноярск и Абакан и их окрестностей в масштабе 1 : 100 000 на основе разломно-блокового строения региона. 21

1.4 ГИС-технологии при построении схемы 22

1.4.1 Возможность использования цифровой топографической основы в программе GlobalMapper 23

1.4.2 Совмещение программы ArcMap и GlobalMapper при построении разломно-блоковой схемы и расчете количественных показателей *23*

1.5 Неотектоническая и сейсмогеологическая изученность региона 26

1.6 Неотектонические разломно-блоковые структуры Красноярской промышленной агломерации 27

1.7 Разломы региона и их классификация по направлениям, рангам и кинематическому типу 31

1.8 Характер блоковой делимости территории Красноярской промышленной агломерации 35

1.9 Положение территории г. Абакан в региональных неотектонических разломно-блоковых структурах 38

2 СОЗДАНИЕ ГИС-СХЕМ РАЙОНИРОВАНИЯ Г. КРАСНОЯРСКА, И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ, РАЗРАБОТАННЫХ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ РИСКОВ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ **40**

2.1 Сбор фондовых геологических, инженерно-геологических материалов на территорию г. Красноярска 40

2.2 Уточнение геологического строения территории г. Красноярска**Ошибка! Закладка не определена.**

2.3 Определение сейсмической опасности на основе экспертной оценки геодинамических факторов 44

2.3.1 Теоретические основы и методика составления схемы микросейсмического районирования г. Красноярска и его окрестностей по геодинамическим факторам *44*

2.3.2 Методика применения экспертных оценок для определения потенциальной сейсмической интенсивности территорий *51*

2.3.3 Оценка потенциальной сейсмической опасности территории г. Красноярска и его окрестностей в соответствии с геодинамическими факторами *58*

2.4 Оценка приращений сейсмической интенсивности по методу сейсмических жесткостей. 61

2.5 Математическое моделирование сотрясаемости 68

2.5.1 Утончение исходного балла сотрясаемости площадки *69*

2.5.2 Выделение вероятных очагов землетрясений и расчет синтетических акселерограмм. 70

2.5.3 Математическое моделировании реакции геологической среды на ожидаемые землетрясения. 72

2.6 Разработка схемы районирования г. Красноярска и прилегающей территории на основе оценки геодинамических рисков (Масштаб 1 : 100 000) 74

3 СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ АКСЕЛЕРОГРАММ ВЕРОЯТНЫХ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ СЕЙСМИЧНОСТЬ ТЕРРИТОРИИ Г. КРАСНОЯРСКА ... 76

3.1 Регистрация акселерограмм сейсмических событий в Красноярском крае, респ. Хакасия, респ. Тыва, респ. Горный Алтай 76

3.2 Определение параметров очагов землетрясений (эпицентральное и гипоцентральное расстояния, магнитуда события) 78

3.3 Ведение базы акселерограмм 81

4 ПОСТРОЕНИЕ СПЕКТРОВ ЗАТУХАНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО СИГНАЛА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАССТОЯНИЯ ДО ОЧАГА И ОТ МАГНИТУДЫ СОБЫТИЯ 83

5 РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ РИСКОВ ПРИ ОЦЕНКЕ И СТРАХОВАНИИ НЕДВИЖИМОСТИ, РАСЧЕТА КАДАСТРОВОЙ СТОИМОСТИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ 85

5.1 Оценка в экологическом страховании геодинамического риска (аномальной деформации) земной поверхности 85

5.2 Методика учета геодинамического риска при страховании объектов недвижимости 89

5.2.1 Рекомендации при расчете страховых тарифов страховщиками *90*

5.3 Кадастровая стоимость земельных участков и возможность учета геодинамических факторов 91

5.4 Оценка кадастровой стоимости земельных участков с учетом геодинамических факторов (для территории г. Красноярска) 93

5.5 Оценка основных параметров микросейсморайонирования для микрорайона Верхние Черёмушки 98

5.6 Удорожание строительства при увеличении сейсмостойкости сооружений 99

5.7 Рекомендации 100

6 СЕЙСМОСТОЙКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО 101

6.1 Концептуальные основы проектирования сейсмостойких зданий и сооружений 101

6.2 Принципы эффективной сейсмозащиты зданий 104
6.3 Решение проблемы надежной сейсмозащиты зданий и сооружений 107
6.4 Основные выводы и рекомендации для обеспечения сейсмостойкого строительства и усиления зданий 111

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 114

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 117

ПРИЛОЖЕНИЕ А 126

Неотектоническая схема разломно-блокового строения территории Красноярской промышленной агломераци 126

ПРИЛОЖЕНИЕ Б 127

Неотектоническая схема разломно-блокового строения территории г. Абакан и его окрестностей 127

ПРИЛОЖЕНИЕ В 128

Методика оценки геодинамического риска и ущерба 128

ПРИЛОЖЕНИЕ Г 131

Методика оценки состояния объекта в результате геодинамического воздействия на основе теории нечетких множеств. 131

ПРИЛОЖЕНИЕ Д 139

Методика страхования геодинамических рисков 139

ПРИЛОЖЕНИЕ Е 150

Жилые, общественные, производственные здания (сооружения) 150

Нормативные ссылки

В настоящем отчете о НИР использованы ссылки на следующие стандарты:

РСН 60-86 Республиканские строительные нормы. Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Нормы производства работ

РСН 65-87 Республиканские строительные нормы. Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Технические требования к производству работ

РСН 66-87 Республиканские строительные нормы. Инженерные изыскания для строительства. Технические требования к производству геофизических работ. Сейсморазведка

СНиП II-7-81 Строительство в сейсмических районах (с изм.1-5)

СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия

СНиП 10-01-94 Система нормативных документов в строительстве. Основные положения

Определения, обозначения и сокращения

В настоящем отчете о НИР применяются следующие термины с соответствующими определениями:

Активный разлом - разлом земной коры или всей литосферы, по которому в историческое время или в голоцене (последние 10 тысяч лет) происходили смещения или возникали очаги землетрясений.

Землетрясение (тектоническое) - колебания земной поверхности и недр Земли в результате прохождения сейсмических волн, вызванных быстрыми подвижками пород и высвобождением упругой энергии, накапливающейся в земных недрах в результате их геодинамического деформирования.

Зоны возникновения очагов землетрясений (зоны ВОЗ) - сейсмогенные зоны, являющиеся источниками землетрясений и представленные, как правило, линеаментными структурами разрывных и сдвиговых тектонических нарушений земной коры и верхней мантии. Характеризуются пространственным положением структур (вертикальная и горизонтальная протяженность, ширина, угол падения и др.), типом тектонических подвижек (сброс, надвиг, сдвиг и др.), максимальной возможной магнитудой генерируемых ими землетрясений, сейсмическим режимом землетрясений меньших магнитуд и другими важными параметрами.

Магнитуда землетрясения (по Рихтеру) - мера, характеризующая в относительных единицах величину землетрясения и энергетические параметры его очага. Различают три основных типа магнитуд: M_L - локальную (рихтеровскую) магнитуду, M_s - магнитуду, определенную по поверхностным сейсмическим волнам и магнитуду m_b, вычисленную по объемным волнам. Крупнейшие из известных землетрясений имели магнитуду 8.5-8.9 по шкале Рихтера, самые слабые - нулевую и даже отрицательную магнитуду. Больший физический смысл имеет так называемая «моментная» магнитуда M_w, определяемая через дислокационный сейсмический момент M_o подвижки в сейсмическом очаге.

Потенциальные очаги землетрясений - наиболее опасные в сейсмическом отношении участки сейсмогенных зон, которые проявляли себя сейсмическими подвижками большой магнитуды (обычно, M=7 и выше) в очень далеком прошлом (палеосейсмодислокации, археологические данные и др.), отстоящим от настоящего времени на число лет, превышающее среднемноголетний период повторяемости землетрясений такой магнитуды. По тектоническим и геодинамическим признакам могут быть выделены и менее явные потенциальные очаги, о сейсмической истории которых пока ничего не известно.

Сейсмическая активность - частота возникновения в пространстве и во времени (сейсмический режим) очагов землетрясений разных магнитуд, обусловленная особенностями пространственно-временного и энергетического развития глубинных сейсмогеодинамических процессов и структурой сейсмоактивных регионов. Характеризуется среднемноголетними периодами повторяемости землетрясений разных магнитуд, миграцией сейсмической активизации, возникновением периодов повышенной активности и затишья и другими параметрами.

Сейсмическая интенсивность (или сейсмический эффект) - мера величины движений грунта при прохождении сейсмических волн, определяемая степенью разрушения строительных объектов, характером изменений земной поверхности и реакцией людей, испытавших землетрясение. Измеряется в баллах макросейсмической шкалы интенсивности, а также в ускорениях, скоростях, смещениях и других единицах, характеризующих сейсмические воздействия, и зависит не только от величины магнитуды, но и от расстояния до очага землетрясения, от грунтовых условий и от других факторов.

Сейсмическая опасность (кратко, **сейсмоопасность)** - сейсмическая интенсивность (сейсмический эффект), превышение (или не превышение) которой возможно в данном пункте с заданной вероятностью в течение заданного интервала времени.

Сейсмическая уязвимость - отношение ожидаемых затрат на восстановление объектов, которые могут быть подвержены разрушающему воздействию землетрясения заданной интенсивности, к их первоначальной стоимости. Измеряется в относительных единицах в пределах от 0 до 1.

Сейсмический риск - вероятность социальных и экономических потерь от предстоящих землетрясений за определенный промежуток времени в соответствии с расчетной сейсмической опасностью территории и уязвимостью строительных и природных объектов. Измеряется числом возможных жертв, экономическими и экологическими последствиями и другими показателями материального ущерба.

Сейсмическое районирование - картирование сейсмической опасности, основанное на идентификации зон возникновения очагов землетрясений (зоны ВОЗ) и изучении сейсмического эффекта, создаваемого ими на земной поверхности. В зависимости от задач рассматриваются три основные вида сейсмического районирования - генеральное или общее (ОСР) и основанные на нем детальное (ДСР) и микрорайонирование (СМР). ОСР охватывает крупные геодинамически взаимосвязанные регионы и относится к средним грунтовым условиям. ДСР применяется для уточнения сейсмической опасности отдельных регионов и admini-

стративных территорий. СМР используется, как правило, для сейсмического микрорайонирования населенных пунктов, участков крупного гражданского, промышленного, гидротехнического и прочего строительства. При этом учитываются локальные факторы усиления сейсмического эффекта из-за неблагоприятных грунтовых условий, а также ценность и уязвимость существующих зданий и инфраструктур.

Сейсмичность - распределение в пространстве и во времени очагов землетрясений разных магнитуд, обусловленное тектоническими подвижками пород земной коры и верхней мантии Земли в результате их геодинамического деформирования. Основной характеристикой сейсмичности того или иного региона являются карты и каталог землетрясений, содержащий сведения о датах их возникновения, пространственных координатах очагов, магнитуде, макросейсмическом эффекте и другие важные данные. В строительном деле термин «Сейсмичность» употребляется в смысле сейсмического эффекта на земной поверхности.

Сейсмостойкое строительство - строительство, осуществляемое в соответствии с официально принятыми картами сейсмического районирования и утвержденными нормами и правилами, которые содержат спецификацию строительных материалов, методов строительства и рекомендации по техническому проектированию в целях сейсмической безопасности

Введение

Инновационный проект «Разработка системы геотехнологий для сейсмостойкого строительства в различных геодинамически сложных грунтовых условиях» (объект 106 СФУ) разработан с целью обеспечения безопасности зданий и сооружений в геодинамически активных зонах, к которым относятся территории Красноярской и Абаканской промагломераций. Впервые в истории инженерно-строительной отрасли Красноярского края и республика Хакассия выполнено обобщение инженерно-геологических изысканий при массовом строительстве в Красноярске и Абакане, проведены специальные геофизические исследования (изучение скоростей и спектров упругих волн в верхней части разреза), выполнено моделирование реакций грунтов на сейсмические воздействия. Для моделирования использован современный программный комплекс NERA, разработанный специалистами США.

В результате, рассчитаны акселлерограммы реакций грунтов для 85 конкретных строительных площадок.

В отчёте сформулированы требования к проектированию сейсмостойких конструкций на основе обобщённых подходов ведущих специалистов в области сейсмостойкого строительства России [Конструктивная сейсмобезопасность, 2008]

К сожалению, в настоящее время нормативная база, регламентирующая сейсмостойкое строительство отсутствует, так как в связи с принятием федерального закона «О техническом регулировании» (2003), отменены действовавшие в СССР нормативные документы по сейсмостойкому строительству, а технический регламент сейсмостойкого строительства до сих пор не принят Госдумой.

На краевом уровне также не разработаны региональные нормативы сейсмостойкого строительства, что входит в полномочия краевых органов власти. Многие, не самые сейсмоактивные субъекты РФ (Москва, С.-Петербург, Калининград и др.) разработали и утвердили нормативы сейсмостойкого строительства для своих регионов.

К сожалению, несмотря на значительный рост объёмов строительства в Красноярском крае, в том числе и строительство уникальных зданий (здания более 100 метров высотой, метро, торгово-развлекательные и другие центры) проблема сейсмобезопасности строительных объектов органами власти практически не контролируется.

В настоящем проекте изложены общие подходы к сейсмостойкому строительству, которые по нашему мнению должны быть положены в основу региональных нормативов сейсмостойкого строительства в крае. Это особенно актуально в связи с распоряжением

правительства РФ №1197-р от 15.08.2008 г. об утверждении концепции федеральной целевой программы «Повышение устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических районах Российской Федерации на 2009-2013 гг.».

На основе данной концепции до конца 2008 года будет принята соответствующая федеральная программа на 5 лет (2009-2013 гг.) с объёмом финансирования около 72 млрд. руб., в том числе за счёт федерального 48 млрд. руб., т.е. в среднем 14 млрд. руб. в год, в том числе за счёт федерального бюджета около 9,8 млрд. руб. в год.

Согласно контрольных заданий объём федерального финансирования мероприятий по сейсмобезопасности в Красноярском крае ожидается на уровне 1,6 млрд. руб. или более 300 млн. руб. в год. В Красноярском крае в 2006 году был разработан проект краевой программы «Сейсмобезопасность Красноярского края на 2006-2010 гг.» в объеме 279250 т.р., в том числе за счёт федерального бюджета 144910, краевого бюджета 141840 т.р., внебюджетных средств 78000 т.р.

Однако, до настоящего времени краевая программа «Сейсмобезопасность» не утверждена. В связи с подготовкой к утверждению федеральной программы, разработка и утверждение краевой программы «Сейсмостойкость» на 2009-2013 гг. просто необходима, в противном случае край не получит федеральное финансирование. В рамках федеральной целевой программы с участием края в софинансировании мероприятий можно прогнозировать затраты на сейсмобезопасность на уровне 3,0 – 3,5 млрд. руб. на 2009-2013 гг.

Вместе с тем, без знания реальных геодинамических рисков (влияние землетрясений, оползней, карста, изменения уровня грунтовых вод и т.д.) использование этих значительных финансовых ресурсов, вкладываемых в мероприятия по сейсмобезопасности, в конечном итоге будет неэффективно. Только на основе детальных карт геодинамических рисков, включая карты микросейсморайонирования, уточнения сейсмической опасности (УСО) можно обеспечить эффективные меры сейсмобезопасности жилых и производственных объектов. Без реализации этих мероприятий неизбежен высокий уровень ущербов от потенциальных землетрясений с сотрясаемостью 6-7 баллов, соизмеримый с бюджетом г. Красноярска.

Результаты настоящего инновационного проекта позволят в значительной мере компенсировать недостатки в существующей системе сейсмобезопасности (вернее сейсмоопасности) Красноярского края.

В частности, разработки настоящего проекта, касающиеся:

- Требований к проектированию и строительству зданий и сооружений;

- Схемы сейсмического районирования города Красноярска на основе учета основных геодинамических рисков;
- Создания банков инженерно-геологических данных, расчетных акселерограмм, волновых картин в районах стройплощадок; оценка возможности использования рыночных механизмов (учёта геодинамических факторов) при кадастровой оценке земельных участков, страхования гражданской ответственности от возможных ущербов при неблагоприятных геодинамических явлениях (землетрясения, оползни и т.д.) позволят учесть при управлении строительным комплексом края геодинамические риски, а органам власти (краевого и муниципального уровня) разработать мероприятия по снижению этих рисков.

Кроме того, результаты настоящих исследований, полученные в рамках инновационного проекта СФУ, позволят Сибирскому Федеральному Университету влиять на градостроительную политику для обеспечения сейсмической безопасности в Красноярском крае.

Результаты проекта 106 имеют коммерческую ценность и будут востребованы как органами власти, так и строительными и страховыми компаниями, что позволит в предусмотренные бизнес-проектом сроки (2 года) вернуть СФУ средства в размере 1,5 млн. руб., затраченные на проведение настоящих исследований.

1 Гис-схема разломно-блокового строения и неотектонических движений территорий г. Красноярска и г.Абакана

Схема разломно-блокового строения была составлена с целью выявления геодинамически ослабленных зон, оказывающих влияние на устойчивость инженерных сооружений и оценки неотектонической активности района в целом. Данная схема является необходимым элементом в комплексе работ по уточнению сейсмической опасности района [Методические рекомендации…, 1986].

1.1 Принципы подхода к построению неотектонических карт различного масштаба

Неотектоническое картирование – чрезвычайно важный элемент изучения геологического строения любого региона вне зависимости от интенсивности тектонических движений. Наиболее часто исследователи обращаются к изучению высоко подвижных областей литосферы, вследствие чего, создается впечатление, что все другие области вне зон сейсмичности, вулканизма и других проявлений тектонической активности, стабильны и с утилитарной точки зрения не так важны и интересны. В то же время различие в абсолютных значениях скоростей вертикальных и горизонтальных движений, амплитудах смещений и деформаций, проявлении всевозможных геодинамических процессов в высоко и слабо активных областях, не избавляет от необходимости решать множество актуальных задач. Прежде всего они связаны с формированием структурного облика конкретных, даже неотектонически слабо контрастных территорий, с прогнозированием их устойчивости к природным и техногенным воздействиям во времени, с оценкой геоэкологических последствий этих воздействий. При решении практических задач на первый план выступает не столько относительная оценка территории в целом, в категориях высоко- или слабо активная, сколько анализ и прогноз развития конкретных структур на общем - высоко- или слабо активном неотектоническом фоне.

Нижняя временная граница неотектонического этапа до сих пор является дискуссионной [Шульц,1948;1979; Николаев,1949;1988, Трифонов,1999 и др.]. За нее принимаются рубежи в весьма широком диапазоне от плейстоцена (1,8 млн. лет) до олигоцена (36 млн. лет). В последние годы данные, полученные по таким активным неотектоническим структурам как Байкальская рифтовая зона, позволяют опустить эту планку еще ниже - до рубежа 70 млн. лет [Мац и др., 2001]. Кроме того, особо

выделяются две эпохи наиболее интенсивного структурообразования [Трифонов,1999] – поздний миоцен (10 млн. лет) и плейстоцен (1,8 млн.лет).

Другим базовым понятием региональной неотектоники является представление о неотектонических системах, под которыми понимается совокупность природных процессов, взаимосвязанных в определенном объеме геологической среды и прямо или косвенно приводящих к движению литосферы и развитию в ней структурных форм [Пономарев, Трифонов,1987; Трифонов, Пономарев,1990; Трифонов, 1999]. При этом выделяются обычно неотектонические системы разного ранга от глобальных до локальных.

Исходя из этого, на неотектонических картах обычно получает отражение совокупность неотектонических систем, с указанием преобладающего типа движений литосферы, их скоростей (и, или амплитуд), направлений перемещений и основных, сформированных этими движениями структур. В качестве изобразительного средства обычно используются изолинии, цветовой и штриховой фон, характеризующие каждую из систем по упомянутым выше признакам. Как правило, неотектонические карты мелкомасштабны, поскольку создаются для достаточно крупных регионов, объединяющих серию контрастных неотектонических систем.

При средне- и крупномасштабном неотектоническом картировании принципы, используемые при мелкомасштабном картировании, оказываются недостаточными, поскольку конечные цели для средне- и мелкомасштабных карт в целом несколько иные, направленные не на общую сравнительную оценку тектонических систем, а чаще всего на реализацию неких практических задач, причем, как правило, в рамках одной системы. Отсюда вытекает необходимость дробного расчленения единой тектонической системы на составляющие тектонические элементы, их последующей систематизации, выявления обобщающих критериев, позволяющих в конечном итоге создать карту более высокой степени детальности, чем это возможно при отображении в изолиниях.

Кроме того, построение карт данного масштаба создает для исследователей ряд объективных трудностей. Первая из них заключается в том, что на карте должны быть отражены различные, чаще всего контрастные тектонические (неотектонические) элементы, однако вся территория может принадлежать одной-двум далеко не обязательно высококонтрастным тектоническим структурам. Именно эта ситуация характерна для исследуемой территории городов Красноярск и Абакан и их окрестностей. Если использовать традиционные принципы подхода к созданию неотектонической карты, то последняя получится чрезмерно схематичной, а ее практическое значение окажется

весьма сомнительным. Следовательно, необходима некая иная основа для создания данного типа карт.

В качестве такой основы может послужить разломно-блоковая структура региона, вследствие того, что блоки являются элементарными тектоническими ячейками, из которых состоят неотектонические системы любого ранга.

1.2 Разломно-блоковая структура региона как основа построения средне- и крупномасштабных неотектонических карт в пределах одной неотектонической системы

Общим для любых объемов земной коры является, с одной стороны, наличие разломных структур, с другой, ее закономерная блоковая делимость, многократно описанная и исследованная с различных позиций. Именно блоковая делимость земной коры и должна быть положена в основу средне- и крупномасштабного неотектонического анализа. Ее использование позволяет одновременно, как обходить объективные трудности неотектонического картирования этих масштабов, так и успешно решать практические задачи, стоящие перед ним.

Составление неотектонической среднемасштабной карты, основанное на анализе разломно-блоковой структуры, методологически обосновано тем обстоятельством, что верхние части литосферы, как правило, реагируют на активизацию тектонических движений хрупким разрушением, выражающимся в формировании (или активизации) сети разноранговых разломных структур и возникновении контрастного рельефа. При этом хорошо известно, что степень контрастности рельефа связана прямой пропорциональной зависимостью со скоростями и возрастом тектонических движений (Герасимов, 1969, 1970; Золотарев, 1984; Милановский, 1968; Флоренсов, 1960, 1966; Время…,1994; Генезис…,1998). Эта зависимость сохраняется на всех структурных уровнях от глобального (континенты – океаны) до локального (разность между вершинной поверхностью водоразделов и глубиной эрозионного вреза). При этом роль разломов в формировании контрастных элементов рельефа возрастает по мере перехода от структур глобального уровня к региональному и локальному. В этом же направлении возрастает и теснота связи между неотектоническими структурами и соответствующими им элементами рельефа. Если для структур глобального уровня эта связь выдерживается лишь в общих чертах и осложнена множеством конкретных деталей, а иногда и исключений, то уже на региональном, а тем более на локальном уровне она становится вполне однозначной.

Отсюда вытекает первый методологический принцип: рельеф, как производная неотектонических движений, является зеркальным отражением неотектонических структур, а границы контрастных элементов рельефа регионального и локального уровней структурной организации литосферы - отражением разломных структур соответствующего ранга.

Поскольку контрастность рельефа, как было сказано выше, впрямую зависит от скоростей тектонических движений и их возраста, то не трудно сформулировать и *второй методологический принцип:* чем выше степень контрастности рельефа, тем выше скорости неотектонических движений и моложе рельеф. При этом анализ регионального фона позволяет говорить о степени активности региона в целом, используя в качестве идентификатора «общую шкалу неотектонических структур литосферы», а анализ локальных составляющих неотектонической структуры – сравнивать между собой степень активности конкретных структурных элементов- то есть блоков. При этом степень контрастности рельефа, а, следовательно, и степень контрастности неотектонических движений внутри блоков, может быть оценена через количественные параметры [Лобацкая, 2005].

Таким образом, конкретная разломно-блоковая характеристика региона положена в основу построения неотектонической карты среднего и крупного масштаба. При этом для регионов с относительно спокойным тектоническим режимом в кайнозое, каковым и является исследуемый регион, неотектоническая структура выглядит в достаточной степени рельефно, а выделение наиболее подвижных или, напротив, наиболее стабильных площадей является вполне обоснованным (см. Приложение А, Б).

1.3 Принципы построения неотектонической карты территории городов Красноярск и Абакан и их окрестностей в масштабе 1 : 100 000 на основе разломно-блокового строения региона

Исходя из разработанных выше методологических принципов, методика построения модели сводится к следующему набору методических приемов:

1. Морфотектонический анализ рельефа. Различные методические приемы этого анализа к настоящему времени хорошо известны. Они в течение многих лет с той или иной точки зрения разрабатывались многими учеными. В частности к ним можно отнести анализ речной сети [Философов, 1975] и ряд других геоморфологических методических подходов.

2. Детальное картирование сети разломных структур. Как уже было сказано, оно базируется на принципе: границы контрастных элементов рельефа – отражение молодых или обновленных разломов, вовлеченных в неотектонический процесс. В практическом отношении это наиболее сложная стадия анализа, поскольку, несмотря на простой, казалось бы, принцип выделения молодых разломов, в реальности их картирование остается чрезвычайно не простым делом. При чем даже не столько выделение на местности и верное отражение на карте, сколько их кинематическая классификация и характер развития во времени. Адекватная геолого-тектоническая интерпретация

разломов в значительной степени зависит от квалификации и опыта исследователя, что вносит существенную долю субъективизма в проводимый анализ. Для территории городов Красноярск и Абакан и их окрестностей составлена Карта разломов масштаба 1:100000 (см. Приложение №1, №2).

3. Выделение и ранжирование неотектонических блоков. Эта часть анализа целиком базируется на предыдущей стадии и определяется принципом: наиболее крупные блоки всегда ограничены разломами наиболее низкого ранга. Ранжирование разломов, как и ранжирование ограниченных ими блоков, всегда проводится для конкретной территории безотносительно к «общелитосферной» ранговой принадлежности. Неотектонические блоки АССО были вынесены на оцифрованную по данным дистанционного зондирования карту объемного рельефа Global Mapper масштаба 1: 100000.

4. Характеристика неотектонического рельефа внутри блоков и его контрастности. Лобацкой Р.М. предложен метод сравнения неотектонических блоков и определения скоростей неотектонических движений по анализу степени контрастности эрозионного расчленения [Лобацкая, 2005]. Методически эта стадия может базируется на анализе положения поверхностей выравнивания, характеристике речных террас, или глубины эрозионного вреза речных долин различных порядков, на закономерностях положения водораздельных поверхностей и т.д. Несмотря на разнообразие приемов, в результате всегда можно с достаточной степенью однозначности сравнивать между собой неотектонические блоки, классифицировать их по степени подвижности, а, следовательно, и по степени устойчивости к техногенному воздействию. Хорошо известно, что наиболее контрастные, раздробленные и подвижные блоки, всегда уязвимы для экзогенных процессов (оползни, обвалы, сели и т.д.).

Для территории городов Красноярск и Абакан и их окрестностей характеристика блоков проводилась по глубине эрозионного расчленения, и положению сохранившихся фрагментов мел-палеогеновой поверхности выравнивания. Полученные в результате этой стадии анализа количественные характеристики дали основание для выделения конкретных неотектонических единиц, характеризующихся разными скоростями вертикальных движений за эоплейстоцен - голоцен и построения итоговой неотектонической карты. В соответствии с новой Международной геохронологической шкалой кайнозоя возраст подошвы эоплейстоцена принят равным 1800 млн. лет.

1.4 ГИС-технологии при построении схемы

Для оптимизации построений и повышения степени их достоверности в данной работе было реализовано совмещение программ ArcMap и GlobalMapper.

1.4.1 Возможность использования цифровой топографической основы в программе GlobalMapper

Программа GlobalMapper открывает доступ к международным цветным образам с высоким разрешением от Globe/GlobeXplorer/AirPhotoUSA, и ко всей базе данных TerraServer-США спутниковых образов USGS и топографических карт. Global Mapper также дает возможность легко обратиться к источникам данных WMS, включая встроенный доступ к данным повышения и цветным образам для всего мира, и рассматривать данные повышения в трехмерном варианте с любыми загруженными растровыми образами и векторными данными.

Автороми в качестве основы для дешифрирования сети разрывных нарушений была выбрана трехмерная цифровая модель рельефа, полученная с помощью авиационного комплекса лазерного и радарного сканирования земной поверхности. В настоящее время многие исследователи отмечают удобство и превосходство данной информации по сравнению с традиционной аэро- и космофотосъемкой [Современная геодинамика… 2006]. Применение средств фильтрации освобождает изображение поверхности от растительного покрова, техногенных изменений территорий, что являлось основной помехой для выделения зон разрывных нарушений, сейсмогенных структур, оценки их параметров. Высокая точность отображения рельефа (около 20 см по вертикали) дает возможность построения профилей сечения и определения количественных неотектонических показателей (величина эрозионного вреза, амплитуда смещения по разломам и др.).

На Рисунок 1.1 показаны варианты использования трехмерной цифровой модели рельефа для картирования разрывных нарушений. Быстрое и точное построение геоморфологических профилей позволило четко определить местоположение предполагаемой тектонической зоны, а с помощью анализа конфигурации отдельных элементов рельефа и, характеризующего его поля абсолютных отметок, отсеять эрозионные формы рельефа.

1.4.2 Совмещение программы ArcMap и GlobalMapper при построении разломно-блоковой схемы и расчете количественных показателей

Рассмотрим использование ГИС-технологий на 1 и 2 этапах построения схемы.

1 этап

Шаг 1: Картирование сети разрывных нарушений на основе цифровой модели рельефа в программе Global Mapper 9.0. Создание карты разломной тектоники территории городов Красноярск и Абакан и их окрестностей.

Шаг 2: Создание полигонального слоя блоков на основе линеаментного слоя сети разломов.

Для реализации этой задачи выполнены следующие операции:

1. Сохранение слоя, содержащего информацию об откартированной сети разломов в программе Global Mapper 9 с географической привязкой, в формате геотиф (GeoTIFF).

2. В программе ArcMap 9.1 посредством инструмента Spatial Analyst полученное растровое изображение преобразовано в векторное. В результате этой операции автоматически создан полигональный слой неотектонических блоков, преобразованный в шейп-файл.

Шаг 3: Расчет величины эрозионного среза и средней скорости вертикальных неотектонических движений в блоке.

Расчет величины эрозионного среза (разница между максимальной и минимальной абсолютной отметкой внутри блока) был выполнен в следующей последовательности:

1. В программе Global Mapper цифровая модель рельефа преобразована в сетку XYZ с шагом 50 м.

2. Полученный файл экспортирован в программу ArcMap и преобразован в точечный шейп-файл.

3. Посредством специального скрипта, в каждом блоке фиксировалась максимальная и минимальная абсолютная отметка и вычислялась величина эрозионного среза в блоке. Затем в таблице атрибутов слоя была рассчитана средняя скорость неотектонических движений в блоке.

Применение ГИС-технологий на данном этапе значительно сократило объем времени, необходимый при картировании неотектонических блоков, а также послужило высокоточным и эффективным способом для автоматического создания таблицы атрибутов, содержащей основные неотектонические характеристики выделенных блоков, таких как величину эрозионного среза и рассчитанную исходя из нее, скорость неотектонических движений за период эоплейстоцена – голоцена (1,8 млн. лет).

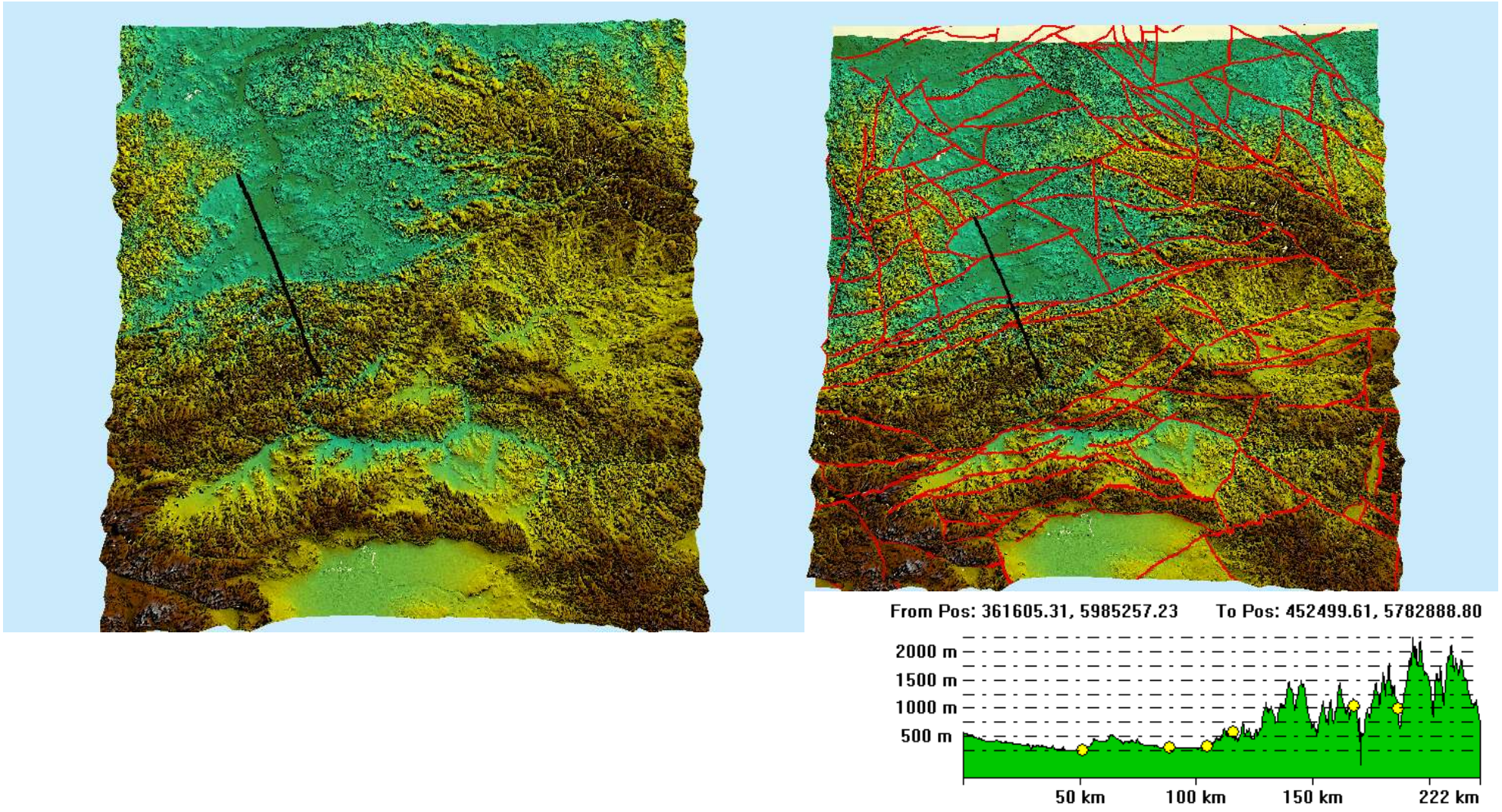


Рисунок 1.1. Использование программы «GlobalMapper» при картировании разломов и выделении тектонических блоков

1.5 Неотектоническая и сейсмогеологическая изученность региона

Выполнение работ базировалось на изучении фондовых материалов, касающихся геологического, тектонического и неотектонического строения территории; морфометрическом анализ объемной топографической основы и космоснимков, результатах полевых исследований предшествующих лет. Приняты во внимание и использованы данные, полученные в результате предыдущих работ разных лет по изучению неотектонического строения региона, в частности, Лобацкой Р.М., Лукиной Н.В. и Лопатиным А.П., а так же картографические материалы геолого-тектонического картирования, выполненного А.А. Муравьевым и В.П. Миловидовым, схема сейсмоактивных разломов территории юга Красноярского края, Хакасии и Тывы с элементами сейсморайонирования (под редакцией В.В. Ружича, 2001, 2002).

Первые тематические сейсмогеологические исследования в регионе проведены в 2000 г. специалистами КНИИГиМС и ИЗК СО РАН (г. Иркутск) (Ружич В.В., Кореневский А.Г.). Работы выполнены на территории Красноярской промышленной агломерации, куда входят города Железногорск и Дивногорск, в южной части Красноярского края, частично на территории Республик Тыва и Хакассия. В результате выполнено обобщение геолого-геофизической информации в виде «Схемы активных разломов территории юга Красноярского края, Хакасии и Тывы с элементами сейсморайонирования в масштабе 1:1000000». Проведенными исследованиями подтверждено несоответствие между современным состоянием системы обеспечения сейсмоустойчивости и реально существующей сейсмической опасностью для промышленных и жилых сооружений и коммуникаций в пределах социально-промышленных агломераций центральных и южных районов Красноярского края и прилегающих территорий Республик Хакасия и Тыва, было показано положение потенциально опасных сейсмических очагов.

Указанные исследования подтвердили выводы, заложенные в картах-схемах ОСР-97 (ОИФЗ РАН, ГС РАН, 1997 г.) о нарастании сейсмической активности в районах Байкальского рифта и Алтае-Саянской горно-складчатой системы. В частности, сейсмичность районов Красноярска-Железногорска и Минусинско-Абаканской промышленных агломераций оценивается в 7 баллов, то есть увеличена на один балл по сравнению с картой сейсморайонирования территории СССР (до 1991 года).

Выполнен анализ сейсмической обстановки в районе потенциально опасных объектов Красноярской и Саяно-Шушенской ГЭС, промышленных объектов повышенной опасности в районе Красноярска и Железногорска.

Впервые были даны рекомендации по разработке мер по защите объектов и снижению рисков при сейсмических событиях, выдвинуты требования о проведении детального

микросейсморайонирования. Первоочередными объектами для микросейсморайонирования были рекомендованы промышленные объекты Минатома (Железногорск, Зеленогорск), Минэнерго (Красноярская и Саяно-Шушенская ГЭС), потенциально опасные оползневые районы г. Красноярска (микрорайон Черемушки, Зеленая Роща).

Разработаны также предложения по созданию системы сейсмомониторинга в Красноярском крае, которые используются в настоящее время действующим Центром Сейсмического Мониторинга (ЦСМ) г. Красноярска.

К сожаленью все вышеперечисленные проведенные исследования не обеспечили регион достаточно детальной неотектонической картографической основой, являющейся базовой для наблюдения «сейсмической погоды», изучения современных очаговых зон и прогнозирования возможных очагов землетрясений, несущих сейсмическую угрозу для населения и территории. Создание такой основы представляется возможным только на основе разломно-блокового строения территории, что подтверждается многочисленными наблюдениями предыдущих исследователей, отмечающих роль влияния разломно-блоковых структур в генерации и релаксации упругих напряжений (Гзовский и др.). Учитывая то обстоятельство, что отражением всех неотектонических процессов на земной поверхности является рельеф, необходимо при создании карты (модели) опираться именно на исследование гипсометрической поверхности земли и особое внимание при этом уделять зонам, характеризующимся контрастным рельефом.

Наиболее детальный анализ неотектонической обстановки на площади листа О-46-XXXIV проведен Лобацкой Р.М., составившей карту неотектоники Нижнеканского гранитоидного массива и сопредельных территорий. Согласно техническому заданию осуществлено картирование разрывных нарушений, определены их кинематические типы, дана ранговая классификация, проведен тектонофизический анализ на основе сбора статистических данных характера распределения трещиноватости в зонах разрывных нарушений, проведен морфометрический анализ неотектонических блоков разного масштаба, оценен характер, направленность и относительная амплитуда неотектонических перемещений в блоках, что послужило основой для создания среднемасштабной неотектонической карты региона, принятую во внимание при построении схемы Красноярской промышленной агломерации.

1.6 Неотектонические разломно-блоковые структуры Красноярской промышленной агломерации

Разломная сеть исследуемой территории сформировалась непосредственно на стыке краевых структур докембрийской Сибирской платформы с палеозойской Западно-Сибирской

плитой. Наиболее существенную роль в тектоническом строении региона играют докембрийские структуры южной части Енисейского кряжа и разломные зоны Краевого Шва Сибирской платформы (Байкало-Енисейский разлом, Ляцкий,1966). К западу от Краевого Шва докембрийские метаморфические и магматические породы фундамента Сибирской платформы по серии тектонических ступеней опускаются под чехольную толщу молодой Западно-Сибирской плиты.

Как единая континентальная область эта территория окончательно сформировалась к концу палеозоя - началу мезозоя и с этого времени пережила несколько этапов слабой активизации, перемежавшихся с эпохами полной стабилизации. До конца юры окраина сформировавшегося Сибирского континента периодически покрывалась мелководными морскими бассейнами, однако уже с конца юры, то есть в течение последних 130 млн. лет здесь шло исключительно континентальное осадконакопление.

В моменты стабилизации в пределах данной территории формировались достаточно мощные коры выветривания. Здесь выделяется несколько эпох пенепленизации и корообразования: поздний триас– раннеюрская, мел-палеогеновая с двумя пиками корообразования - гумидным в эоцене и аридным в позднем плиоцене. К настоящему времени сохранились наиболее глубоко проработанные линейные фрагменты этих кор, свидетельствующие о постоянно высокой роли дизъюнктивных структур в тектонической жизни региона, кроме того, известны фрагменты поверхностей выравнивания в виде выположенных водоразделов с остатками площадной эоценовой, преимущественно каолин-кварцевой, и позднеплиоценовой красноцветной кор выветривания (Цехомский,1980; Забияка,1998).

Последняя тектоническая активизация связана с началом плейстоцена (эоплейстоцен - 1,8±0,5млн.лет), в течение которого была подновлена и частично заново сформирована современная сеть дизъюнктивных структур региона на фоне относительно медленного дифференцированного воздымания, продолжающегося до настоящего времени. Енисейский кряж характеризуется медленным устойчивым воздыманием на фоне в целом спокойного тектонического режима. Время начала последней тектонической активизации фиксируется аллювиальными отложениями высоких (VII и VI) надпойменных террас р. Енисея и его притоков, представленных галечниками, песками со слабо сортированной галькой, а так же суглинками с линзами песка и включениями гальки – отложениями типичными для начальных этапов эрозионного вреза.

В то же время, спокойный характер восходящих движений в среднем (Q_{II}), верхнем плейстоцене (Q_{III}) и голоцене (Q_{IV}) также зафиксирован в аллювиальных отложениях более низких террас : V, IV(Q_{II}), III,II,I(Q_{III}) надпойменных, высокой и низкой пойм (Q_{IV}). Для этих

аллювиальных отложений характерна повышающаяся вверх по разрезу степень окатанности и сортированности материала, наличие косой слоистости в отложениях надпойменных террас и постепенный переход от грубозернистых отложений к тонкозернистым, сменяющимся вверх по разрезу супесями, а в пойменных торфом. Кроме того, начиная со среднего плейстоцена (средний неоплейстоцен – 270-110 тыс. лет) в аллювиальных отложениях отмечается карбонатизация суглинков, свидетельствующая о существенном похолодании климата, в сравнении с плиоценом, в течение которого формировались красноцветные коры выветривания. Эта ситуация характерна в целом для юга Сибири.

Скорости восходящих тектонических движений в эоплейстоцене-голоцене оставались судя по мощностям упомянутых террас относительно стабильными и не высокими, поскольку общая мощность енисейского аллювия составляет не более 18-20 м, а суммарная амплитуда вертикальных движений за постплейстоценовое время едва достигает 400-500 м, то в целом скорости неотектонических движений вероятно составляли не более чем 0,2-0,3 мм/год.

Для расположенной к западу от Байкало-Енисейского разлома молодой Западно-Сибирской плиты с конца триасового времени отмечаются устойчивые нисходящие тектонические движения, которые привели к формированию мощного мезо-кайнозойского чехла. Структура чехла является типичной для молодых платформ, у которых верхний структурный этаж, залегая на нижнем с резким угловым и стратиграфическим несогласием, в общих чертах наследует структуру кристаллического фундамента, что объясняется относительно высокой подвижностью разломно-блоковой структуры последнего. В неотектонической структуре левобережья Енисея ведущая роль принадлежит так же как и на правобережье близмеридиональным разломам системы Краевого шва, по которым здесь происходят уже не восходящие, а нисходящие движения, при чем скорости последних не могут быть более высокими. Поверхность кристаллического фундамента Западно-Сибирской плиты в непосредственной близости от рассматриваемой территории погружается на запад от -400 до –1180 м, однако львиная доля мощности осадочной толщи принадлежит мезозойским (послетриасовым) образованиям. Мощность кайнозойские отложений здесь составляет по самым оптимистичным подсчетам не более первой сотни метров, то есть скорости неотектонических движений в среднем, по-видимому, не превышают 0,05 мм/год. Тем не менее, есть основания говорить об ускорении неотектонических погружений в позднем неоплейстоцене.

Эти оценки подтверждаются непосредственными геоморфологическими наблюдениями. Медленным погружениям в приенисейской части Западно-Сибирской плиты соответствует скомпенсированное кайнозойское осадконакопление, о котором свидетельствует полное отсутствие конусов выноса мелких водотоков в правобережье Енисея, несмотря на то, что все они рассекают довольно крутой тектонический уступ.

Об ускорении погружений в позднем неоплейстоцене-голоцене говорит факт миграции русла Енисея к востоку на 5-6 км от его первоначально предгорного положения. Миграция русла в свою очередь подтверждается совпадением его конфигурации с конфигурацией разломного края горного массива в южной части Енисейского кряжа, а также наличием многочисленных стариц.

Таким образом, как для неотектонической структуры воздымающейся, правобережной, так и для погружающейся, левобережной частей рассматриваемой территории ведущая роль принадлежит разломным структурам, среди которых главное место занимают дизьюнктивы, наследующие структуры Краевого Шва Сибирской платформы - генерального Енисейского (Байкало-Енисейского или в терминологии В.В. Ружича Атамановского) разлома. Эта система разрывных нарушений протягивается с севера на юг вдоль западной окраины Енисейского кряжа до северных отрогов Восточного Саяна более чем на 1000 км. Ширина зоны динамического влияния этого разлома составляет не менее 25-30 км. В пределах исследуемой территории вблизи Нижнеканского гранитоидного массива зона разлома проявлена чрезвычайно отчетливо хорошо проработанной полосой дизьюнктивных структур, западным ограничением которой являются Муратовский и Правобережный, а восточным – Итатский и Канско-Енисейский разломы.

Инфраструктура упомянутой разломной системы представлена достаточно высокоплотной сетью близмеридиональных дизъюнктивов разного ранга и кинематики, осложненной разрывными нарушениями системы «саянского» северо-западного простирания. Рассмотрим более подробно общий структурный рисунок, ранговую принадлежность и кинематический тип разрывных нарушений, принадлежащих обеим системам.

1.7 Разломы региона и их классификация по направлениям, рангам и кинематическому типу

В результате проводившихся в разное время геолого-структурных исследований на рассматриваемой территории в качестве наиболее значимых ранее были выделены Муратовский, Атамановский, Правобережный, Тельского быка, долины Черского, Большетельский, Малотельский, Большой Итатский, Малый Итатский, Канско-Енисейский разломы (Гончаров, Носухин и др., 1963; История…, 1969; Купалов и др., 1991; Лопатин,1994; Лукина,1994 Сводный…, 1999; Муравьев, Миловидов). Предполагалось, что все упомянутые разломы имеют примерно равную геолого-структурную значимость и масштаб проявления в литосфере. Делались попытки увязать неотектоническую разломную сеть с геологическими образованиями и докайнозойскими структурами, однако эти попытки нельзя признать вполне удавшимися, поскольку геологическое картирование постплейстоценовых разломов проводилось на базе достаточно расплывчатых критериев и никогда не было доведено до конечного продукта – создания карты неотектонических разломно-блоковых структур.

Для целей строительного проектирования проводились детальные геологические исследования разного профиля, в результате которых были выделены разломы или их фрагменты в разных частях территории, однако оценить их роль и значимость в общей неотектонической структуре региона достаточно сложно за неимением четкого представления о характере последней.

На представленной схеме разломно-блокового строения выделяются близмеридиональные *взбросы и надвиги*, которые наследуют древнюю разломную сеть Краевого Шва Сибирской платформы, затем более молодые, рассекающие и смещающие эту сеть диагональные *сдвиги* – северо-западные преимущественно правые и северо-восточные преимущественно левые; и, наконец, *сбросы*, которые характерны главным образом для территории левобережья Енисея, в области развития структур восточной окраины Западно-Сибирской плиты.

Ранговая принадлежность разломов определялась согласно принципу, предложенному в свое время крупным специалистом в области разломной тектоники профессором С.И. Шерманом (1977). Этот принцип базируется на закономерных количественных соотношениях между длиной разломов и глубиной их проникновения в земную кору и в целом не противоречит традиционному принципу выделения коровых и глубинных разломов, в значительной степени уточняя и конкретизируя последний. С.И. Шерманом выделяются *локальные разломы*, длина которых соизмерима с мощностью земной коры, *региональные* – максимально равные по протяженности удвоенной мощности земной коры и *генеральные*, превосходящие по протяженности удвоенную

мощность земной коры, следовательно, проникающие много ниже подошвы земной коры и, следовательно, соответствующие, если исходить из другого критерия, глубинным разломам.

Система близмеридиональных разломных структур

Система близмеридиональных разломных структур протягивается в пределах рассматриваемого региона преимущественно вдоль правобережья Енисея в виде широкой (до 25-35 км) полосы взбросо-надвиговых структур в целом составляющих зону динамического влияния Саяно-Енисейского глубинного разлома. Для большей части разломов этой системы характерно изменение угла падения плоскости сместителя вдоль ее простирания. У одного и того же разлома угол плоскости сместителя в разных его участках может варьировать от $20\text{-}25^0$ до $75\text{-}80^0$. То же самое нередко касается и простирания. При, в целом близмеридиональной ориентировке, простирание одного и того же разлома может отклоняться то к северо-востоку, то к северо-западу. Эта особенность связана как с литологией вмещающих толщ, так и со спецификой наследования более древнего структурного плана территории.

В западном латеральном ограничении Саяно-Енисейского разлома располагается генеральный *Муратовский разлом*. Его протяженность более 100 км. Разлом играет важную роль как в неотектоническом, так и в докайнозойском стуктурном плане региона. Он разграничивает блоки, выполненные архейскими и раннепротерозойскими образованиями. Выражен в современном рельефе высококонтрастным тектоническим уступом, высота которого составляет от 150 до 250 м. Общая амплитуда смещений по разлому составляет, исходя из возрастных соотношений пород в крыльях, не менее 2000-2500 м. Амплитуда смещений за кайнозой, исходя из положения вершин коренных водоразделов в восточном борту и положения кровли коренных пород под кайнозойскими осадками в западном борту разлома, составляет не менее 500-700 м.

Плоскость сместителя Правобережного разлома падает к востоку. Угол падения не выдержан и изменяется от крутого – $75\text{-}80^0$ в верхних частях эрозионно-денудационного среза до относительно пологого – $45\text{-}55^0$ в пределах более глубоких частей эрозионно-денудационного среза. По кинематическому типу разлом представляет собой взброс, взбросо-надвиг. При чем, кинематика смещений по нему оставалась неизменной в течение всего периода его существования, включая и кайнозойский. В пределах плоскости сместителя разлома широко развиты катаклазиты, милониты, реже ультрамилониты. Нередко встречаются небольшие кварцевые жилы и дайки пегматитов чаще всего согласные с положением основной плоскости сместителя. В кайнозое вдоль него сформировался крутой тектонический уступ с характерным «надвиговым» рельефом, основной чертой которого является отсутствие эскарпа, «рваный» чешуйчатый край, наличие многочисленных зеркал скольжения, обращенных внутрь склона вдоль поверхности сместителя. Эта ситуация очень хорошо видна в разрезах по долинам широтных рек - правых притоков Енисея,

рассекающих тектонический уступ. В частности она непосредственно наблюдалась авторами по р. Кантат и его правым притокам и в среднем течении р. Байкал.

Восточное латеральное ограничение зоны динамического влияния Саяно- Енисейского разлома представлено системой кулисообразных близмеридиональных региональных разрывных структур, прослеживающихся в бассейнах рек Бол. Итат, Мал.Тель, Бол. Веснина и генерального Канско-Енисейского разлома вдоль р. Кан.

По кинематическому типу эта кулисная система представлена одноименными надвигами и взбросами с плоскостями сместителей полого под углами от12-15^0 до 40-45^0 падающими к востоку. В вещественном отношении плоскости сместителей представлены зонами тонкого рассланцевания, милонитами и ультрамилонитами иногда линейной корой выветривания. Согласно с падением плоскостей сместителей нередко встречаются структуры будинажа, при чем завальцованные будины можно встретить как в гранитоидах, так и в коре выветривания или в «короподобном» материале. В частности такого типа «тектониты» были встречены в нижнем течении р. Бол.Тель. Здесь в материале коры химического выветривания по гнейсам отмечены довольно крупные (до 25-30 см в поперечнике) «будины» не переработанного структурного элювия. Кроме того, здесь же встречены крупные завальцованные линзы и пропластки органического углеподобного материала, выполняющие трещины в плоскости сместителя и свидетельствующие о совсем молодых (скорее всего четвертичных) надвиговых смещениях. Нередко взбросовый характер перемещений по разломам этой системы повторяется и в микромасштабе по небольшим трещинам.

О голоценовых смещениях по упомянутым кулисным структурам свидетельствуют приспосабливающиеся к ним долины большей части рек в бассейне Енисея, крутые петли его крупного правого притока р. Кана и невысокие пороги типа Большого.

В то же время, рельефообразующая роль разломных кулис восточного ограничения зоны динамического влияния Енисейского разлома существенно иная, чем у западного. Здесь нет отчетливо выраженного тектонического уступа, сходного с уступом Муратовского разлома, рельеф представлен серповидными увалами в ограничении запрокинутых блоков и в целом имеет достаточно размытые контуры, за которыми строго следуют долины выше упомянутых рек. Наиболее типичная картина формирования «плоского надвигового» рельефа наблюдается в правом борту реки Бол. Тель в районе стрельбища.

Внутреннее строение зоны Енисейского разлома определяется густой сетью локальных близмеридиональных и север-северо-восточных надвиговых и сбросовых структур, как правило, имеющих восточное падение. Углы падения плоскостей сместителей этих разломов варьируют в широких пределах от 20-25^0 у надвигов до 65-75^0 у взбросов и сбросов. Система упомянутых

локальных разломов выкалывает серию микроблоков вытянутых в близмеридиональном или северо-восточном направлении. Ширина блоков изменчива и колеблется от 2 до 6-8 км. Плоскости сместителей локальных разломов нередко представлены линейной корой выветривания или зонами рассланцевания и повышенной трещиноватости. Часто по ним трассируются долины водотоков высоких порядков. Характерной чертой этих водотоков является резко выраженная асимметрия бортов, один из которых обычно чрезвычайно крутой даже в случае не слишком глубокого эрозионного вреза долины.

Расстояние между разломами близмеридиональной системы достаточно выдержанное и составляет 4-5 км между региональными структурами около 2 км между локальными. Причем, сеть локальных разломов заметно сгущается вблизи диагональных разломных структур, рассекающих и смещающих близмеридиональную систему.

Система диагональных разломных структур

Зона динамического влияния Енисейского разлома рассекается двумя более молодыми системами разрывных нарушений северо-восточного и северо-западного простираний. Обе системы представлены региональными и локальными сдвигами. Первая с преобладанием левосдвиговой, вторая правосдвиговой компонент. При чем вблизи тех и других сдвигов общая раздробленность территории резко возрастает. Плоскости сместителей той и другой систем как правило имеют крутое северное падение под углами до $75\text{-}80^0$. Они рассекают рассматриваемую территорию на несколько макроблоков. Кинематика смещений по этим разломам отчетливо прослеживается по смещениям разрывных нарушений зоны Енисейского разлома, а в ряде случаев по направлению штрихов на зеркалах скольжения, например в обнажениях в верхнем течении р. Кантат и нижнем течении р.Кан вблизи дер. Подпорог.

Молодость сдвиговых смещений по разломам диагональной системы подчеркивается и тем обстоятельством, что практически повсеместно вблизи зон их сместителей встречаются многочисленные микросдвиги, правые или левые в соответствии с простиранием трещин и типом смещений по основному сместителю. Кроме того, для этих зон не характерны милонитизация и катаклаз обычные для унаследованных дизъюнктивов. Их сместители представлены зонами высокого дробления, тонкого рассланцевания и системами кулис сколовых макротрещин.

Северо-восточные сдвиги в северной части территории представлены региональными, в южной -локальными структурами. Для них отмечается выдержанный левосдвиговые смещения, подтверждающийся как характером микротрещиноватости, так и соотношениями с более древними разрывными системами. В северной части территории они выкалывают серию параллельных клавиш, с закономерным увеличением амплитуды сбросовых смещений по ним к северо-востоку от 50-60 до 100-120 м за плейстоцен. Амплитуды горизонтальных левосдвиговых

смещений составляют для региональных разломов около 1500-1800 м, для локальных не более 250-300 м.

Северо-западные сдвиги представляют собой сквозные разломы, рассекающие как структуры южного выступа Енисейского кряжа, так и структуры фундамента Западно-Сибирской плиты, отчетливо просматриваясь и в ее чехле. Крупный правый сдвиг протягивается от р. Большой Итат вдоль р. Шумиха к пос. Сухубузимское и Шила. Плоскость сместителя круто под углом 75-80^0 падает к северо-востоку. В рельефе правобережья Енисея разлом выражен серией асимметричных долин-рвов. Вертикальные амплитуды перепадов рельефа иногда достигают 100 м. Правосдвиговый характер перемещений подтверждается морфометрическими данными в блоках в крыльях разлома, закономерным «правым» изгибом русел второстепенных водотоков, текущих к северо-востоку. По смещениям этих водотоков амплитуда горизонтальных перемещений за голоцен составляет до 800-900 м.

Наиболее крупный разлом северо-западного направления на исследуемой территории представлен крайним северо-западным отрезком системы глубинного Главного Саянского разлома (в юго-западной части площади). Разлом отделяет структуры складчатых горных сооружений Восточного Саяна от юго-восточного окончания Западно-Сибирской плиты. Вертикальные амплитуды смещения по разлому вдоль неотектонических блоков изменяются от 100 до 500 м.

Упомянутые выше системы разрывных нарушений – взбросо-надвиговая и сбросо-сдвиговые хотя и менее отчетливо, но все же прослеживаются и на левобережье Енисея, «просвечивая» из под чехла кайнозойских отложений Западно-Сибирской платформы. Здесь они по-прежнему сохраняют свою рельефообразующую роль даже на фоне слабоконтрастного рельефа. Так, вдоль наиболее крупных из них протягиваются долины рек Бузим и Минжуль. Однако, судя по клавишным погружениям фундамента, закономерно увеличивающимся к западу, тенденциям к погружению на фоне регионального растяжения близмеридиональные разломы системы Краевого Шва Сибирской платформы под чехлом Западно-Сибирской плиты скорее всего трансформированы в серию сбросов.

1.8 Характер блоковой делимости территории Красноярской промышленной агломерации

Основными задачами при анализе разломно-блоковой структуры любого региона является определение величины раздробленности литосферы, контрастности и интенсивности тектонических движений в ее дифференцированных блоках. Этот анализ может быть проведен на качественном уровне в величинах типа «выше-ниже; более интенсивные -менее интенсивные и т.д.», или с введением некоторых количественных параметров, облегчающих и уточняющих

сравнительные оценки. В качестве таких количественных сравнительных параметров могут выступать: а. величина глубины эрозионного вреза, как показатель интенсивности тектонических движений, б. площадь микроблоков, как показатель величины раздробленности территорий, в. скорости тектонических движений за определенный временной интервал, если для его отсчета имеются какие-либо реперы. Последний параметр является основным базовым параметром для составления неотектонической карты.

Откартированная сеть неотектонических разломов разных порядков выкалывает сложную паутину макро- и микроблоков. Каждый из них характеризуется различными темпами неотектонических движений, отразившимися в ряде их морфотектонических особенностей. Прежде всего, рассматриваемая территория может быть подразделена на два контрастных мегаблока, один из которых характеризуется тенденцией к прогибаниям и занимает преимущественно левобережье Енисея, второй – тенденцией к поднятиям в правобережье Енисея.

Мегаблок левобережья Енисея отличается слабо контрастным рельефом, стабильными нисходящими движениями, о которых свидетельствует достаточно глубокое залегание фундамента и накопление толщи мезо-кайнозойских осадков. Как уже упоминалось выше погружение этого мегаблока является скомпенсированным, то есть скорости погружений (около 0,1 мм/год) пропорциональны скоростям накопления осадков, о чем свидетельствует полное отсутствие конусов выноса на границе с поднимающимся мегаблоком. Можно говорить о некотором увеличении контрастности движений между двумя мегаблоками в течении голоцена, поскольку долина Енисея смещается к западу, оставляя после себя достаточно свежие старицы.

В пределах погружающегося мегаблока глубина эрозионного расчленения изменяется от 50 до 250 м, средние скорости вертикальных неотектонических движений изменяются от 0,06 до 0.11 мм/год.

Разность между минимальными и максимальными значениями глубины эрозионного вреза в мегаблоке с тенденцией к поднятиям варьирует от 40м до 500м, рассчитанные средние значения скоростей варьируют от 0,08 до 0.28. Наиболее интенсивными движениями на данной территории характеризуется неотектонический блок в юго-западной части листа, относящийся к воздымающимся структурам Восточного Саяна. В пределах блока расположен г.Дивногорск и Красноярская ГЭС.

Отмечается весьма показательная тенденция, указывающая на прямую связь между уровнем раздробленности макроблоков и характером регионального поля тектонических напряжений. Полосы максимальной раздробленности макроблоков соответствуют местам перекрытия регионального поля сжатия северо-западной ориентировки локальными сдвиговыми полями напряжений, вдоль право- и левосдвиговых разломных структур.

Главным репером для оценки контрастности тектонических движений на территориях городов Красноярск и Абакан и сопредельных территорий является положение фрагментов неогеновой поверхности выравнивания придолинных блоков. Эта поверхность является реперной в целом для южной части Восточной Сибири и для южного края Енисейского кряжа в частности. Поверхность расчленятся густой эрозионной сетью 7 порядков. К эрозионным элементам первого порядка относятся мелкие ложки и распадки, к элементам 7 порядка – долина Енисея. Хорошо известно, что чем выше порядок долины, тем сложнее долинный комплекс и тем дальше вверх по течению продвигается регрессивная эрозия, направленная на расширение долины и уравновешивание ее продольного профиля.

На рассматриваемой территории эта исходная поверхность расчленения располагается на высотах до 500-600 м и к настоящему времени затронута эрозией 3-4 порядков. Долины 1-2 порядка расчленяют поверхность с отметками до 300 м. Таким образом, амплитуда общего тектонического расчленения единой поверхности выравнивания на более мелкие локальные блоки составляет более 200 м. За начало расчленения территории, как уже отмечалось выше, следует принимать начало эоплейстоцена, то есть в абсолютном исчислении рубеж в 1800 млн.лет. Исходя из этих посылок средняя скорость неотектонических поднятий едва ли превышала 0,1 мм/год. Полученные величины сопоставимы с оценками других авторов (Сводный…, 1996) для данной территории, хотя и получены на базе других исходных посылок. Однако, для частных микроблоков эти величины варьируют в достаточно широком диапазоне, поскольку в силу различных обстоятельств интенсивность перемещений частных блоков была и остается различной, что впрямую отразилось на характере эрозионной сети.

Непосредственно почти вся жилая и промышленная застройка г. Красноярск расположена в пределах медленно погружающегося мегаблока юго-восточного окончания Западно-Сибирской плиты. Средние скорости опускания в неотектонических микроблоках, как и в пределах всего мегаблока не превышают 0,1 мм/год. К воздымающемуся со скоростью 0,22 мм/год неотектоническому блоку в пределах юго-западного окончания Восточного Саяна приурочен район Академгородка, часть Октябрьского района на левобережье г Красноярска и часть Свердловского района на правом берегу. Приведенные значения скоростей и величин эрозионного вреза в блоках характеризуют исследуемую территорию как стабильную со спокойным тектоническим режимом. Однако каждый выделенный неотектонический блок характеризуется специфическими инженерно-геологическими условиями, отличающимися друг от друга в разных частях блока, в результате чего можно ожидать различную геодинамическую реакцию среды при сейсмических воздействиях, вызванных транзитными землетрясениями с эпицентрами в южной части Красноярского края, Тывы, Монголии.

1.9 Положение территории г. Абакан в региональных неотектонических разломно-блоковых структурах

Территория г. Абакан в региональном плане приурочена к Центральной Минусинской впадине в пределах Минусинского внутригорного прогиба.

Минусинские внутригорные впадины характеризуются полной унаследованностью в плане от верхнепалеозойских депрессионных структур и стабильными нисходящими движениями, протягиваются в север-северо-западном направлении, параллельно ограничивающей их с запада системе подновленных разрывов Кузнецко-Алатауского разлома. Амплитуды смещения вдоль разлома изменяются от 100 до 600 м. Южная граница впадин наиболее контрастна, отражается в рельефе крутым уступом, трассируя кулисы Саяно-Минусинского глубинного разлома. Амплитуда смещения по разлому, выраженная в разности величин эрозионного вреза в соседних микроблоках вдоль отдельных кулис изменяется от 200 до 1000 м. По кинематическому типу Саяно-Минусинский разлом классифицируется как сброс с падением сместителя на юго-восток под углом 75^0 (Беззубцев). Северная граница впадин менее контрастна и проходит вдоль горстовой субширотной структуры Солгонского кряжа, амплитуда смещения по ограничивающему разлому составляет 150-300 м. Восточные борта впадин ограничивают разломы восточно-саянской системы. Разделяет впадины на северную, центральную и южную система северо-восточных подновленных разломов складчатых сооружений Кузнецкого Алатау.

На территории Минусинских впадин выделяется три системы разрывных нарушений, соответствующие каркасообразующим глубинным разломам и их зонам: близмеридиональная «кузнецко-алатауская», северо-восточная складчатого основания и северо-западная «восточно-саянская». Разломы близмеридиональной системы глубинного Кузнецко-Алатауского разлома имеют ограниченное распространение, слабо выражены в рельефе на территории впадин, вероятно скрываясь под мощной толщей осадков, и представлены единичными локальными (40–50 км) и региональными разломами первого порядка (150-170 км), классифицирующимися как сбросы.

Разломы восток-северо-восточного направления складчатой системы Кузнецкого Алатау представлены сбросами регионального первого порядка и локального уровней протяженностью 50 – 200 км. Аналогичное направление имеют и разрывные нарушения зоны Саяно-Минусинского разлома, вероятно в неотектоническом плане отражаются обе системы разломов. Ориентировка впадин совпадает с ориентировкой крупных пограничных разломов и согласуется со структурами Западного Саяна.

Третьей разломной системой, осложняющей впадины является система сбросов и сбросо-сдвигов северо-западного «восточно-саянского» простирания. В количественном соотношении разломы восток-северо-восточного и северо-западного направлений на территории впадин

практически одинаковы, но в системе северо-западного простирания преобладают локальные разломы, ограничивающие и смещающие «торцовые» борта неотектонических блоков впадин и поднятий, в то время как разломы северо-восточного направления согласуются с «каркасной» ориентировкой впадин, ограничивают горсто-грабеновые структуры по их простиранию и являются более протяженными разломами регионального уровня.

Неотектоническая система Минусинских впадин представляет собой чередование микроблоков - грабенов с тенденцией к опусканию и горстов с тенденцией к поднятию с ассиметричными крыльями и различной амплитудой движений. Количественный неотектонический анализ поля абсолютных высот в блоках, показал, что амплитуды движений по разломам между микроблоками изменяются от 100 до 500 м, а скорости вертикальных неотектонических движений от 0,05 до 0,3 мм/год во впадинах и от 0,3 до 0,7 мм/год в поднятиях. Причем наибольшие скорости опусканий характерны для Центрально-Минусинской впадины (0,3 мм/год) с расположенным в центральной ее части г. Абаканом, что подтверждают 500-600 – метровые мощности неоген-четвертичных отложений. Тектоническая обстановка на данной территории характеризуется как стабильная. Самым ближайшим сейсмоактивным разломом, находящимся на расстоянии 850 км от г.Абакан является Саяно-Минусинский глубинный разлом, активность которого в настоящее время не отмечается. Учитывая расположение городской застройки в пределах погружающегося блока с мощной толщей аллювиальных отложений рек Енисей и Абакан можно ожидать значительную интенсивность сотрясаемости территории и приращение балльности при сейсмических воздействиях.

В приложениях А и Б приведены ГИС-схемы разломно-блокового строения территории и неотектонических движений г. Красноярска, г. Абакана и прилегающих территорий (Масштаб 1 : 100 000)

2 Создание ГИС-схем районирования г. Красноярска, и прилегающих территорий, разработанных на основе оценки геодинамических факторов

Выделение участков с различной сейсмичностью проводилось на основе комплексного изучения сейсмических свойств грунтов, инженерно-геологических, гидрологеологических и сейсмотектонических особенностей территории. В комплекс работ по районированию сейсмической опасности вошли инженерно-геологические и инструментальные исследования, математические расчеты.

Сейсмическое районирование г. Красноярска выполнялось с целью количественной оценки влияния местных условий (состав грунтов, особенности рельефа, наличие сейсмоактивных разломов и др.) на сейсмичность с определением приращения балльности.

2.1 Сбор фондовых геологических, инженерно-геологических материалов на территорию г. Красноярска

Инженерно-геологические исследования проводились для создания инженерно-геологической основы схемы сейсмического районирования и являлись опережающими по отношению к другим видам работ. Комплекс исследований, запланированный к проведению в рамах данной работы, базируется на информации о составе геологического разреза и физико-механических свойствах грунтов, слагающих данный разрез. Количество пунктов наблюдений выбиралось исходя из масштаба схемы и таким образом, чтобы охватить все грунтовые условия, встреченные на исследуемой территории. Для расчетов необходимо по каждому пункту иметь следующий набор информации (Рисунок 2.1):

1. Скважина глубиной не менее 20 м с привязкой к местности.
2. Литологическое описание слоев вскрытых данной скважиной.
3. Мощность и глубина залегания каждого слоя.
4. Физико-механические свойства грунтов (плотность в естественном состоянии) для каждого слоя.
5. Уровень грунтовых вод.
6. Глубина сезонного промерзания.

В г. Красноярске существует две организации (ОАО «КрасТИСИЗ» и ОАО «КрасноярскГражданПроект»), обладающие необходимым количеством материала. К сожалению, данные организации не проявили должного желания по оказанию содействия. Поэтому коллективом авторов была проделана огромная работа по сбору, систематизации и анализу материалов из многих других разрозненных источников, поддержавших инновационный проект. Сбор информации проходил в тесном контакте с городской администрацией (Приложение).

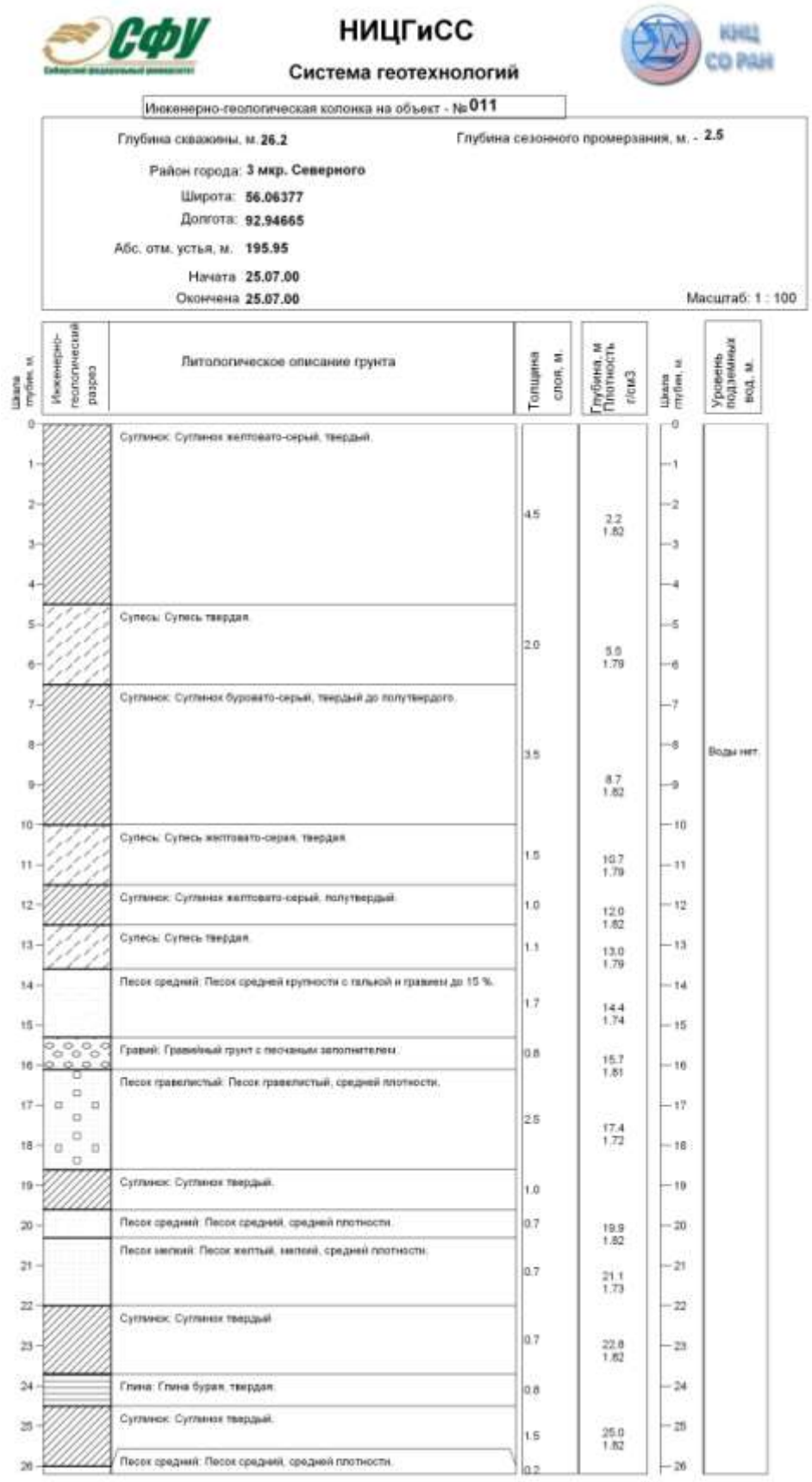


Рисунок 2.1 – Пример описания скважины для целей проекта №106

В результате проделанной работы, объем физических точек наблюдений составил 85 для сейсмических работ и математического моделирования и 106 для работ по экспертной оценки территории по геодинамическим факторам.

На основании данных по сбору, систематизации и обобщению материалов инженерно-геологических изысканий прошлых лет проведена предварительная оценка инженерно-геологических условий изучаемой территории и составлена рабочая схема размещения скважин и пунктов инструментальных наблюдений (Рисунок 2.2).

Карта фактического материала

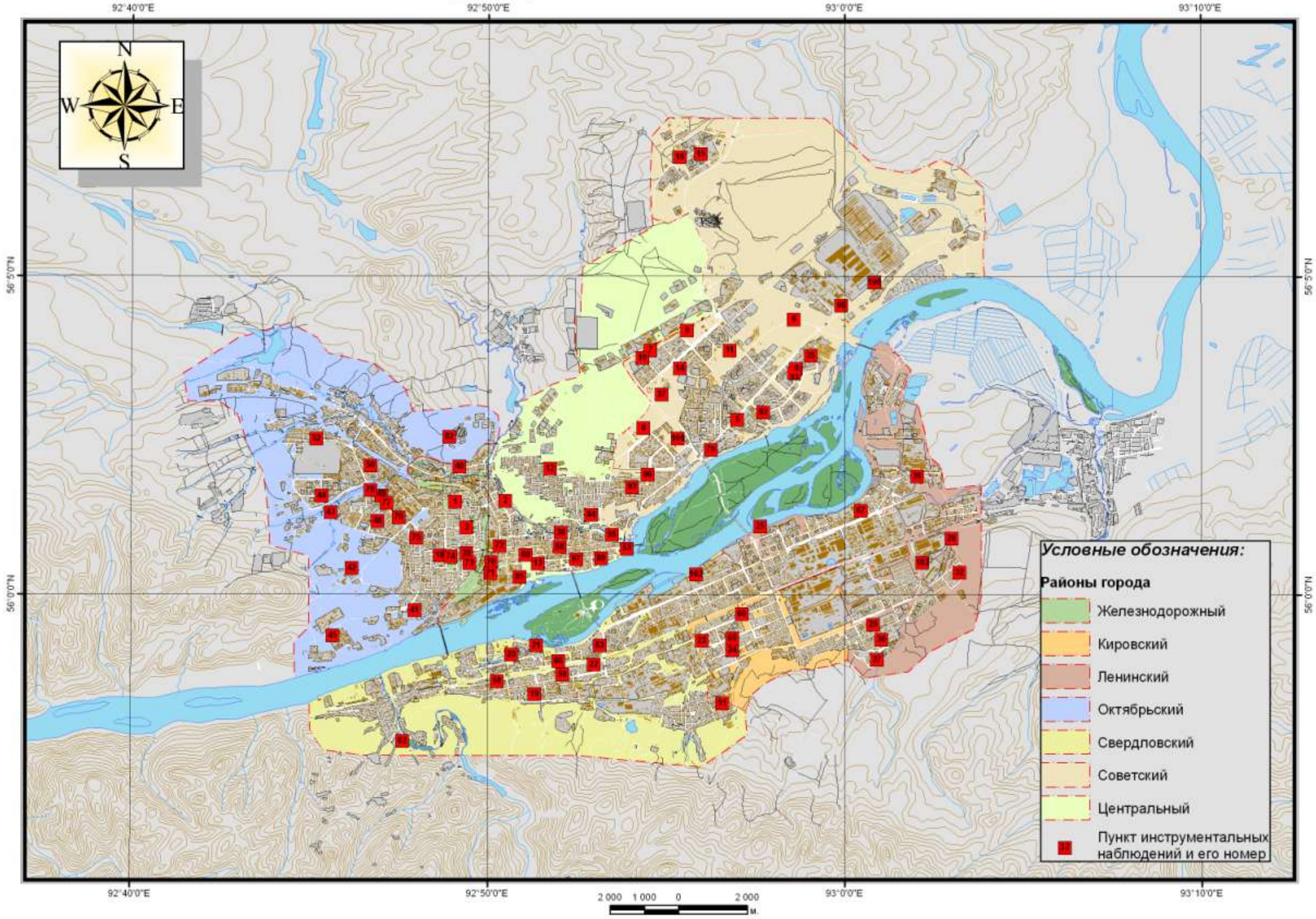


Рисунок 2.2 – Схема расположения технических скважин, по которым производились инструментальные измерения и математические расчеты

2.2 Определение сейсмической опасности на основе экспертной оценки геодинамических факторов

2.2.1 Теоретические основы и методика составления схемы микросейсмического районирования г. Красноярска и его окрестностей по геодинамическим факторам

В настоящее время оценка сейсмической опасности территории Российской Федерации проводится по картам сейсмического районирования, составленным под научным руководством и под редакцией В.Н. Страхова и В.И. Уломова [Комплект карт..., 1999]. Они позволяют определить вероятный сейсмический балл для конкретно выбранной площади в зависимости от заданного времени и требований обеспечения надежности и сейсмобезопасности объекта. Чем выше должна быть обеспечена долговременная безопасность объекта, тем большее внимание уделяется вероятности возникновения более сильного сейсмического события. Поэтому для территории РФ одновременно построено несколько карт. Они дают разную по вероятности сейсмических событий исходную балльность: берется больший интервал времени и увеличивается вероятность возникновения сильного землетрясения. В зависимости от требований строительных норм и надежности сооружения используется та или иная карта сейсмического районирования. Расхождения на разных картах для одного и того же района могут доходить до двух баллов.

Подход, используемый при составлении схемы, применялся авторским коллективом (Шерман С.И. и др.. 2003) для создания схемы микросейсмического районирования г. Иркутска и его окрестностей по геодинамическим факторам. Он обусловливается, во-первых, своей практической приемлемостью для относительно ограниченных площадей, которые сопоставимы с регионами, характеризующимися одинаковыми современными геодинамическими режимами. Относительная ограниченность площади требует вовлечения в анализ широкого комплекса факторов, при которых исходная сейсмическая балльность не всегда является определяющей. Отсюда вытекает еще одно требование к авторской концепции. Во-вторых, она базируется на экспертных оценках. Подход использовался в ряде случаев в России [Лобацкая, Кофф, 1992, 1997; Лобацкая и др., 1997; Рященко и др., 1997; Демьянович, Синчук, 2003; и др.], в Польше [Кофф, Лобацкая, 1991; Лобацкая, 1991], особенно широко в Китае при составлении карты стабильности литосферы [Li Xiao et el., 1995; Yi Mingchu, 1995; The map..., 1997]. Введение экспертных оценок возможно при наличии широкого комплекса данных по факторам, определяющим потенциальную сейсмическую опасность. Ведущим среди них, естественно, является принятый сейсмический потенциал территории, обусловливающий современную геодинамику и сейсмичность интересующего нас региона. Его можно установить по картам сейсмического районирования

территории РФ [Комплект карт..., 1999] или воспользоваться картой современной геодинамической активности литосферы Сибири [Логачев и др., 1986, 1990, 1991]. В первом случае это сделать легко. Подробнее остановимся на втором.

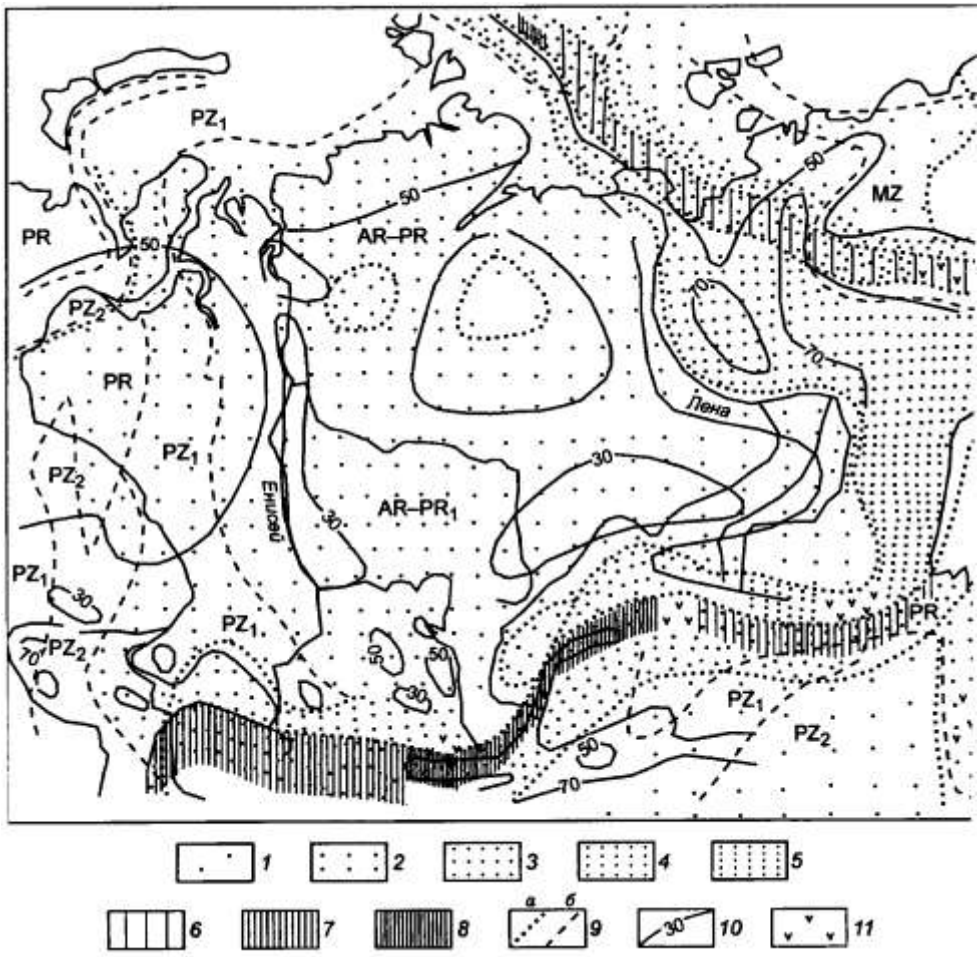
Для изучения процессов в литосфере составляются карты геодинамики или активности, возбуждения верхней мантии. Например, Н.А. Логачевым, СИ. Шерманом и К. Г. Леви [1991] предложено строить карты геодинамической активности литосферы по интегральному показателю, который отражает взаимосвязь между основными геолого-геофизическими параметрами на поверхности земли. Величина последних прямо отражает энергию глубинных процессов. Геодинамическая активность литосферы - результативный процесс, выражающийся в согласованном воздействии на литосферу сложной многокомпонентной системы частных эндогенных процессов, приводящих к последовательному преобразованию ее внутренней структуры. Геодинамическая активность - это в то же время согласованное проявление на поверхности земли в повышенных, измененных от некоторого уровня значениях основных геотектонических факторов: скоростей и амплитуд движений, тепловых потоков и магматизма и, главное, сейсмичности, отражающих мощность их энергетических источников.

Именно сейсмичность является результатом деформации верхней, преимущественно хрупкой части литосферы. Она несет практически немедленную информацию об образовании очага землетрясения как результата движений и деформаций определенного объема литосферы, а также резких подвижек по разрывам в очаговой области. Магнитуда землетрясения при прочих равных условиях пропорциональна скорости деформирования, размерам области накопления напряжений, мощности деформируемого слоя, размерам структур, глубине очага и некоторым другим параметрам. Важно, что потенциальная магнитуда землетрясений пропорциональна интенсивности тектонического процесса в литосфере. Поэтому зафиксированную за историческое время максимальную магнитуду землетрясения в определенном районе можно рассматривать в качестве одной из комплексных физических характеристик геодинамики литосферы - как его сейсмический потенциал [Логачев и др., 1987].

Сейсмический потенциал как максимально возможная магнитуда землетрясения при определенном уровне геодинамической активности использован при построении карт геодинамической активности литосферы Сибири и Азии [Логачев и др., 1987, 1991]. На карте геодинамической активности литосферы Сибири (

Рисунок 2.3) регион Красноярской промышленной агломерации относится к областям с невысоким интегральным показателем степени геодинамической активности литосферы, к зонам с вероятной магнитудой землетрясений до 6,5. Эта величина согласуется с недавно изданными под редакцией В.Н. Страхова и В.И. Уломова картами сейсмического районирования РФ [Новый каталог..., 1977; Комплект карт..., 1999]. В целом региональная сейсмическая обстановка

территории находится в полном соответствии с ее геодинамическим режимом - результативным процессом, выражающимся в согласованном воздействии на литосферу сложной многокомпонентной системы частных эндогенных процессов, приводящих к последовательному преобразованию ее внутренней структуры [Логачев и др., 1990]. Опираясь на тесную корреляцию сейсмической интенсивности с рядом показателей геодинамической активности литосферы в Сибири, оцениваются исходный сейсмический потенциал территории (Таблица 2.1) и заданная ему экспертная оценка.



1-5 – возрастающие интегральные показатели геодинамической активности литосферы; 6-8 – сейсмический потенциал; 9 – границы: а – областей с разной степенью активности литосферы; б – участков земной коры разного возраста; 10 – изолинии плотности теплового потока, мВт/м^2; 11 – области проявления кайнозойского вулканизма

Рисунок 2.3 - Карта геодинамической активности литосферы Сибири (Логачев и др., 1986).

Таблица 2.1 - Геодинамическая активность литосферы территории Сибири и ее сейсмический потенциал [Шерман С.И., 2003]

Интегральный показатель геодинамической активности литосферы [Логачев и др., 1990]	Максимальная магнитуда зарегистрированных землетрясений	Сейсмический потенциал	
		балл	его экспертная оценка

1	<5.7	<6	<120
2	5.7-6.5	6-7	120-140
3	6.5-7.0	7-8	140-160
4	7.0-7.3	8-9	160-180
5	>7.3	>9-11	>180

Дальнейшая работа по оценке влияния геодинамических факторов на сейсмичность основана на экспертных оценках. Заметим, что вся стандартная общепринятая 12-балльная шкала для удобства последующих подсчетов трансформирована в экспертную шкалу (Таблица 2.2), где заложен полуколичественный принцип построения, основанный на экспертных оценках.

Таблица 2.2 - Сейсмическая интенсивность и ее экспертная оценка [Шерман С.И., 2003]

Сейсмическая интенсивность, балл (по MSK-64, MMSK-92, с уточнением)	Сумма экспертных оценок по геодинамическим факторам	Относительная устойчивость территорий для прогноза необходимой сейсмостойкости сооружений
12 - 11	240 - 220	Весьма неустойчивая (непригодна)
10 - 9	200 - 180	Весьма неустойчивая
8 - 7	160 - 140	Неустойчивая
6 - 5	120 - 100	Устойчивая
4 - 3	80 - 60	Весьма устойчивая
2	20	Тоже

Эти оценки присвоены и каждому из 12 баллов, и отдельным факторам, объединенным в том или ином разделе. Каждый из разделов шкалы объединяет группу факторов и их экспертные оценки. Расчет прогнозной интенсивности осуществляется путем подсчета суммы экспертных оценок по трем разделам (макросейсмическому, инструментальному и геодинамическому) и их сопоставления с сейсмологическим разделом. Окончательная прогнозная оценка дается по максимальному числу экспертных оценок, набранных либо по сейсмологическим факторам, либо по сумме геодинамических факторов. Исходный балл принят за 2 и ему придана экспертная оценка 20. Все последующие экспертные оценки образуются путем умножения исходной экспертной оценки на число баллов. Максимальная экспертная оценка региона, который по сейсмическому районированию отнесен к 12 баллу, составляет 240. Это означает, что риск освоения этой территории человеком достаточно высок и может соответствовать 12-балльной катастрофе. При этом сумма экспертных оценок, подобранная для всех остальных геодинамических показателей, не превышает 40 ед., т. е. 2 баллов. Именно на такую максимальную величину может быть увеличен исходный сейсмический потенциал, определяемый по факторам геодинамической активности литосферы и ее геодинамическому режиму [Логачев и др., 1990].

Равномерный шаг шкалы по суммам экспертных оценок не означает столь же ритмичный количественный эффект от вероятных сейсмических событий.

Рассмотрим основные геодинамические факторы и их экспертные оценки. Факторы можно условно разделить на две генетические группы, существенно влияющие на региональные проявления сейсмичности и ее социальные последствия: 1) геолого-геофизические и 2) инженерно-геологические и гидрогеологические.

2.2.1.1 Группа региональных геолого-геофизических факторов

Группа объединяет тектонические, неотектонические и геоморфологические факторы, которые, в свою очередь, при необходимости могут детально классифицироваться на более частные показатели. В основе этой группы факторов лежат типы пород, их комплексы или отдельные породы, крепость пород, структура геологического разреза, наличие разломов и их ранговая принадлежность. Каждому из названных факторов придана экспертная оценка, подобранная опытным путем по материалам г. Красноярска и его окрестностей. Исключение составляет показатель крепости горных пород (f). Как известно, крепость горных пород f определяется по таблицам М.М. Протодьяконова [1955; Справочник (кадастр)..., 1975]. При этом, следуя работе М.М. Протодьяконова (мл.) [1955], можно определить

$$f = kWT/U, \qquad (2.1)$$

где κ - численный коэффициент пропорциональности, W - мощность средств разрушения; T- время разрушения; U - разрушенный объем.

Формула ((2.1), как показал М.М. Протодьяконов (мл.), является справедливой при различных процессах разрушения горных пород, т. е. она отражает некоторые объективные закономерности процессов разрушения. Из нее следует, что при постоянной мощности средств разрушения, в нашем случае экзогенных процессов, коэффициент крепости пород прямо пропорционален удельной энергии (мощности) разрушения $H = A/U$, где A - затраченная работа. Процесс разрушения связан с затратой определенной энергии. Наличие прямой пропорциональности между безразмерным коэффициентом крепости М.М. Протодъяконова и удельной энергией разрушения - весьма важный фактор, объясняющий, почему коэффициенты крепости f так хорошо отражают различные механические свойства горных пород при разрушении и столь прочно в течение многих лет укоренились в практике.

Экспертная оценка интересующего нас комплекса пород принималась как 10/f, т. е. чем слабее порода, тем выше ее экспертная оценка (Таблица 2.3).

Таблица 2.3 - Горные породы и их экспертная оценка (по М.М. Протодьяконову [1955]; с дополнениями) [Шерман С.И., 2003]

Категория	Степень крепости пород	Порода	f	Экспертная оценка
I	В высшей степени крепкие	Наиболее крепкие, плотные и вязкие кварциты и базальты. Исключительные по крепости другие породы	20	0,5
II	Очень крепкие	Очень крепкие гранитовые породы. Кварцевый порфир, кремнистый сланец. Самые крепкие песчаники и известняки	15	0,6
III	Крепкие	Гранит (плотный) и гранитовые породы. Очень крепкие песчаники и известняки. Крепкий конгломерат	10	1
IIIa	То же	Известняки (крепкие). Некрепкий гранит. Крепкие песчаники. Крепкий мрамор, доломит	8	1,2
IV	Довольно крепкие	Обыкновенный песчаник. Железные руды	6	1,5
IVa	То же	Песчанистые сланцы. Сланцеватые песчаники	5	2
V	Средние	Крепкий глинистый сланец. Некрепкий песчаник и известняк, мягкий конгломерат	4	2,5
Va	То же	Разнообразные сланцы (некрепкие). Плотный мергель	3	3,3
VI	Довольно мягкие	Мягкий сланец, очень мягкий известняк, мел, каменная соль, гипс. Мерзлый грунт. Мергель. Разрушенный песчаник. Сцементированная галька	2	5
VIa	То же	Щебенистый грунт. Разрушенный сланец, щебень. Отвердевшая глина	1,5	7
VII	Мягкие	Глина. Мягкий каменный уголь, глинистый грунт	1,0	10
VIIa	То же	Легкая песчанистая глина, лесс, гравий	0,8	12
VIII	Землистые	Растительная земля. Торф. Легкий суглинок, сырой песок	0,6	16
IX	Сыпучие	Песок, осыпи, мелкий гравий, насыпная земля, добытый уголь	0,5	20
X	Плывучие	Плывуны, болотистый грунт, разжиженные грунты	0,3	33

Существенное влияние на прочность горных пород оказывает степень тектонической деструкции региона. По масштабам проявления и в зависимости от детальности изучения региона в РШСИ предлагается выделять два уровня деструкции, определяемых наличием региональных и (или) локальных разломов и расстоянием до них оцениваемых объектов. Данные опираются на работы по оценке областей динамического влияния разломов [Шерман и др., 1983; Sobolev et al., 1997; Sherman, 1998; и многие др.]. В совокупности показатели степеней региональной и локальной деструкции отражают влияние разломной и трещиной тектоники на потенциальную сейсмичность и реакцию геологического субстрата на землетрясения. Эта реакция зависит от геологической значимости разлома и его иерархического уровня, ширины области его динамического влияния и расположения районируемой по сейсмическому потенциалу территории от осевой части области динамического влияния разломов (Таблица 2.4).

Таблица 2.4 - Экспертная оценка степени тектонической деструкции

Разломная тектоника	Расположение территории от осевой части области динамического влияния	Экспертная оценка

Региональные Разломы Локальные разломы	<200 >200 <200 >200	2 1 1 0

Особая роль в группе обсуждаемых факторов придается структуре вертикального разреза. В РШСИ вводится показатель, отражающий вертикальную структуру разреза. Он учитывает два принципиальных типа разрезов: однородный и слоистый, причем в последнем случае экспертные оценки предусматривают варианты переслаивания пород высокой, низкой или разной степеней прочности. Наиболее низкая экспертная оценка принята для максимально устойчивого разреза, образуемого однородным прочным массивом (Таблица 2.5).

Не меньшее значение имеет и угол наклона земной поверхности. С его увеличением изменяется динамическая устойчивость пород в разрезе и повышается вероятность их смещений при воздействии сейсмических колебаний, что и в определенной мере учтено в Таблица 2.5.

Таблица 2.5 - Экспертная оценка структуры вертикального разреза

Строение разреза	Характеристика	Экспертная оценка	Поправочный коэффициент на уклоны поверхности в градусах		
			0-3	3.1-15	>15
Однородный	Породы низкой и высокой прочности	Соответственно 2/1	0/0	1.5/0	2.0/0.5
Слоистый	Переслаивание пород высокой, низкой и разной степеней прочности	Соответственно 1/2/4	1	1.25	1.5

2.2.1.2 Группа региональных инженерно-геологических и гидрогеологических факторов

Большую роль при региональном или микросейсмическом районировании играют экзогенные процессы. Нередко их интенсивное развитие в конкретных регионах или локальных участках может привести к полному отказу от строительства или других типов хозяйственного освоения территорий. Предусмотрено принимать во внимание ведущие экзогенные процессы: закарстованность, оползни, просадочные и криогенные явления, подтопление, суффозию. Экспертные оценки этих факторов растут по линейному закону, достигая максимальных значений для катастрофично протекающих процессов или процессов с площадным характером проявления (Таблица 2.6).

Таблица 2.6 - Экспертная оценка группы экзогенных факторов

Процесс	Степень развития процессов	Экспертная оценка соответственно степени развития процессов
Карстопроявление	Высокая/средняя/слабая	4/2/1
Оползни	Высокая/средняя/слабая	4/2/1
Просадочные явления	Высокая/средняя/слабая	4/2/1
Криогенные явления	Высокая/средняя/слабая	5/3/1

Эрозионные (овраги,	Высокая/средняя/слабая	6/4/2
Суффозия		6

Существенное влияние на прочностные свойства и динамическую устойчивость геологического основания оказывают степень обводненности горных пород и положение верхнего уровня грунтовых вод. Чем выше уровень грунтовых вод, тем менее динамически устойчива территория по отношению к сейсмическим воздействиям. Более того, как уже отмечалось выше, образующиеся при сейсмическом воздействии дислокации по длине и зиянию часто не пропорциональны магнитуде землетрясения. РШСИ предусматривает три границы уровня грунтовых вод, минимальный из которых принят равным 5 м. Экспертная оценка для этого уровня принята максимальной (Таблица 2.7).

Таблица 2.7 - Экспертная оценка уровня подземных вод, влияющего на потенциальную реакцию геологической среды на сейсмические колебания

Уровень грунтовых вод от поверхности,	Экспертная оценка по типам напора вод		
До5/10/15/>15	Безнапорные воды	Напорные воды с величиной напора	
		до 10 м	>10м
	Соответственно 2/1/0.5/0	Соответственно 1/1/0/0	Соответственно 2/2/1/1

Как уже отмечалось во вводной части, геодинамические факторы позволяют не только уточнить исходную балльность территорий, но и выполнить функции прогноза. При таком построении РШСИ: 1) сохраняет преемственность относительно известных шкал по уже достигнутым и оправдавшим себя наработкам; 2) существенно усиливает не только констатационную, но и прогнозную функцию, которую должна нести РШСИ, выполненная на современном уровне знаний; 3) сохраняет единый количественный принцип оценки факторов, лежащих в основе шкалы; 4) позволяет сопоставлять констатирующую и прогнозную части шкалы; 5) предлагает качественную прогнозную оценку регионов по степени относительной стабильности территорий и их потенциальной приемлемости для освоения; 6) позволяет проводить экспресс-оценку вероятной потенциальной сейсмической опасности для сколь угодно небольших площадей без существенных экономических затрат.

2.2.2 Методика применения экспертных оценок для определения потенциальной сейсмической интенсивности территорий

Для анализа потенциальной сейсмической интенсивности использовались следующие картографические материалы: Геологические карты территории г. Красноярска и его окрестностей масштаба 1:200 000, листы N-46-III, -IV, O-46 XXXIII, -XXXIV; инженерно-геологическая карта

района г. Красноярска масштаба 1:50 000 (составители: В.Л. Белый, А.С. Герасимова, Н.С. Красилова, Красноярское геологическое управление, 1961 г); геоморфологическая карта пригородов Красноярска, масштаб 1 : 100 000; схема неотектонического строения земной поверхности Красноярской промышленной агломерации и прилегающих территорий, масштаб 1 : 200 000 (Лопатин А.П., КФ Госцентр «Природа», 2000 г). Для уточнения инженерно-геологического строения до глубины 20-30 м были использованы материалы изысканий по данным бурения (2003 – 2008 гг) под строительные площадки (109 участков); Рекомендации по применению буровых и набивных свай в грунтовых условиях г. Красноярска (КрасГАСА), из которых наибольший интерес представляет структура и литологический состав разреза, данные об обводненности разреза, физико-механические свойства грунтов.

По ним проведена экспертная оценка соответствующих геодинамических факторов, значения которых оценивались индивидуально по каждой из базисных карт. Они обрабатывались хорошо известным в геофизике методом скользящего окна в программе ArcMap 9.1. Для получения экспертных оценок территория города и его окрестностей была разбита на 247 квадратов, каждому из которых присвоен индивидуальный номер. В каждом квадрате оценивались геодинамическая активность, прочность слагающих территорию горных пород, тектоническая деструкция, структура вертикального разреза, обводненность пород, экзогенные процессы. При этом учитывались все условия, приведенные в таблицах, например, строение разреза (однородное или слоистое), переслаивание пород и какой прочности, или, если анализируется обводненность пород, то нужно определить уровень подземных вод от поверхности. По каждому пункту выбиралась экспертная оценка. Данные заносились в таблицу атрибутов в программе ArcMap 9.1 (Таблица 2.8).

Таблица 2.8 - Таблица атрибутов геодинамических факторов

геология	крепость пород	коэфф. на уклон поверхности	крепород с учетом коэфф.	тектон. деструкция	структура разреза	уровгрунт. вод	оползни	эрозия	криогенявления	просадочн. явл	подтопление	интегрпок-ль геодинакт-ти литосферы	Σ Экспертоценки	прогнбалл

В случае неоднозначной ситуации в квадрате, он дополнительно разделялся на две или три части, для каждой из которых определялись необходимые значения. В целом для квадрата суммарная оценка по конкретному геодинамическому показателю определялась как средневзвешенная на занимаемую площадь. Обработав всю исследуемую площадь, были получены индивидуальные экспертные оценки по геодинамическим факторам для каждого участка-квадрата. Они суммировались, и в соответствии с Таблица 2.2 определяется прогнозируемый балл, на

основании которого можно судить об относительной устойчивости этого конкретного участка территории для прогноза необходимой сейсмостойкости сооружений.

Сложная инженерно-геологическая обстановка территории Красноярска и его окрестностей требует дать некоторые дополнительные пояснения к методике использования перечисленных выше факторов.

Оценка пород базируется на совместном использовании основополагающих методологических принципов их изучения: генетико-возрастного и пространственного аспектов [Трофимов, Осипов, 1981], нормативных документов и существующих разработок.

В строении геологической среды г. Красноярска и его окрестностей преобладают отложения кембрийской и девонской терригенно-карбонатной формации, юрской угленосной формации и разновозрастные аллювиальные, аллювиально-делювиальные комплексы четвертичных отложений.

По *грунтовым условиям территорию г. Красноярска* можно разделить на участки, где преимущественно встречаются 1-2 типизированных инженерно-геологических разреза. Это центральная часть, северная и северо-восточная части, западная часть, район рек Кача и Бугач, микрорайон Солнечный, район проспекта Красноярский рабочий, южная и юго-восточная части города.

Центральная часть, охватывающая Центральный и Железнодорожный районы города характеризуется следующим типом разреза: с поверхности, как правило, залегают пески мелкие и пылеватые, супеси, насыпные грунты. Гравийно-галечниковые отложения находятся на глубине 3 м. На отдельных участках, например, по ул. Дубровинского, глубина их залегания увеличивается до 7-8 м. На участке между ул. Марковского и Красной Армии и ул. Лебедевой, где происходит сопряжение террас рек Енисей и Кача, и отмечается значительный уклон рельефа, характерны резкие колебания кровли крупно-обломочных грунтов, наличие в них линз песков, насыпных грунтов. В районе р. Кача отмечается неглубокое залегание подземных вод. В гравийно-галечниковых грунтах отмечается большое количество линз и слоев песков.

Северная и северо-восточная части включают в себя Покровку, район старого Аэропорта, ул. Партизана Железняка, мкр. Иннокентьевский, Зеленую Рощу, Северный, Северо-восточный пром. район: КРАЗ, КраМЗ, Промбазу, КИСК. Разрез с поверхности представлен просадочными грунтами (супесями, суглинками), подстилаемыми непросадочными суглинками, песками различной крупности и ниже - гравийно-галечниковыми отложениями. В застроенных районах, просадочные грунты и непросадочные суглинки имеют повышенную влажность, консистенция грунтов в верхней части инженерно-геологического разреза может достигать мягкой и

текучепластичной, в нижней - до туго- и мягкопластичной. Повышенная влажность связана с утечкой из инженерных сетей; подземных вод не наблюдается, так как техногенные воды фильтруются в подстилающий крупнообломочный грунт.

В отдельных районах, в частности, на площадке КИСКа (комбината индустриальных строительных конструкций), в Покровке (ближе к склонам горы) просадочные и непросадочные грунты подстилаются полускальными грунтами, разрушенными в верхней части до состояния дресвяно-щебенистых грунтов, суглинков и супесей. На площадке КИСКа грунты обводнены техногенными водами. На отдельных участках площадки КИСКа, в Зеленой Роще на участке Коровьего Лога и др. встречаются насыпные грунты мощностью до 14 м.

Мощность просадочной толщи и отметка кровли крупнообломочных грунтов на разных площадках различная. Наибольшая мощность (до 22м) отмечена в V и VI микрорайонах Зеленой Рощи; крупнообломочные грунты на этом участке залегают на глубине 26 - 28 м. В других микрорайонах мощность просадочной толщи колеблется от 8 до 20 м, галечники отмечаются на глубине 12 - 24 м. Грунтовые условия мкр. Иннокентьевский, ул. Партизана Железняка (до Октябрьского моста) сходны с условиями Зеленой Рощи. Мощность просадочной толщи здесь составляет 10-18 м, галечники залегают на глубине 16-26 м.. В районе КРАЗа, КраМЗа, Промбазы, мощность просадочной толщи изменяется от 8 до 15 м; галечники отмечаются на глубине 12-22 м. Особенностью этого района является наличие в верхних слоях просадочных грунтов (до глубины 1-6 м) воздушных пустот, макропор, разрыхленных жил.

В районе Покровки мощность просадочной толщи составляет 4-12 м, влажность грунта здесь несколько повышена, грунт имеет иногда полутвердую и тугопластичную консистенцию. Галечники залегают на глубине 12-18 м. На отдельных участках, ближе к склону горы, просадочные и непросадочные глинистые грунты подстилаются водонепроницаемыми элювиальными суглинками, дресвяно-щебенистыми и полускальными грунтами. На склонах горы отмечается тип разреза с неглубоким залеганием полускальных грунтов.

В районе Краевой больницы, улиц Аэровокзальной и Партизана Железняка (до ул. 78-й Добровольческой бригады) мощность просадочной толщи составляет 4-10 м, галечники залегают на глубине 7,5-15 м.

В районе "Аэропорт" мощность просадочной толщи составляет 8-14 м, гравийно-галечниковые грунты находятся на глубине 16-24 м. В толще непросадочных глинистых грунтов часто встречаются линзы и слои пылеватых или мелких песков, мощность которых колеблется от нескольких сантиметров до 3-4 м. Пески обладают определенной связностью, и поэтому стенки скважин в них обладают некоторой устойчивостью.

В Северо-Восточном промрайоне и Северном жилом районе мощность просадочной толщи может составлять от 5 до 16 м. Эти районы характеризуются повсеместным распространением песков пылеватых и мелких редко средней крупности, залегающих ниже просадочных грунтов в виде линз толщиной от 0,5 до 5 м и более. В этом районе наблюдается переслаивание суглинков и песков, причем толщина прослоев суглинков составляет 10-30 см, а песков 3-15 см, мощность таких переслаивающихся грунтов, залегающих ниже просадочных, может достигать 5-8 м.

В районе КИСКа мощность просадочной толши составляет 5-12 м. Подстилаются просадочные и непросадочные суглинки на одних участках гравийно-галечниковыми отложениями, на других – плотными недренирующими элювиальными грунтами. Замачивание техногенными водами привело к обводнению грунтов и появлению подземных вод. На отдельных участках площадки отмечаются насыпные грунты мощностью до 14 м, появившиеся при планировке территории в связи со сложным рельефом.

Западная часть города включает в себя Западпый район, пр. Свободный, Студгородок, Академгородок, Северо-Западный район и Ветлужанку.

Эта часть города имеет самые разнообразные грунтовые условия. Общим является то, что с поверхности залегают просадочные грунты (за иключением участков с насыпями) мощностью 2-15 м, и что на сравнительно небольшой глубине (до 24 м) залегают полускальные грунты: мергели, песчаники, алевролиты, разрушенные в верхней части до состояния суглинков, супесей, реже песков или дресвяно-щебенистых грунтов.

В Западном районе мощность просадочных грунтов составляет 4-12 м, редко до 15 м, подстилаются они непросадочными суглинками, иногда супесями; с глубины 12-24 м скальными грунтами. На отдельных участках скальным грунтам предшествуют слои гравийно-галечниковых отложений мощностью до 3 м. До начала массовой застройки многоэтажными домами просадочные грунты, хотя и обладали повышенной влажностью, имели твердую и полутвердую консистенцию, подземные воды были приурочены к. скальным грунтам. В настоящее время на отдельных участках рядом с домами, эксплуатируемыми более 15 лет, отмечается поднятие уровня подземных вод и обводнение грунтов. При этом просадочные грунты (верхняя толща мошностью 5-8 м) имеют консистенцию от мягкопластичной до текучей, непросадочные – от полутвердой до мягкопластичной.

В районе пр.Свободного, ул Л .Толстого, Новосибирской, где просадочная толща составляла 4-12 м, а элювиальные грунты залегают на глубине 12-24 м, в настоящее время уровень подземных вод находится на глубине 6-10 м, а на отдельных участках обнаружен ниже пола подвала здания на 0,5 м. На многих участках кровля коренных элювиальных пород

перекрывается слоями крупнообломочных грунтов, глубина залегания которых иногда бывает не более 7,5 м (например, по ул.Спартаковцев).

В районе Телевизорного завода и ул.Мечникова мощность просадочной толщи существенно уменьшается (до 3-6 м), а залегание элювиальных грунтов отмечается на глубине 6-12 м. Верхние слои грунта обладают повышенной влажностью (консистенция глинистых грунтов до тугопластичной) на отдельных участках грунты обводнены.

По ул. Курчатова и на склоне возвышенности элювиальные грунты залегают на глубине 3-5 м. В Северо-западном районе и Ветлужанке просадочная толща имеет мощность 3-10 м, элювиальные грунты находятся на глубине 5 - 15 м.

В пониженных местах рельефа наблюдается высокий уровень подземных вод, глинистые грунты в верхней части разреза имеют консистенцию о т тугопластичной до текучей. Здесь отмечаются резкие колебания кровли полускальных грунтов - мергелей, алевролитов, песчаников; в пониженных местах рельефа (например микрорайон Озерный), где грунты обводнены, наблюдается чередование слоев элювиальных суглинков и супесей и слабовыветрелых полускальных пород. Сложный рельеф района, наличие ложбин и оврагов предопределило устройство насыпей мощностью до 12 м.

В районе Университета мощность просадочной толщи составляет от 2 до 6 м элювий залегает на глубине 3-9 м.

В Студгородке и Академгородке мощность просадочных грунтов колеблется в пределах 2-6 м, элювиальные слои находятся на глубине 3-9 м. Ближе к берегу р.Енисей на ряде участков просадочные грунты отсутствуют, а элювий находится близко от поверхности. В Академгородке ближе к склону горы на ряде участков элювий залегает на глубине до 15-18 м.

Район рек Кача и Бугач включает в себя улицы Брянскую, Маерчака (от кинотеатра "Космос"), Калинина, пос. Бугач, Таймыр и Мясокомбинат. Здесь на большинстве территории характерно неглубокое залегание элювиальных грунтов. Залегающие с поверхности суглинки имеют полутвердую и тугопластичную консистенцию и обладают пучинистыми свойствами. В районе Мясокомбината верхний слои грунта (4-8 м) обладает просадочными свойствами.

Район Солнечного имеет сложный рельеф и значительные перепады высот. В пониженной части рельефа залегание элювиальных грунтов неглубокое, на отдельных участках отмечается обводнение грунтов. На возвышенности имеются просадочные грунты мощностью 3-10 м, элювий залегает на глубине до 15 м.

Район проспекта Красноярский рабочий включает в себя улицы Матросова, 26 Бакинских комиссаров, Семафорную, 60 лет Октября, пос. Первомайский. Здесь преимущественно галечниковые грунты залегают на глубине *2-5* м. Подземные воды чаще всего приурочены к галечнику, на отдельных участках отмечается повышение уровня подземных вод. В галечниковых грунтах зачастую встречаются линзы песков различной крупности. Верхняя часть разреза представлена чаще всего песками мелкими и пылеватыми. На отдельных участках мощность песков существенно увеличивается (например, в районе ЦБК мощность их ближе к берегу р.Енисей достигает 13 м). Встречаются также участки, где с поверхности залегают насыпные грунты мощностью до 4-9 м (золоотвал КрасТЭЦ, пос. Первомайский, з-д Сибтяжмаш, район Цирка).

Южная часть города включает в себя район станции Енисей от ул.Матросова до Турбазы и микрорайон Пашенный. Здесь характерно неглубокое (до 2-5 м) залегание гравийно-галечниковых грунтов. На части территории мощность галечников составляет 0,5-2 м; подстилаются они полускальными грунтами - алевролитами, аргиллитами, мергелями и др., в верхней части разрушенными до состояния суглинков и глин твердой и полутвердой консистенции. Подземные воды приурочены, как правило, к гравийно-галечниковым отложениям. Суглинки и супеси, залегающие с поверхности, имеют консистенцию до мягкопластичной и являются сильнопучинистыми. Пашенный с поверхности сложен намывными песками. На отдельных участках, в частности на территории ДОКа, встречаются насыпные грунты мощностью до 6 м, в состав которых входят отходы производств органического происхождения (опилки, древесина).

Юго-Восточная часть города включает в себя пос. Цементников, Водников, Суворовский, Энергетиков, Шинников и Черемушки. Здесь происходит сопряжение террас р.Енисей, поэтому грунтовые условия отличаются значительным разнообразием. Так в пос.Водников на отдельных участках галечниковый грунт залегает на глубине 6-10 м, верхние слои представлены просадочными грунтами. Для галечников характерно незначительное количество или даже отсутствие заполнителя и гравия. На других участках отмечаются выходы на поверхность полускальных грунтов. На третьих участках наблюдается понижение кровли скалы до 20-25 м от дневной поверхности, причем такие понижения имеют форму чаши с уклоном кровли скальных фунтов до 40-45 %. Эта чаши заполнены супесями и суглинками от твердой консистенции в верхней части до мягкопластичной в нижней. В пос.Цементников крупнообломочные грунты залегают на глубине 3-6 м, подземные воды отсутствуют. В Верхних Черемушках с поверхности залегают просадочные грунты, мощность которых колеблется от 6 до 15 м, ниже – непросадочные суглинки и супеси, подстилаемые на глубине 12-30 м

элювиальными грунтами, переходящими в скалу. Кровля скальных грунтов практически параллельна дневной поверхности грунта. По кровле элювиальных грунтов происходит движение грунтовых вод, образующихся в результате утечек из инженерных сетей, инфильтрации атмосферных вод и др. В Нижних Черемушках, где крупнообломочные скальные грунты находятся на глубине 8-14 м, верхние слои, сложенные пылевато-глинистыми грунтами, обводнены и имеют консистенцию до текучепластичной.

В пос. Энергетиков гравийно-галечниковые отложения находятся на небольшой глубине до 6 м, на некоторых участках на такой же глубине залегают элювиальные грунты. В пос. Шинников с поверхности залегают просадочные грунты до глубины 4-8 м, ниже – пылеватые или мелкие пески, подстилаемые с глубины 10-16 м элювием.

2.2.3 Оценка потенциальной сейсмической опасности территории г. Красноярска и его окрестностей в соответствии с геодинамическими факторами

Рассмотрим подход к оценке крепости пород на примере отложений девонской терригенно-карбонатной формации, которые в пределах Красноярска являются несущими грунтами при освоении склонов и водоразделов или подстилают четвертичные осадки, используемые в качестве оснований инженерных сооружений. Слабую в прочностном отношении часть разреза составляет рухлявая зона сильновыветреллых слабопрочных, сильноразмокаемых песчаников, мергелей и алевролитов с преобладанием глинистой составляющей. Если соотнести выветрелые отложения девонской терригенно-карбонатной формации с таблицей прочности пород, по М.М. Протодьяконову (см. Таблица 2.3), то аналоги отдельных литологических разновидностей встречаются в VI, VIa категориях, коэффициенты крепости соответственно составляют 2.0; 1,5, а экспертная оценка – 5, 7 ед. Средневзвешенное значение оценки составит 6 ед. Эта оценка принимается в целом для девонских отложений. Такая оценка будет соответствовать девонским отложениям, слагающим выровненные поверхности. Однако она не учитывает слоистую структуру вертикального разреза (см. Таблица 2.5). Поскольку негативные качества пород обычно реализуются на склонах, то введением поправки с учетом крутизны откосов (коэффициенты 1,2 и 1,5 для склонов крутизной до 15° и более 15° соответственно) учитывается дестабилизирующая роль рельефа: экспертная оценка анализируемой толщи повышается до 7-9 ед. [Шерман и др., 1997а]. Снижению прочности пород способствуют тектонические нарушения. Последние принимались в соответствии с Таблица 2.4применительно к разломам по долинам рек Енисей, Кача, Бугач и др. Долины распадков, обычно закладываемые по тектонически ослабленным зонам, приравнивались к локальным разломам. Таким образом, оценка пород увеличивалась еще на 1-2 ед.

Разновозрастные четвертичные отложения объединялись в два типа грунтовых условий, отличающихся соотношением относительно слабых (пойменная фация аллювия, делювий) и прочных (русловая фация) частей разреза. В пределах первого типа грунтовых условий (пади, поймы, I надпойменная терраса) эти части разреза имеют примерно равное соотношение. Гравийно-галечные отложения русловой фации не имеют аналога в Таблица 2.3, но по соотношению прочностей они вписываются в категорию VIIa с экспертной оценкой 12. Супеси, пески и техногенные отложения нами отнесены к последней категории по прочности (IX) с экспертной оценкой 20. Средневзвешенная оценка составила 16.

Второй тип грунтовых условий (надпойменные террасы II—VII, часто перекрытые мощным делювием) характеризуется преобладанием в разрезе отложений пойменной фации и делювия при общей мощности 15-30 м. Поскольку среди глинистых отложений, наряду с прослоями песков, имеют место лессовидные разновидности с недоуплотненной структурой, какой обычно характеризуются насыпные отложения, то ориентируясь на неблагоприятную ситуацию, рассматриваемый тип грунтовых условий отнесен к IX категории с экспертной оценкой 20.

Традиционным для существующих шкал является анализ глубины залегания подземных вод. Этот показатель также анализировался с учетом известных подходов, когда наивысшую оценку получают территории с зеркалом воды менее 5 м. Однако на урбанизированных территориях прогрессирует техногенное подтопление, которое рассматривается как фактор современной эволюции геологической среды [Демьянович, 1997]. Ведущую роль при этом играют подъем уровня грунтовых вод, формирование техногенных водоносных горизонтов.

Поэтому такие территории учитывались как потенциально подтопляемые, где снижение прочности слабоводоустойчивых отложений может отразиться на устойчивости зданий. К потенциально подтопляемым с локальным проявлением отнесены также склоны, врезанные в юрские отложения. Широко развиты в пределах города площади с проявлением скрытого подтопления на слабопроницаемых глинистых грунтах значительной мощности.

Таким образом, наличие потенциально подтопляемых территорий служит обоснованием для выявления участков неучтенного при сейсмическом микрорайонировании сейсмического риска на размокаемых, размягчаемых, просадочных разновидностях пород, обводнение которых повышает их сейсмическую уязвимость. Ограничительным аргументом оценки подтопленных и потенциально подтопленных территорий являются рекомендации СНиП, позволившие уравнять их с природно-подтопленными площадями. Поэтому техногенное подтопление не выделено как отдельный процесс и оценивалось по аналогии с площадями, где глубина залегания грунтовых вод менее 5 м.

Чрезвычайно важны экзогенные процессы. Так, распространение мощных лессовидных супесей с подчиненными прослоями лессовидных суглинков в пределах IV надпойменной террасы на левобережье р. Енисей (квадраты №№ 93, 116, 284, 174, 277, 261, 231) способствует широкому развитию овражно-балочной сети, оползневых процессов, суффозионно-просадочных форм рельефа. Усугубляют ситуацию подтопление нижней части берегового откоса поверхностными водами р. Енисей, что приводит к постепенному разрушению берега, проявляющемуся в изменении его профиля и устойчивости. Развитие на площадке исследований перечисленных экзогенных процессов значительно повышает экспертную оценку и увеличивает вероятную интенсивность сотрясаемости до 7,5 баллов.

По изложенной методике рассчитано все поле из 247 квадратов. Анализ имеющегося материала позволил дать оценку территории г. Красноярска и его окрестностей на базе РШСИ и составить схему сейсмического районирования по геодинамическим факторам (Рисунок 2.4). По величине интенсивности вся территория разделена на районы с сейсмичностью 6.0, 6.5, 7.0, 7.5 баллов.

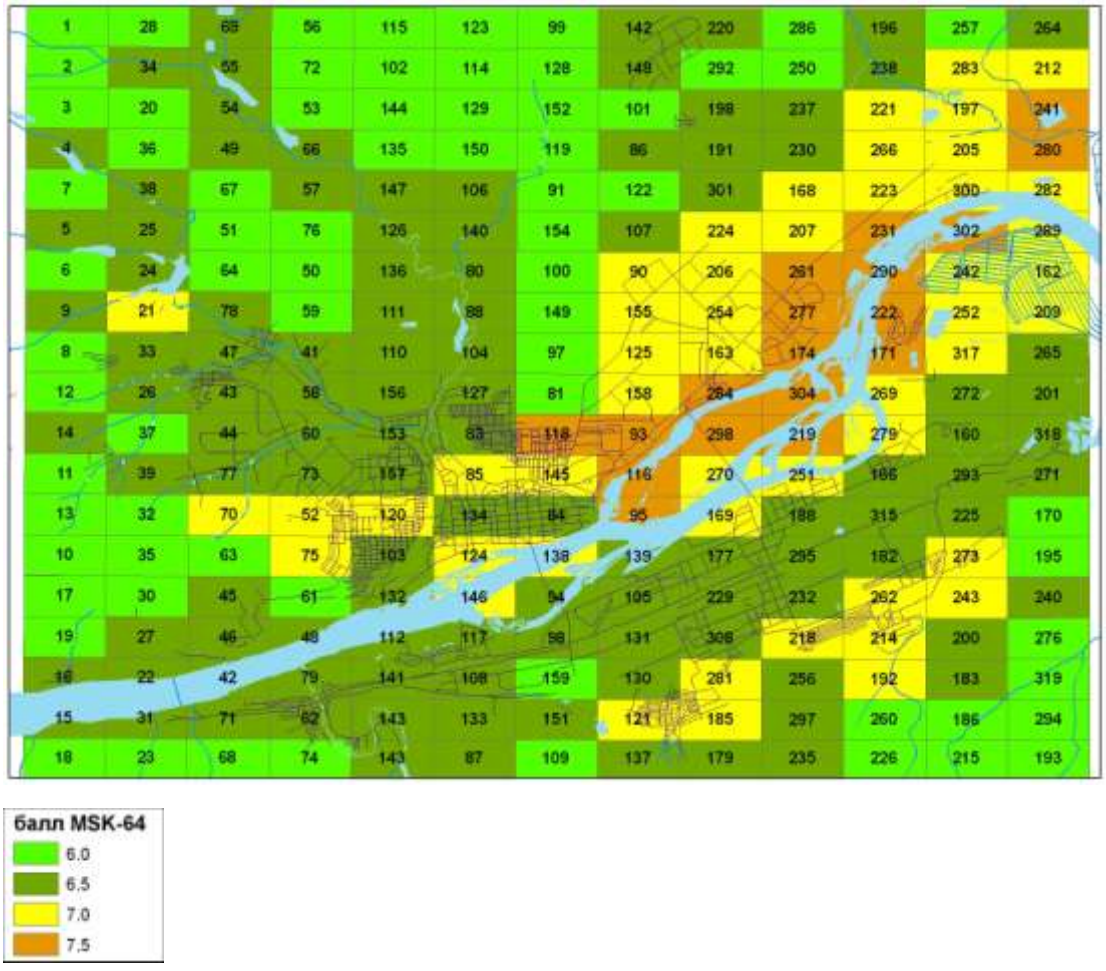


Рисунок 2.4 – Схема сейсмического районирования территории г. Красноярска и его окрестностей по геодинамическим факторам.

2.3 Оценка приращений сейсмической интенсивности по методу сейсмических жесткостей.

Метод сейсмических жесткостей применяется для оценки относительных изменений (приращений) сейсмической балльности при сейсмическом микрорайонировании. Оценка приращения балльности и расчет параметров сейсмических воздействий осуществляется путем сравнения отношений сейсмических (акустических) жесткостей, представляющих произведение скорости распространения сейсмических волн на средние значения плотности грунта для изучаемого и эталонного разреза.

С целью количественной оценки скоростей сейсмических волн и последующего расчета по методу акустических жестокостей реакции сейсмореализующего слоя на вероятные сильные землетрясения проведены инструментальные сейсмические исследования.

Сейсморазведочные работы выполнялись корреляционным методом преломленных волн (КМПВ) с использованием специализированной компьютеризованной цифровой 24-канальной сейсморазведочной станцией “Geode” производства компании Geometrics (Рисунок 2.5).

Рисунок 2.5 - Сейсмостанция “Geode”.

Частотный диапазон регистрируемых сейсмических сигналов от 1.75 до 20 000 Гц, интервал дискретизации от 0.02 до 16 мс, длительность регистрации до 16384 выборок на канал, напряжение питания – 12 вольт, потребляемая мощность во время сбора данных – 0.65 Вт/канал.

Возбуждение сейсмических волн осуществлялось ударами кувалдой массой 10 кг по металлической пластине, установленной на грунт.

В качестве датчиков сейсмических колебаний использовались геофоны GS-20DX. На Рисунок 2.6 представлена типичная амплитудно-частотная характеристика геофонов GS-20DX.

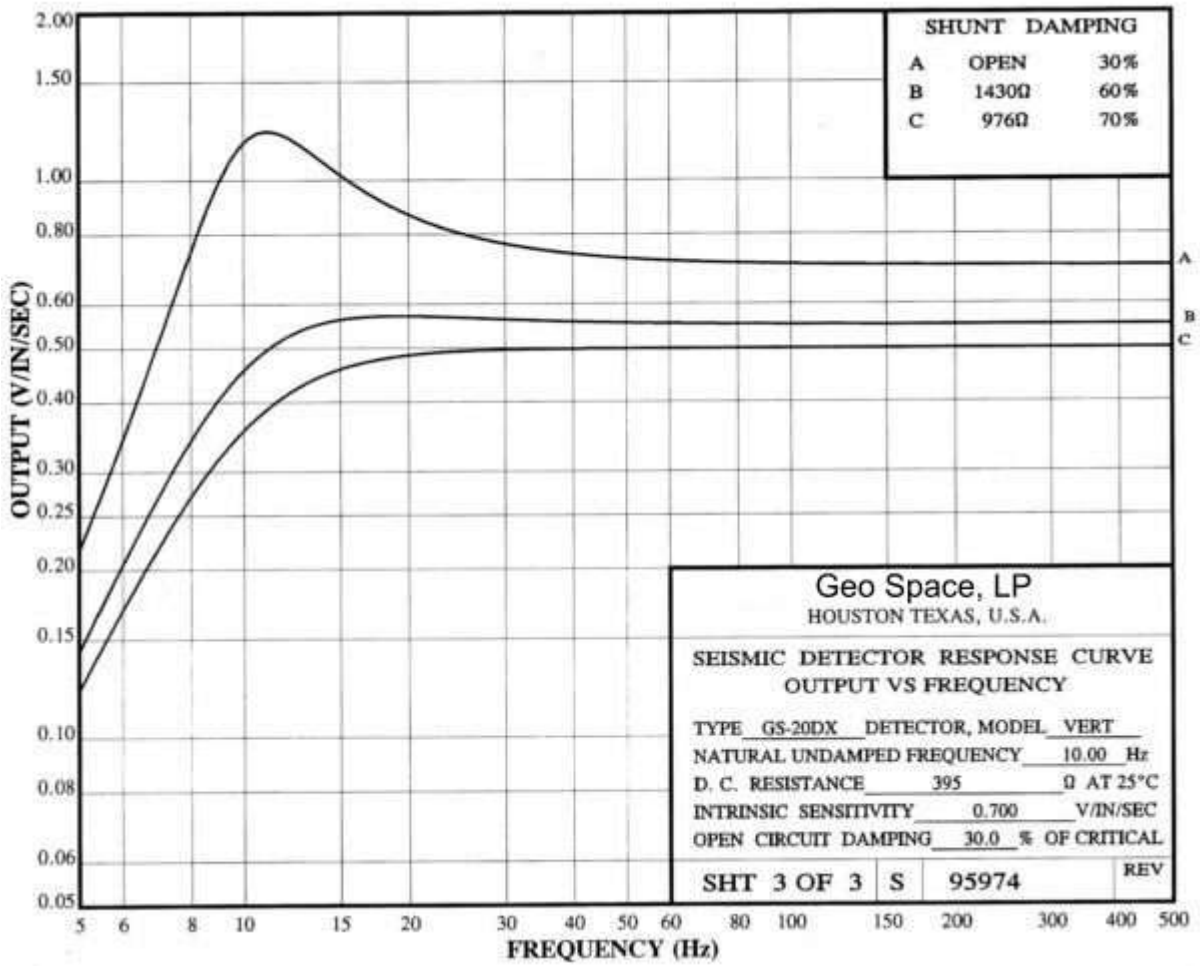


Рисунок 2.6 – типичная амплитудно-частотная характеристика геофонов GS-20DX.

Длина сейсмокосы 38.3 метров, длина сейсмозондирования 98.3 метров, шаг между сейсмоприемниками – 1.67 метра. Система наблюдений – встречные годографы. Полевые исследования выполнены в соответствии с техническими требованиями к производству работ, принятыми в Российской Федерации (РСН 66-87, РСН 60-86). Выполнено 85 сейсмозондирований.

Камеральная обработка выполнена согласно техническим требованиям к производству работ (РСН 66-87, РСН 60-86). Распознавание и прослеживание сейсмических волн проводилось по комплексу динамических и кинематических характеристик, среди которых наибольшее значение имеет повторяемость формы записи на соседних трассах и плавное изменение интенсивности записи от трассы к трассе.

Пример записи сейсмограмм представлен на Рисунок 2.7.

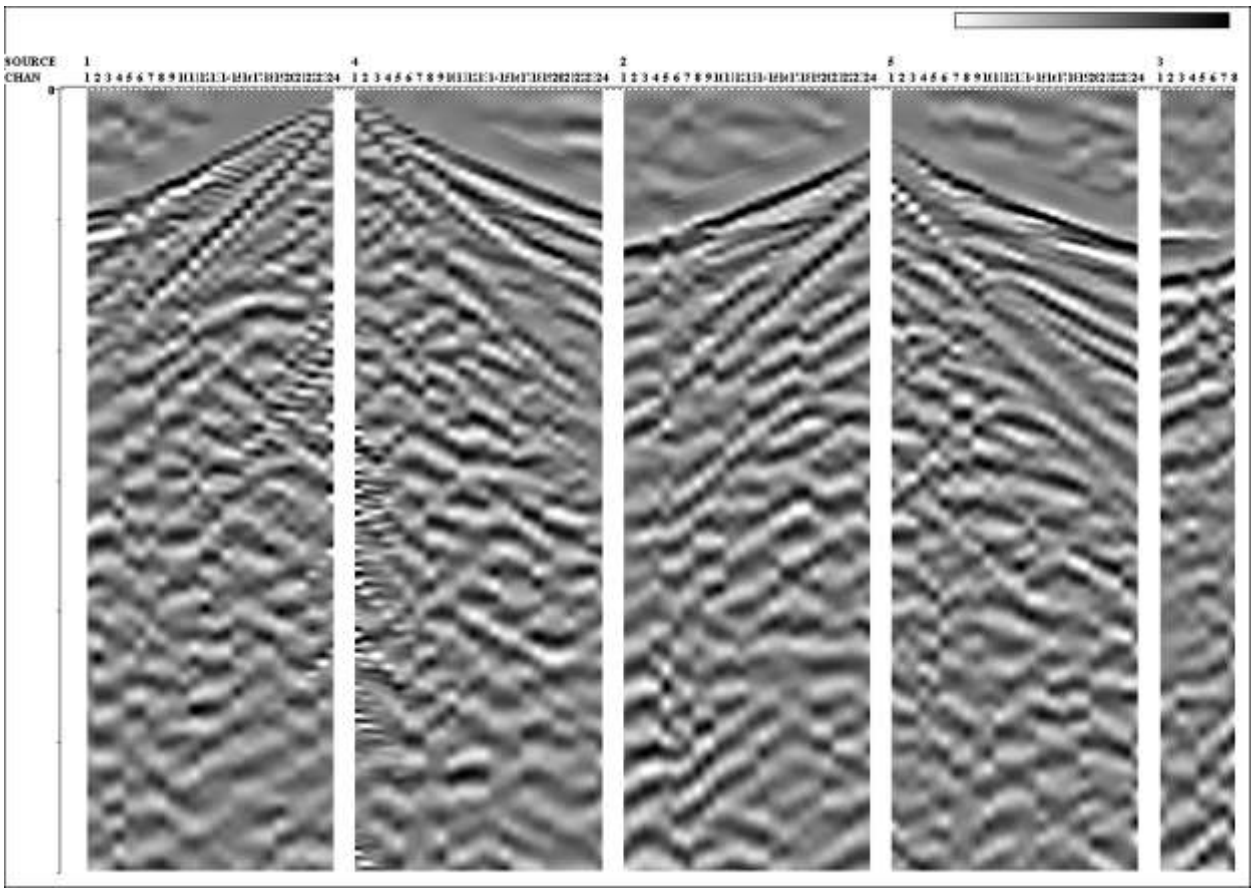


Рисунок 2.7 – Сейсмограмма, сейсмозонд № 3.

Качество полевых записей сейсмограмм позволило уверенно выполнить корреляцию целевых сейсмических волн по первым вступлениям, либо по первому амплитудному максимуму.

Проведен расчет скоростей (граничных, средних) и глубин до преломляющих горизонтов. Граничные скорости определялись способом кажущихся скоростей:

$$V_{Г} = 2 \bullet v_{к}^{'} \bullet v_{к}^{''} /(v_{к}^{'} + v_{к}^{''}) \qquad (2.2)$$

и с помощью разностного годографа:

$$t_p(x)=t_{1(X)}-t_{2(X)}+T_{вз} \qquad (2.3)$$

Средние скорости рассчитывались способом начальных точек:

$$V_{СР} = \sqrt{(X_N \bullet V_{ГР} \bullet COS\varphi / t_N} \qquad (2.4)$$

способом точек пересечения годографов:

$$V_{CP} = x / t \qquad (2.5)$$

Оба способа дают, как правило, заниженные скорости с погрешностью до 6%. Глубина залегания преломляющих горизонтов определялась по формуле:

$$h_1 = \frac{t_1 \bullet v_1}{2 \bullet \sqrt{1 - (v_1 / v_{гр})^2}} \qquad (2.6)$$

и с помощью эмпирической формулы, выведенной для линейного нарастания скорости с глубиной:

$$h_1 = \frac{x}{2} \bullet \sqrt{[v_k(x) - v_{ср}] / [v_k(x) + v_{ср}]} \qquad (2.7)$$

Средневзвешенная скорость для 20 метрового слоя рассчитывалась по формуле:

$$V_{взв} = \frac{20}{\frac{h_1}{V_1} + \frac{h_2}{V_2} + \frac{h_3}{V_3}} \qquad (2.8)$$

Инструментальная оценка сейсмоакустических свойств сейсмореализующего слоя явилась информационной базой для расчета приращений сейсмической интенсивности. Оценка приращений сейсмической интенсивности по методу акустических жесткостей выполнена на основе измерения скоростей распространения сейсмических волн и значений плотностей в верхней толще изучаемого и эталонного грунта с учетом влияния обводненности разреза и возможных резонансных явлений.

Расчеты выполнены по формулам:

$$J = J_0 + \Delta J_c + \Delta J_{угв}, + \Delta J_{рез} \qquad (2.9)$$

$$\Delta J_c = 1{,}67 \lg (V_{(p,s)} \rho_э / V_{(p,s)i} \rho_i) \qquad (2.10)$$

где: J – сейсмическая интенсивность в баллах с учетом местных условий, J_0 - исходная сейсмическая интенсивность в баллах в привязке к эталонным грунтам, ΔJ_c – приращение сейсмической интенсивности за счет различия акустических жесткостей грунтов на изучаемом и эталонном разрезе, $V_{(p,s)}$ и $V_{(p,s)I}$ - средневзвешенные значения скоростей распространения

продольных и поперечных волн для расчетной толщи на изучаемом и эталонном разрезе, $p_э$ и p_i – средневзвешенные значения плотностей на эталонном и изучаемом разрезе. ΔJугв = к $e^{-0,04h}$ - приращения сейсмической интенсивности за счет ухудшения сейсмических свойств при водонасыщении, где к- коэффициент, зависящий от литологического состава грунтов, h - расчетное положение уровня подземных вод; ΔJрез - приращения сейсмической интенсивности за счет резонансных явлений.

Мощность расчетной толщи сейсмореализующего слоя принята равной 20 метрам от поверхности.

Согласно СНиП II-7-81 и РСН 60-86: в качестве эталонных грунтов выбираны средние грунты, к которым условно относится величина исходного балла (6 баллов), определенная по карте сейсмического районирования территории России ОСР-97-А (период повторяемости сотрясений – 500 лет). В качестве эталонного грунта выбран гравийно-галечниковый грунт на пересечении улиц Карла Маркса и Профсоюзов (сейсмозонд №70), имеющие следующие параметры:

Vp= 721 м/с – скорость продольных волн;

ρ=1,8 г/$см^3$ – плотность грунта в естественном состоянии;

Результаты расчетов сотрясаемости методом акустических жесткостей приведены на Рисунок 2.8. Приращения сейсмической интенсивности относительно эталонного грунта приведены в Таблица 2.9.

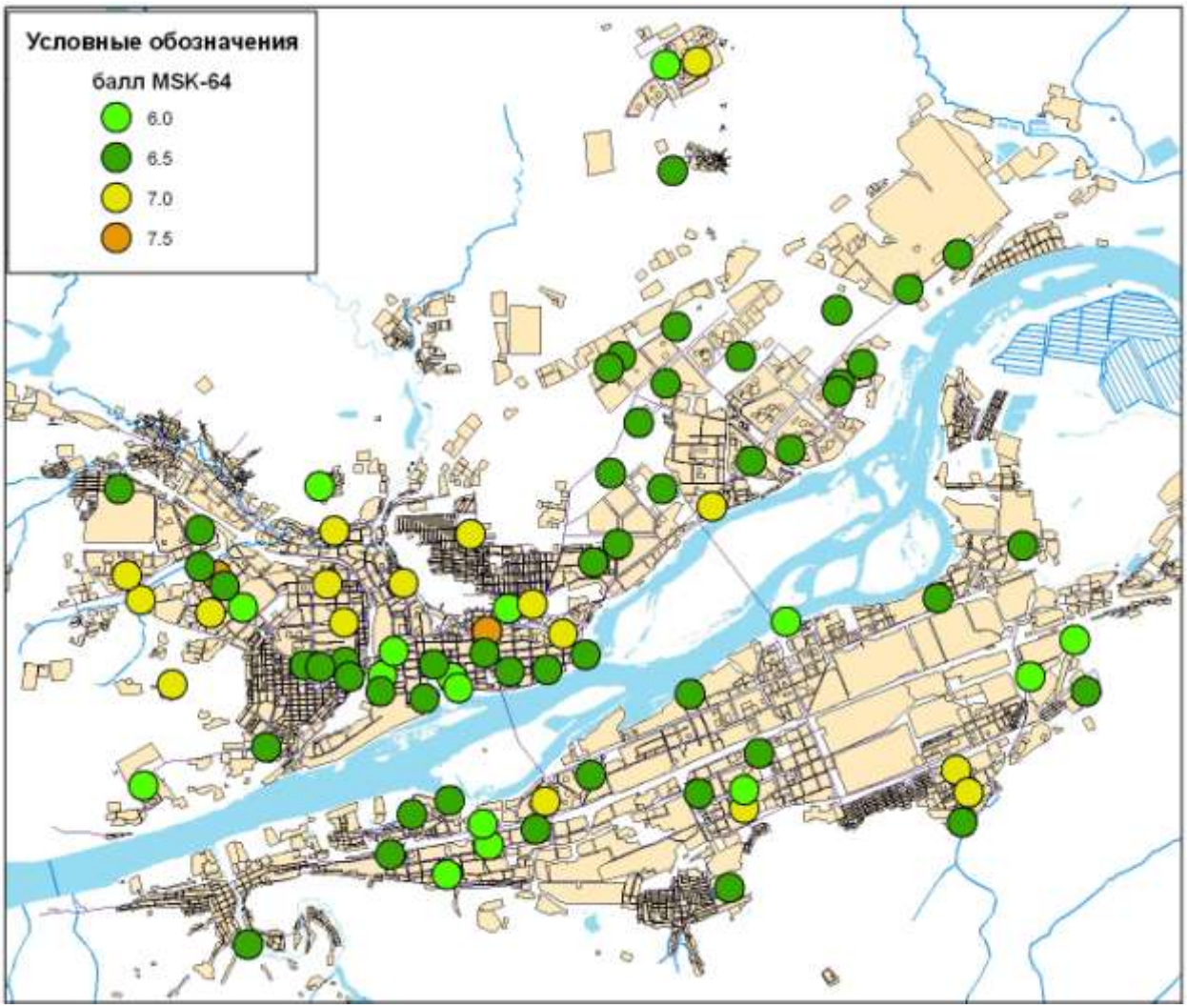


Рисунок 2.8 – Результаты расчетов сотрясаемости различных участков территории г. Красноярска методом акустических жесткостей.

Таблица 2.9 – Результаты расчетов приращения сейсмической интенсивности относительно эталонного грунта по методу акустических жесткостей

№ сейсмозонда	Средневзвешенная скорость распространения продольных упругих вон [м/с]	Средневзвешенная плотность [г/см^3]	Приращение сейсмической интенсивности [балл]
1	273	1.81	1.0
2	300	1.84	1.1
3	312	1.82	0.8
4	325	1.79	0.6
5	332	1.68	0.6
6	341	1.64	0.6
7	333	1.76	0.6
8	326	1.89	0.6
9	365	1.81	0.5
10	348	1.75	0.6
11	295	1.79	0.7
12	363	1.89	0.8
13	629	2.22	0.0
14	361	2.00	0.5
15	371	1.88	0.8
16	985	1.82	0.1
17	386	1.80	0.5
18	511	1.81	0.6
19	861	2.14	0.2
20	793	2.00	0.3
21	899	1.83	0.2
22	687	2.32	0.5
23	438	2.01	0.7
24	246	2.00	1.2
25	654	1.64	0.2
26	696	1.83	0.4
27	360	1.68	0.6
28	967	1.58	0.1
29	388	1.82	0.8
30	288	1.87	1.1
31	438	1.60	0.5
32	336	1.73	0.6
33	334	1.73	0.6
35	322	1.69	0.7
37	328	1.70	0.6
38	167	1.99	1.5
39	300	1.71	0.7
40	268	1.88	1.1
41	818	1.79	0.4
42	317	1.95	0.9
43	270	1.94	1.1
44	258	1.96	1.2
45	635	1.71	0.2
48	268	1.99	1.1
49	150	1.87	1.5
50	531	1.95	0.5

№ сейсмозонда	Средневзвешенная скорость распространения продольных упругих вон [м/с]	Средневзвешенная плотность [г/см^3]	Приращение сейсмической интенсивности [балл]
51	440	1.87	0.7
52	494	1.77	0.6
53	555	1.89	0.5
58	670	2.05	0.4
59	831	1.95	0.2
60	445	1.98	0.7
61	775	1.79	0.4
62	587	1.99	0.6
63	310	1.96	1.0
65	946	1.98	-0.2
66	1151	2.04	0.0
67	828	1.91	0.3
68	456	1.77	0.4
69	610	2.21	0.3
70 (эталон)	633	2.14	0
71	625	1.97	0.3
72	649	2.20	0.0
73	340	2.06	0.5
74	486	1.67	0.6
76	628	1.89	0.1
77	793	1.97	0.3
78	325	1.93	0.6
79	434	1.58	0.8
81	1120	1.92	-0.3
82	646	2.12	0.0
84	384	1.81	0.9
85	540	1.91	0.4
89	435	1.62	0.5
92	307	1.78	0.7
93	441	1.76	0.4
95	398	1.92	0.8
96	255	1.92	0.7
97	346	2.01	0.5
99	361	1.89	0.5
100	316	1.90	0.6
102	584	1.55	0.3
103	767	1.98	-0.1
109	361	1.77	0.5
110	547	2.10	0.1

2.4 Математическое моделирование сотрясаемости

Математическое моделирование позволяет количественно оценить амплитудно-частотный спектр реакции геологической среды на сейсмические воздействия сильных землетрясений.

В основу расчетов положена концепция учета не одного возможного сейсмического воздействия, а ансамбля воздействий с различными спектральными характеристиками в

зависимости от расположения зон ВОЗ (возможных очагов землетрясений) относительно исследуемой площадки. Сейсмические воздействия представлены ансамблем синтетических акселерограмм прогнозируемых землетрясений с различными, в зависимости от эпицентрального расстояния, глубины очага и его магнитуды, амплитудно-частотными характеристиками.

Методика включает в себя три основных блока:

- Утончение исходного балла сотрясаемости площадки по ОСР-97 (СНиП II-7-81*);
- Выделение вероятных очагов землетрясений и расчет синтетических акселерограмм;
- Математическое моделировании реакции геологической среды на ожидаемые землетрясения.

2.4.1 Утончение исходного балла сотрясаемости площадки

Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97, созданный в Объединенном институте физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук (РАН) в 1991–1997 гг. при участии многих институтов сейсмологического и геолого - геофизического профиля, включен в Строительные нормы и правила РФ (СНиП-II-7-81*) «Строительство в сейсмических районах» и принят в 2000 году Госстроем России в качестве нормативного документа, выполнение которого является обязательным для всех проектных и строительных организаций, осуществляющих работы на территории страны [Комплект…, 1999; Уломов, Шумилина, 1999; Сейсмическое…, 2000; СНиП…, 2000].

Общее сейсмическое районирование впервые осуществлено для всей Северной Евразии, включая платформенные территории и шельфы окраинных и внутренних морей. Комплект ОСР-97, включенный в СНиП-II-7-81*, состоит из трех карт – ОСР-97А, ОСР-97В и ОСР-97С, позволяющих оценивать степень сейсмической опасности для объектов разных сроков службы и категорий ответственности на трех уровнях вероятности – 90% (карта А), 95% (карта В) и 99% (карта С) не превышения (или 10%, 5% и 1% возможного превышения) в течение 50 лет расчетной сейсмической интенсивности сотрясений в баллах шкалы MSK-64, указанных на каждой из этих карт для средних грунтовых условий (грунты II категории по СНиП II-7-81*). Согласно такому подходу к оценке сейсмической опасности, карта ОСР-97А соответствует 500-летнему периоду повторяемости указанного на ней сейсмического эффекта, карта ОСР-97В – 1000- и карта ОСР-97С – 5000-летнему периодам повторяемости сотрясений. Для особо ответственных строительных объектов, таких как атомные станции, составлена карта ОСР-97D, соответствующая 10000-летнему периоду повторяемости ожидаемого сейсмического эффекта и 0.5%-ной вероятности возможного его превышения в течение 50 лет [Федеральные…, 2001].

В соответствии с редакцией Строительных норм и правил (СНиП II-7-81*), введенных в действие с 1 января 2000 года и постановлением Госстроя России от 27.12.99 №91 (в связи со сменой парадигмы сейсмического районирования, когда вместо одной традиционной карты ОСР составлен комплект карт ОСР-97 (A, B, C), характеризующих разную степень сейсмической опасности), в действующий с 1981 г. СНиП II-7-81 внесены определенные изменения, учтенные в СНиП II-7-81* и представленные, в частности, в Таблица 2.10

Таблица 2.10

Характеристика карты	Рекомендуемые объекты строительства
Карта A Вероятность превышения указанных на карте значений сейсмической интенсивности для соответствующих территорий в течение 50 лет - 10%.	Массовое строительство жилых, общественных и производственных зданий (сооружений), кроме указанных в п. 2.
Карта B Вероятность превышения указанных на карте значений сейсмической интенсивности для соответствующих территорий в течение 50 лет - 5%.	Объекты повышенной ответственности: - здания и сооружения, эксплуатация которых необходима при землетрясении или при ликвидации его последствий (системы энерго- и водоснабжения, пожарные депо, сооружения связи и т. п.); - здания, с одновременным пребыванием в них большого числа людей (вокзалы, аэропорты, театры, цирки, концертные залы, крытые рынки, спортивные сооружения); больницы, школы, дошкольные учреждения; здания высотой более 16 этажей; другие здания и сооружения, отказы которых могут привести к тяжелым экономическим, социальным, экологическим последствиям.
Карта C Вероятность превышения указанных на карте значений сейсмической интенсивности для соответствующих территорий в течение 50 лет - 1%.	Особо ответственные объекты, в том числе из числа указанных в п. 2 по решению заказчика или соответствующего органа исполнительной власти.

На основе использования электронной базы данных ОСР-97, имеющейся в НП «ЭЦ РОПР», рассчитана исходная (фоновая) сейсмическая интенсивность г. Красноярска в баллах шкалы MSK-64 с периодом повторения 500, 1000, 5000 лет:

Период, лет	**балл MSK-64**
500	6,01
1000	6,52
5000	7,52

Однако в рамках данной работы математическое моделирование проводилось только для периода повторяемости 500 лет - Карта ОСР-97-А для массового строительства жилых, общественных и производственных зданий.

2.4.2 Выделение вероятных очагов землетрясений и расчет синтетических акселерограмм.

Согласно методике ОСР-97 сейсмичность территории задается линеаментно-доменно-фокальной (ЛДФ) моделью содержащей основные структурные элементы (зоны ВОЗ) трех типов – линеаменты (L), отражающие концентрированную (структурированную) сейсмичность; домены

(D), характеризующие рассеянную, сейсмичность; потенциальные очаги (F) землетрясений, выявляющие наиболее опасные участки и, как правило, приуроченные к линеаментным структурам. Зоны ВОЗ классифицировались по магнитуде *M* с шагом 0,5 единицы магнитуды. Верхний порог магнитуды (M_{max}) определялся реальной сейсмогеодинамической обстановкой. Наиболее опасные для Красноярской агломерации очаговые зоны это домен D300 и линеамент L580 (Рисунок 2.9).

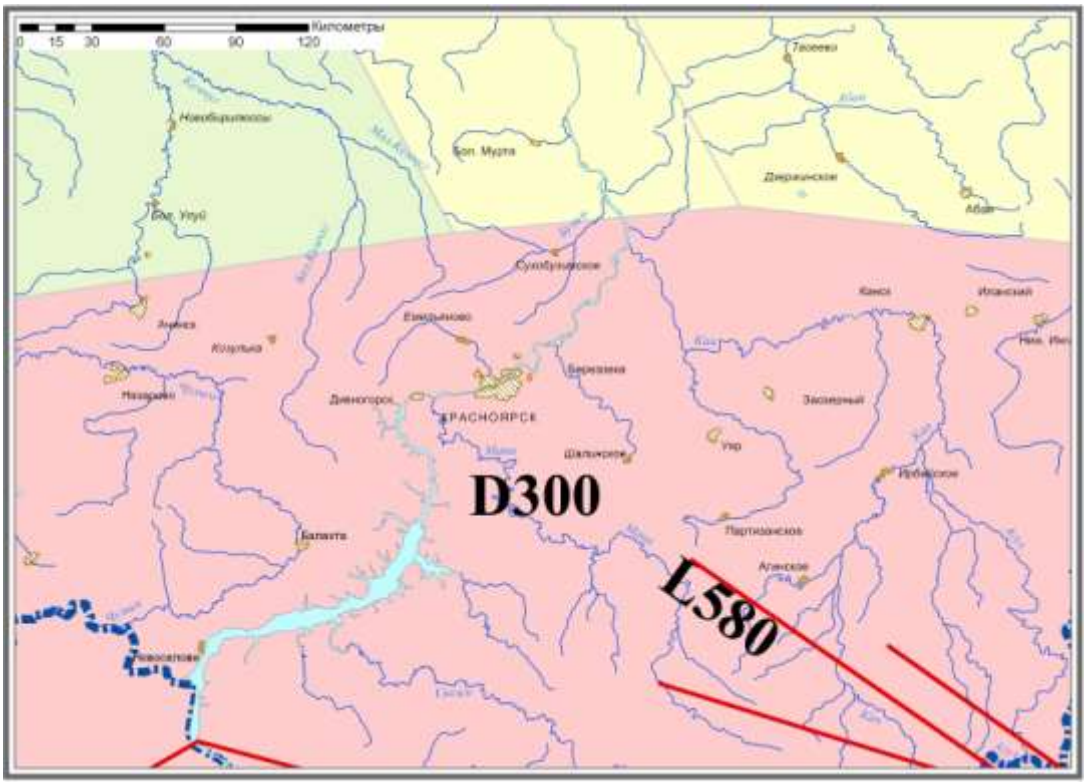


Рисунок 2.9 - Зоны ВОЗ наиболее опасные для Красноярской агломерации.

Основные характеристики зон ВОЗ даны в Таблица 2.11.

Таблица 2.11 - Таблица исходных количественных характеристик сейсмических воздействий на территории г. Красноярск (для грунтов II категории)

Зоны ВОЗ	Магнитуда Mmax	Эпицентральн. расстояние Δ, км	Min глубина очага H, км	a_{max}, см/с^2	Ta_{max},с	τ,с
Линеамент 580	6.5	100	2	43	0.38	12.6
Домен 300	5.5	0	2	881	0.10	1.1

Синтетические акселерограммы рассчитываются при помощи алгоритма, разработанного Ратниковой Л.И. Полное описание программного обеспечения по прогнозу сейсмической реакции среды в рамках методики расчета для тонкослоистых сред, реализованного на языке программирования FORTRAN – 4 в операционной системе MS DOS версии 3.30, изложено в отчете “Автоматизированная система моделирования сейсмической реакции среды на основе

комплексных расчетных методов для СМ ЭВМ и ”. Работа выполнялась сотрудниками ВСТИСИЗа в рамках тематики по “Перечню работ по созданию и использованию в проектировании межотраслевых программных средств для вычислительной техники, систем автоматизированного проектирования и систем обработки информации на 1990 год”, в соответствии с письмом Госстроя РСФСР № 3-30/145 от 27.03.90 г.

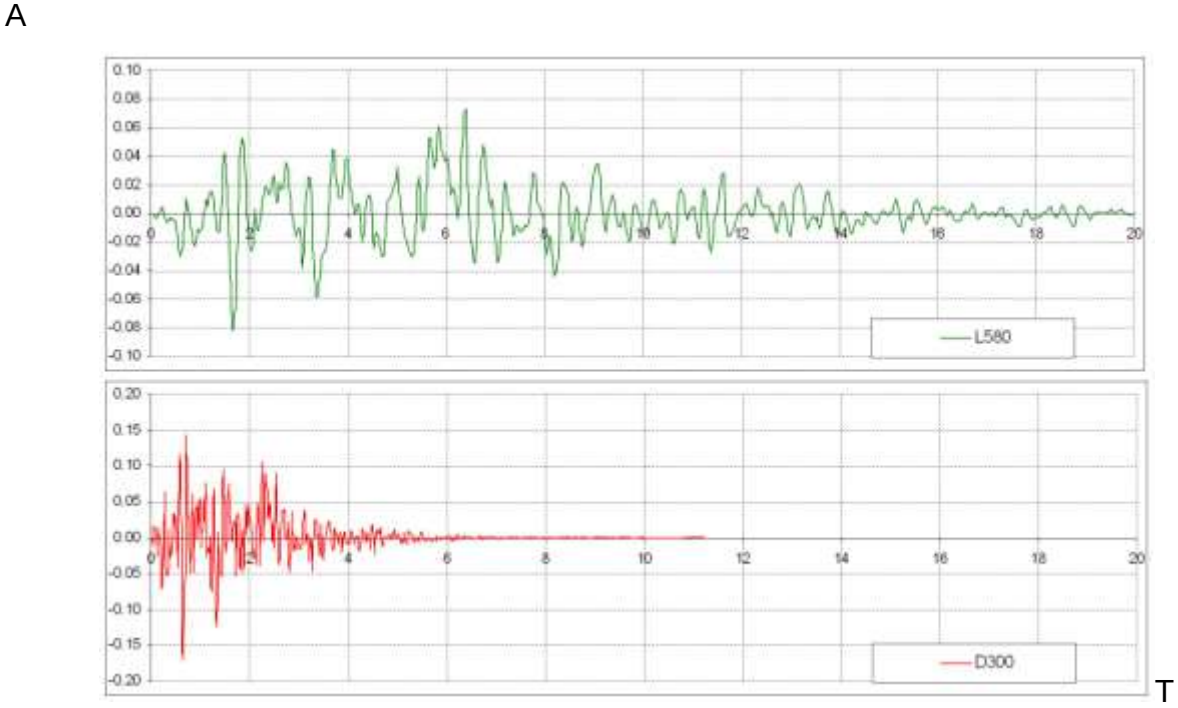


Рисунок 2.10 - Синтетические акселерограммы для зон ВОЗ.

2.4.3 Математическое моделировании реакции геологической среды на ожидаемые землетрясения.

Численное моделирование реакции геологической среды на сильные землетрясения осуществлялось по программе NERA, представляющей модифицированный алгоритм программы SHAKE-91, разработанной в США.

В основу моделирования положено определяющее влияние на сейсмические свойства грунтов следующих факторов:

- скорости распространения продольных и поперечных волн в различных грунтовых комплексах,

- плотностные характеристики грунтов в естественном залегании;

- состав и мощность толщи рыхлых (четвертичных отложений);

- состав и степень сохранности пород коренной основы, принимаемых при дальнейших расчетах за упругое полупространство.

Расчеты реакционных свойств геологическойсреды были проведены для 85 точек в пределах города (Рисунок 2.11).

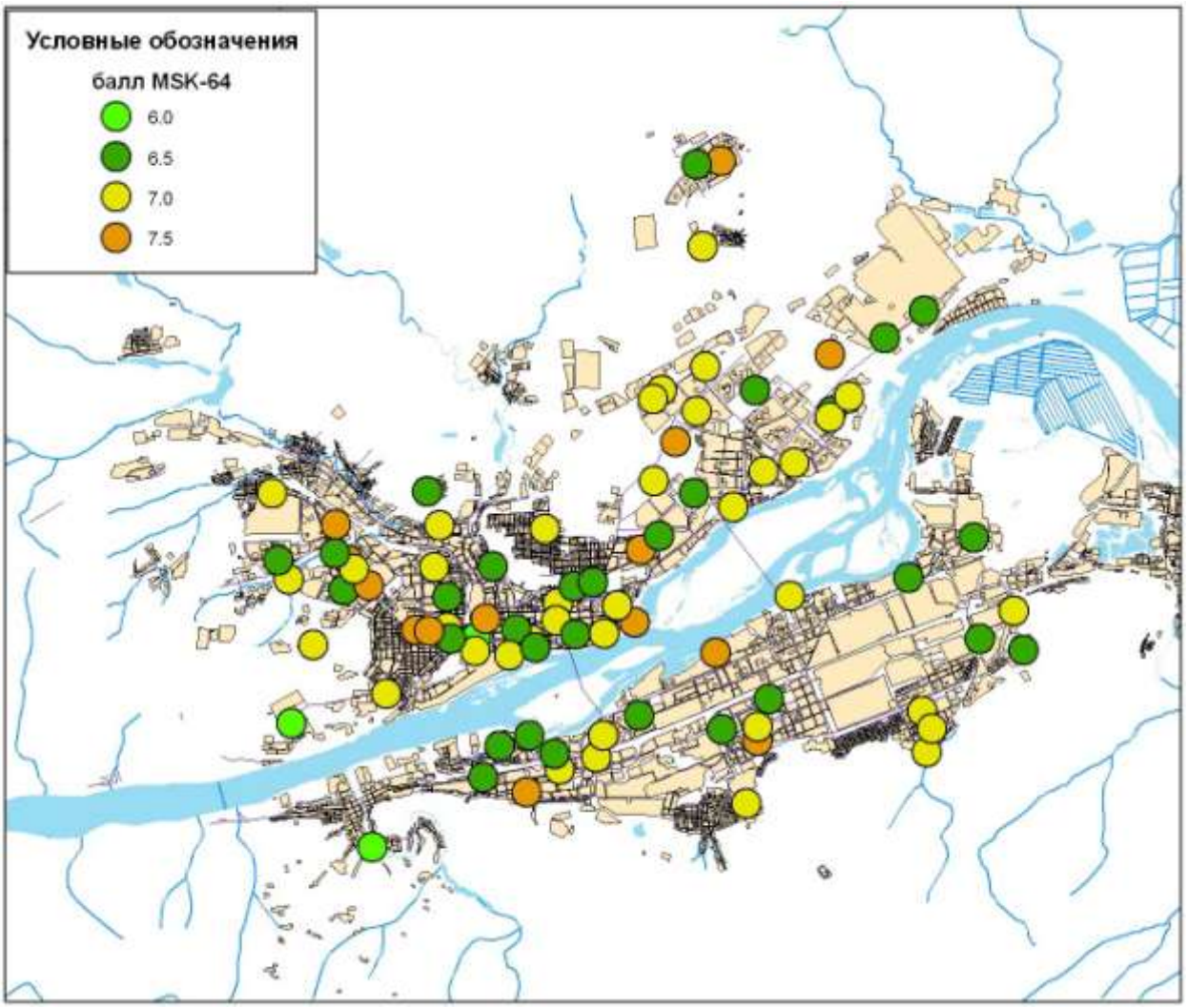


Рисунок 2.11 - Результаты расчетов сотрясаемости.

Результаты расчетов представлены в Таблица 2.12.

Таблица 2.12

Имя	LON	LAT	a_{max}, (g)	Балл	Имя	LON	LAT	a_{max}, (g)	Балл
1	92.81806	56.02451	0.101	7.0	45	92.76110	55.98941	0.040	5.7
2	92.84153	56.02484	0.064	6.4	48	92.78184	56.01948	0.074	6.6
3	92.82331	56.01786	0.083	6.7	49	92.78370	56.02605	0.155	7.6
4	92.97730	56.05953	0.068	6.4	50	92.77855	56.03400	0.147	7.6
5	92.94982	56.04611	0.087	6.8	51	92.94296	55.97183	0.091	6.9
6	92.97641	56.07237	0.140	7.5	52	92.75317	56.04095	0.092	6.9
7	92.90924	56.06428	0.118	7.2	53	92.89839	56.01237	0.122	7.3
8	92.90598	56.04389	0.093	6.9	58	92.83790	55.97756	0.068	6.4
9	92.92643	56.06949	0.102	7.0	59	92.86838	55.97932	0.098	7.0
10	92.90555	56.06232	0.091	6.9	60	92.95217	55.99521	0.083	6.7
11	92.94631	56.06430	0.070	6.5	61	92.90008	55.9915	0.062	6.3
12	92.86246	56.03323	0.106	7.1	62	92.79384	55.96185	0.046	5.9
13	92.85683	56.00845	0.101	7.0	63	92.88582	55.98695	0.104	7.1

14	92.92309	56.05953	0.086	6.8	65	92.94772	55.98885	0.088	6.8
15	92.93286	56.11565	0.147	7.6	66	92.86656	55.98289	0.068	6.4
16	92.92296	56.11491	0.065	6.4	67	93.00776	56.02230	0.080	6.7
17	92.92533	56.0966	0.108	7.1	68	92.86691	56.01271	0.092	6.9
18	92.81107	56.01051	0.147	7.6	69	92.85116	56.01063	0.076	6.6
19	92.85535	55.97413	0.136	7.4	70	92.83510	56.00871	0.050	6.0
20	92.84445	55.98458	0.084	6.7	71	92.83465	56.00589	0.103	7.0
21	92.85619	55.98699	0.066	6.4	72	92.83881	56.01299	0.130	7.4
22	92.883	55.982	0.094	6.9	73	92.82480	56.00850	0.062	6.3
23	92.93344	55.98823	0.064	6.4	74	92.81607	56.01020	0.128	7.4
24	92.94774	55.98578	0.133	7.4	76	92.79187	56.02045	0.121	7.3
25	92.96061	56.01820	0.115	7.2	77	92.78605	56.02418	0.111	7.2
26	93.03407	56.03132	0.083	6.7	78	92.77856	56.02756	0.082	6.7
27	93.0152	55.9833	0.114	7.2	79	92.93762	56.03819	0.091	6.9
28	93.05018	56.01496	0.105	7.1	81	92.87405	56.02038	0.061	6.3
29	93.01349	55.99244	0.114	7.2	82	92.81542	56.04156	0.072	6.5
30	93.01719	55.98849	0.105	7.1	84	92.88162	56.02124	0.077	6.6
31	93.05376	56.00610	0.129	7.4	85	92.84835	56.00480	0.111	7.2
32	93.05376	56.00611	0.061	6.3	89	92.88630	56.00975	0.099	7.0
33	92.97656	56.05828	0.093	6.9	92	92.96201	56.04803	0.107	7.1
35	92.98425	56.06291	0.105	7.1	93	92.90075	56.02846	0.137	7.5
37	92.91462	56.05271	0.153	7.6	95	92.89136	56.01599	0.093	6.9
38	92.86767	56.01653	0.101	7.0	96	92.90818	56.03169	0.081	6.7
39	92.82346	56.01112	0.092	6.9	97	92.87484	56.00952	0.082	6.7
40	92.82010	56.03382	0.099	7.0	99	92.99845	56.07601	0.081	6.7
41	92.79921	55.99614	0.090	6.8	100	93.01401	56.08208	0.079	6.7
42	92.76997	56.00711	0.108	7.1	102	92.93077	56.00556	0.140	7.5
43	92.75998	56.02168	0.107	7.1	103	93.03645	56.00868	0.060	6.3
44	92.75581	56.02600	0.069	6.5	109	92.92212	56.04121	0.082	6.7
					110	92.8587	56.0066	0.060	6.3

2.5 Разработка схемы районирования г. Красноярска и прилегающей территории на основе оценки геодинамических рисков (Масштаб 1 : 100 000)

Полученные результаты сопоставлены со схемой ……..территории Иркутска (Вост-СибТИСИЗ), утвержденной бывшим Госстроем РСФСР в 1988 г. Карта также была "разделена" на соответствующее число совпадающих по площади и границам квадраты. На рис. 5.7 приведено сопоставление результатов. Полная идентичность в баллах зафиксирована на 43 % площади; расхождение от 0.5 до 1 балла составило 57 % площади. Если же расхождение в 0.5 балла не принимать во внимание, то сходимость результатов фиксируется на 90 % площади. Это очень высокая сходимость конечных результатов.

Сопоставление показало полную пригодность и экономическую целесообразность использования РШСИ для оценки потенциальной сейсмической опасности территорий, особенно тех, где по инженененерно-геологическим и экономическим причинам нет возможности провести микросейсмическое районирование на инструментальной основе, которое хорошо согласуется с

новыми картами под редакцией В.Н. Страхова и В.И. Уломова [Комплект карт..., 1999]. Рекомендуется использовать геодинамические методы анализа интенсивности произошедших и вероятных сейсмических событий и для оценки сейсмического риска. Изложенное является серьезной аргументацией целесообразности введения в РШСИ геодинамических методов анализа сейсмической опасности территорий

3 Создание базы данных акселерограмм вероятных очагов землетрясений, определяющих сейсмичность территории г. Красноярска

3.1 Регистрация акселерограмм сейсмических событий в Красноярском крае, респ. Хакасия, респ. Тыва, респ. Горный Алтай

В рамках выполнения инновационного проекта №106 специалистами ЭЦ РОПР развернута сеть региональных режимных пунктов сейсмических наблюдений (Рисунок 3.1). Сеть организована с учетом действующих в регионе мониторинговых сетей и конструирована по принципу аддитивности на условиях соглашения об обмене информацией с местными организациями, ведущими в регионе исследования соответствующего профиля.

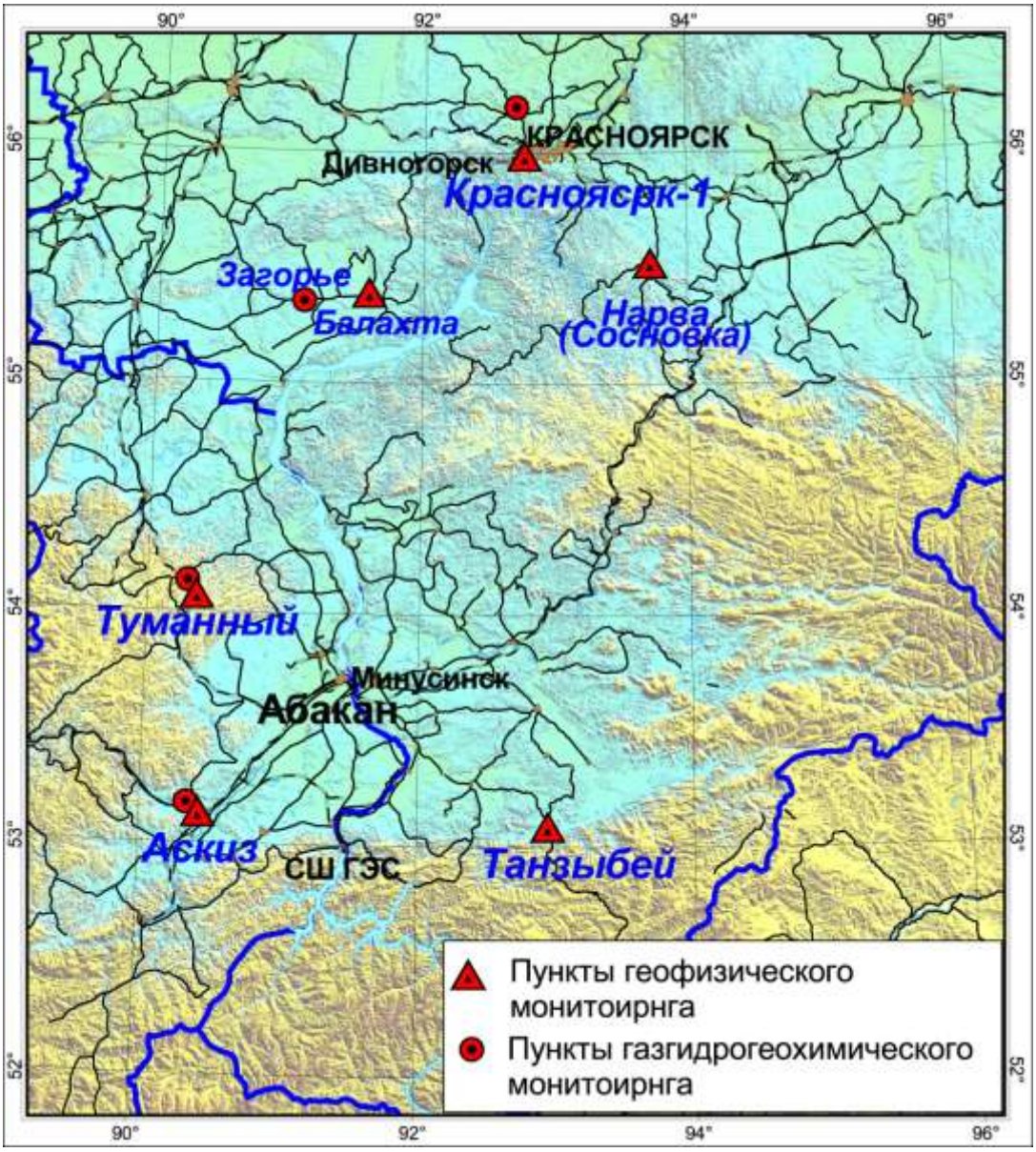


Рисунок 3.1 - Схема сети геодинамического мониторинга.

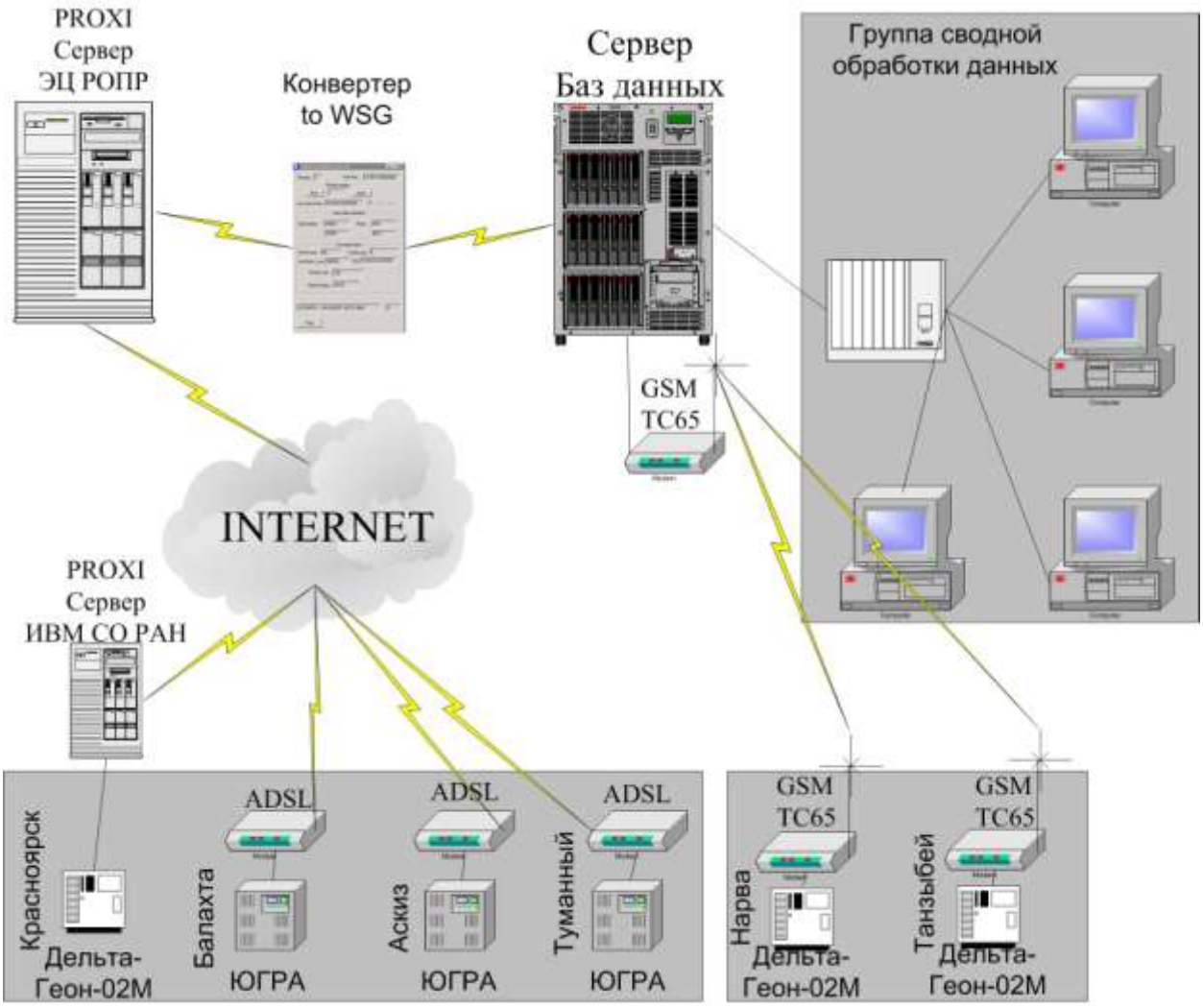


Рисунок 3.2 - Структурная схема сбора и обработки сейсмических данных.

На Рисунок 3.2 представлена схема передачи и сбора сейсмических данных, регистрируемых в ходе работы 6 сейсмических режимных пунктов геодинамического полигона. На станциях «Балахта», «Туманный», «Аскиз» в качестве регистраторов сейсмических сигналов используется аппаратура «Югра», передача данных осуществляется по высокоскоростным каналам доступа в сеть интернет по технологии ADSL, что позволило вести мониторинг сейсмического поля в режиме близкому к реальному времени. Данные с сейсмостанции «Красноярск» так же оперативно поступают на сервер баз банных ЭЦ РОПР благодаря подключению регистрирующей аппаратуры «Дельта-Геон» к сети ИВМ СО РАН, имеющей высокоскоростной выход в интернет. Регистраторы сейсмических сигналов «Дельта-геон», установленные на ПН «Сосновка» и «Танзыбей», работают в режиме «по обнаружению»,

применяемый на данных станциях алгоритм обнаружения позволяет регистрировать сейсмические события с энергетическим классом K ≥8. Передача осуществляется по коммутируемым GSM-каналам сотовых операторов с максимальной скоростью передачи данных 9600 Кбит/сек.

Информация со всех постов поступает на сервер ЭЦ РОПР, после чего конвертируется и заносится в базу данных программы обработки сейсмических данных WSG. Утилита WSG View на мониторе оператора отображает поступающие на сервер сейсмические данные в режиме близкому к реальному времени (Рисунок 3.3).

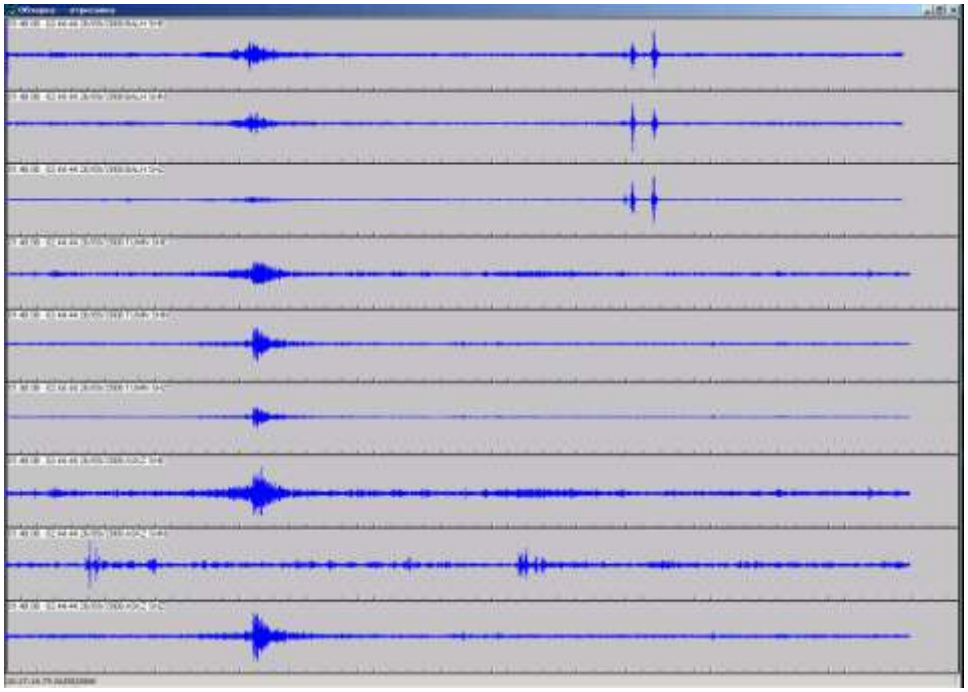


Рисунок 3.3 - Использование программы WSG View для мониторинга сейсмической обстановки

3.2 Определение параметров очагов землетрясений (эпицентральное и гипоцентральное расстояния, магнитуда события)

Обработка всей информации поступающей с сети станций ведется при помощи программного комплекса WSG, предназначенного для анализа сейсмических сигналов и получения оценок параметров гипоцентров сейсмических событий как по записям одной станции, так и по группе станций. Этот программный комплекс используется в качестве рабочего места сейсмолога как на отдельных сейсмических станциях, так и в информационно-обрабатывающих центрах (ИОЦ).

Программа WSG является совместной разработкой Центральной опытно-методической экспедиции Геофизической службы РАН (ЦОМЭ ГС РАН) и НПП "Геотех". Программа

представляет собой модуль, работающий под управлением операционной среды WINDOWS 95/98/NT/2000/XP.

Программа WSG используется ЭЦ РОПР для получения параметров землетрясений, регистрируемых цифровыми сейсмическими станциями сети в режиме, близком к реальному времени. Программа работает с данными, предварительно занесенными в базу сейсмических записей и преобразованными во внутренний формат WSG. В настоящее время разработаны конверторы (программы-преобразователи) для занесения в базу данных сейсмических станций Дельта-Геон-02М.

Цель обработки: получить наиболее полную информацию о сейсмических событиях в непрерывном потоке записи или ее фрагментов одной трехкомпонентной или нескольких станций.

Обработка записей одиночной станции состоит из:

1. выделения основных сейсмических фаз;
2. определения их кинематических и динамических характеристик;
3. определения знака первого движения, эпицентрального расстояния;
4. оценки азимута на эпицентр, а также энергетической (магнитудной) оценки события;
5. составления станционной сводки для последующего анализа.

Первичная обработка сейсмической записи традиционно состоит из следующих последовательных этапов:

- качественный анализ записи;
- определение моментов вступлений сейсмических волн;
- определение эпицентрального расстояния и азимута на эпицентр;
- определение знаков и четкости вступлений сейсмических волн;
- измерение амплитуд и периодов сейсмических волн.
- для локальных и региональных событий дополнительно при условии возможности оценки эпицентрального расстояния производится определение значения энергетического класса и локальной магнитуды.

Качественный анализ записи

Обработка цифровых записей начинается с качественного анализа с целью определения типа события (является ли землетрясение местным (локальным), близким (региональным) или удаленным (телесейсмическим)). Записи короткопериодных приборов (с частотой дискретизации 40-100Гц) определяют спектр колебаний. Однако сильные и близповерхностные события могут иметь более длиннопериодный вид записи, поэтому они могут быть хорошо записаны также на записях широкополосных приборов. Для обнаружения слабых локальных и региональных событий (или записанных на фоне высокоамплитудных микросейсм) следует использовать полосовую

фильтрацию, диапазон частот которой определяется экспериментально для каждой станции и может меняться в течение времени суток, в зависимости от микросейсмического фона. Наиболее полную волновую картину наилучшим образом можно исследовать на 3-х-компонентных записях.

Основные признаки локальных и региональных событий:

- **Преобладание высоких частот** в частотном составе (особенно для локальных событий), они могут достигать 100 Гц.
- **Небольшая длительность записи** на короткопериодных каналах - от нескольких секунд до нескольких минут; длительность записи наиболее сильных событий может десяток минут.
- **Основные сейсмические фазы**, выделяемые на записях, могут быть трех типов: **продольные, поперечные и поверхностные**. Эти волны различаются между собой, прежде всего, скоростью распространения. В одной и той же среде она убывает в порядке их перечисления здесь. Скорость **продольных волн** может изменяться от ~ 5 км/сек до 8.2 км/сек, скорость **поперечных волн** ниже примерно в 1.73-1.78 раз. **Скорость поверхностных волн** самая низкая и может достигать 2 км/сек.
- Периоды продольных и поперечных волн малы, обычно между несколькими долями секунды и 3 с, периоды поверхностных волн достигают 10-12 с. Начало поверхностных волн, как правило, трудно наблюдать из-за маскировки волнами S, имеющими на коротких расстояниях большие амплитуды. Для выделения начала поверхностной волны требуется фильтрация в полосе частот, смещенной в более низкую область (например, 0.4-0.8 Гц). Обычно на записях близких землетрясений хорошо выделяется максимальная фаза в поверхностной волне Релея (LRM) по составляющей Z.
- **Самые большие амплитуды** в записях близких событий имеют обычно коровые **каналовые волны Lg**, а в случае близповерхностных событий - короткопериодная основная **мода волн Рэлея Rg**. *Lg* -волны имеют короткопериодные (1 - 6 с) вступления с большими амплитудами и с преобладающим поперечным движением [3]. *Lg* - волны распространяются вдоль поверхности со скоростями, близкими к средней скорости поперечных волн в верхней части континентальной коры.
- Важнейшие сейсмические фазы для локальных и региональных сейсмических событий - Pg, Pn и Sg, Sn, которые наилучшим образом записываются на вертикальных (Pg, Pn) и горизонтальных компонентах (Sg, Sn). В континентальных областях Pg - первые вступления на эпицентральных расстояниях примерно до 150 (180) км. За этим (далее) расстоянием Pn догоняет Pg. Для грубой быстрой оценки эпицентрального расстояния Δ [км] локальных событий умножаем разность времени Sg-Pg [с].

За период проведения данных работ зарегистрировано на территории АССО зарегистрировано 243 землетрясения (Рисунок 3.4).

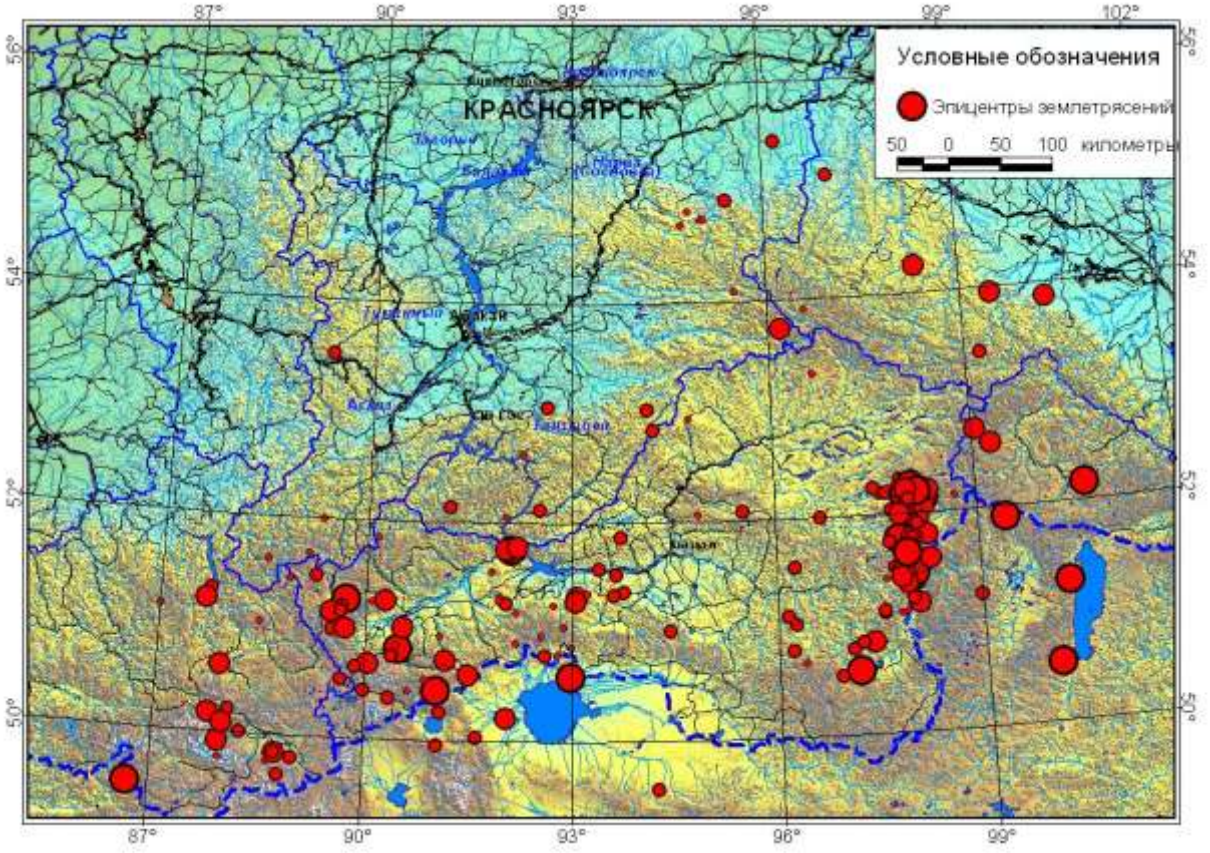


Рисунок 3.4 - Сейсмичность АССО за II и III кварталы 2008 г.

3.3 Ведение базы акселерограмм

Для формирования базы данных в рамках данной работы за основу базы сейсмологических данных была взята широко распространенная сейсмологическая база данных CSS 3.0.

Все операции записи, запросов, обновления и удаления данных в таблицах базы осуществляются при помощи ODBC (Open DataBase Connectivity) драйвера. Это гарантирует целостность данных и производит обработку возможных ошибок. Все манипуляции с файлами операционной системы (создание, запись, удаление), осуществляются с АРМ сейсмолога (Автоматическое Рабочее Место).

Состав и структура таблиц базы данных разработаны с максимальным учетом специфики задач, возлагаемых на информационно-обрабатывающие центры.

Таблица базы данных **site** содержит в себе общую информацию о станциях сети геофизических наблюдений.

Таблица базы данных каналов **channel** предназначена для хранения всей информации о каналах станции, необходимой для решения задач функциональной обработки. Данная база данных должна заполняться на этапе развертывания конкретной сети сейсмологических наблюдений. В дальнейшем она может корректироваться при изменении характеристик отдельных каналов, удалении старых или добавлении новых каналов регистрации геофизической информации.

Оперативная таблица базы данных **wfdisk** предназначена для хранения информации о фрагментах волновых форм, физически расположенных на жестких дисках ПЭВМ. Структура данной базы практически аналогична заголовочной части файлов с фрагментами волновых форм. Оперативная база данных должна автоматически заполняться по мере поступления и записи на диски новых файлов с данными. При этом информация о фрагментах волновых форм берется непосредственно из заголовочной части файлов.

Таблица базы данных архива **wftape** предназначена для хранения информации о фрагментах волновых форм, записанных на внешние носители данных (гибкие магнитные диски, компакт-диски, магнито-оптические носители и т.п). Для данной базы используется структура, аналогичная оперативной базе данных фрагментов волновых форм, с дополнительной информацией о носителях. База данных **wftape** заполняется на этапе перемещения фрагментов волновых форм из оперативной базы на архивные носители данных.

Таблица базы данных **phase** предназначена для хранения информации о скоростных и временных годографах различных фаз сейсмических сигналов. Данная база призвана обеспечить оптимальную настройку программ расчета гипоцентров с учетом региональных особенностей среды распространения сигналов.

Таблица базы данных **arrival** предназначена для хранения информации о сейсмических сигналах, выделенных в результате работы процедур оперативной обработки, а также на этапе диалоговой обработки цифровых сейсмических записей.

Таблица базы данных **origin** предназначена для хранения информации о сейсмических источниках. Данная база заполняется по результатам работы процедур расчета параметров гипоцентров сейсмических возмущений.

Таблица базы данных **assoc** предназначена для хранения информации о сейсмических фазах, ассоциированных на принадлежность к одному источнику. Данная база пополняется по результатам решения постдетекторных процедур ассоциации фаз и оценки параметров гипоцентра, в результате которых выявляются сейсмические сигналы, зарегистрированные станциями сети от одного источника.

Таблица базы данных **comment** предназначена для хранения комментариев. В данную таблицу заносится информация характеризующее происхождение сейсмического события (естественное или техногенное).

За время выполнения работ в базу акселерограмм ЭЦ РОПР внесено 1464 записей землетрясений.

4 Построение спектров затухания сейсмического сигнала в зависимости от расстояния до очага и от магнитуды события

При региональных оценках сейсмической опасности важным понятием является связь балл (ускорение)-магнитуда-расстояние. Скорость затухания интенсивности сейсмических колебаний с расстоянием зависит от свойств геологической среды, глубины гипоцентра землетрясения, и магнитуды землетрясения. В соответствии с этим введено понятие "макросейсмическое поле", под которым понимается ограниченная часть земной поверхности, в каждой точке которой может быть определено значение макросейсмической интенсивности, создаваемой источником поля - очагом землетрясения. Общее уравнение макросейсмического поля в точке на расстоянии Δ от пункта наблюдения имеет вид (по Н.В. Шебалину):

$$I = b \cdot M - v \cdot \log \sqrt{\Delta^2 + h^2} + c \qquad (4.1)$$

где M - магнитуда по поверхностным волнам; h - глубина очага; b, v, c - константы. Для условий Алтае-Саянской Сейсмоактивной области предложены значения 1.5, 4.0, 4.0. Основной характеристикой макросейсмических эффектов является их общий уровень при ощутимых или разрушительных землетрясениях, называемый макросейсмической интенсивностью или балльностью.

При генерализованных оценках сейсмической опасности для больших территорий использование подобных оценок вполне допустимо, однако проведение детального- и микросейсморайонирования требует более внимателоного подхода к этому вопросу. При длительных мониторинговых наблюдениях в сейсмически-активных регионах полученная статистика позволяет построить для каждой очаговой зоны свою модель сейсмического эффекта, при этом используются как инструментальные данные, так и анализ макросейсмических эффектов от сильных землетрясений. Такой подход позволяет более обоснованно подойти к вероятностной оценке сотрясаемости конкретной территории.

Для территории Красноярского края подобная статистика только начинает накапливаться. В настоящее время региональной сейсмической сетью, в потенциально опасном для Красноярского края регионе регистрируется ежегодно порядка 1500 землетрясений, из них 2-3 ощутимых. Развернутая ЭЦ РОПР региональная сейсмическая сеть (Рисунок 3.1) ориентирована таким образом, что бы максимально полно регистрировать сейсмичность территории и оценивать геодинамические свойства земной коры.

В рамках данной работы проанализированы записи цифровых станций за последние 5 лет и макросейсмические исследования 2000 и 2004 гг., рассчитаны зависимости затухания для землетрясений с магнитудой 5.5 (за последние 5 лет подобные землетрясения ощущались в Красноярске 2 раза) для ближайшего к г. Красноярску линеамента L580 (Рисунок 4.1).

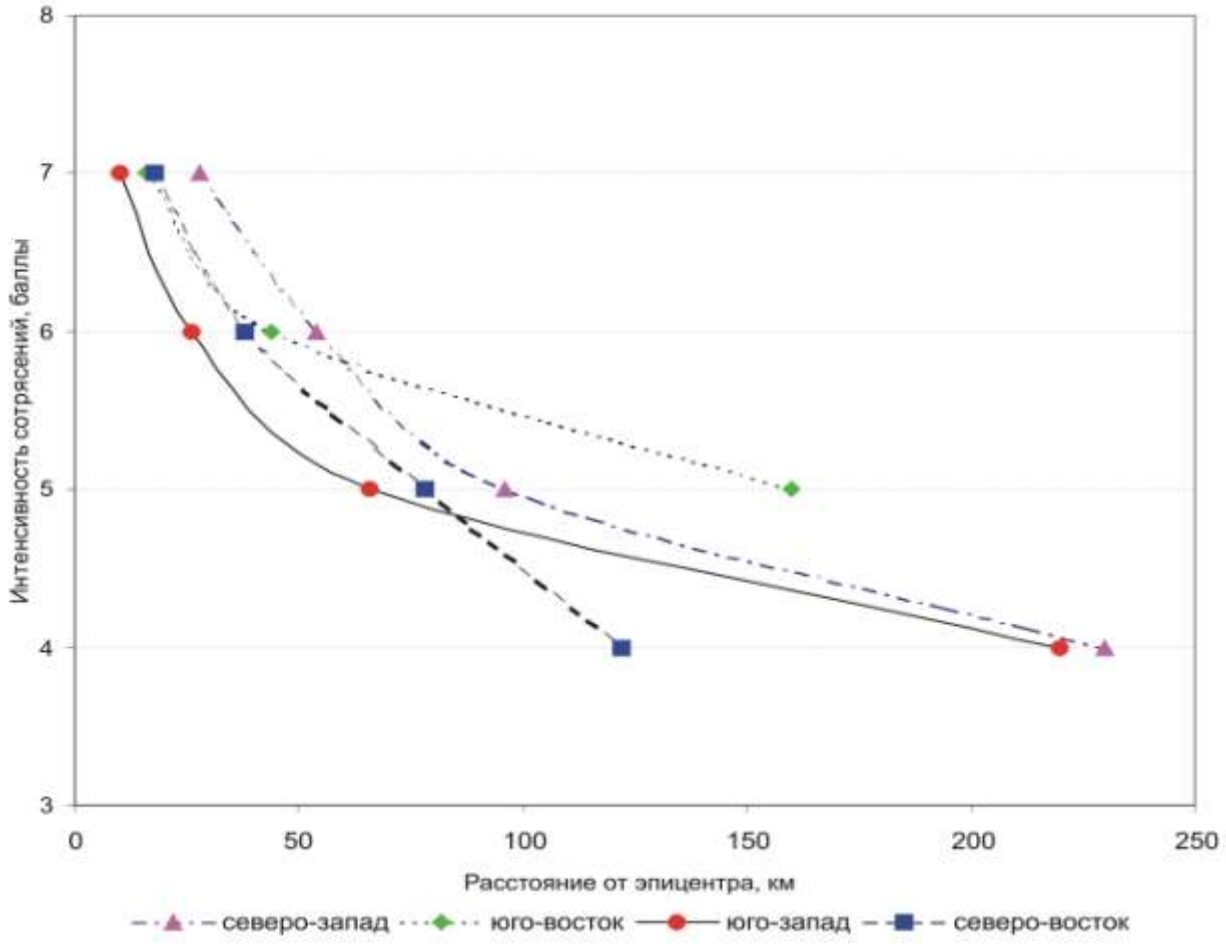


Рисунок 4.1 - Затухание интенсивности сотрясений для землетрясения с M~5.5 линеамента L580.

5 Разработка информационно-аналитической системы учета геодинамических рисков при оценке и страховании недвижимости, расчета кадастровой стоимости земельных участков в зависимости от геодинамических факторов

В соответствии с мероприятиями, проводимые в рамках разработки системы геотехнологий, построены элементы информационно-аналитической системы учета геодинамических рисков при оценке и страховании недвижимости, расчета кадастровой стоимости земельных участков в зависимости от геодинамических факторов с целью создания нормативно-правовой базы сейсмостойкого строительства в Красноярском крае.

Вычислительная технология оценки геодинамических рисков при страховании объектов недвижимости имеет следующую структуру:

– методика эколого-экономической оценки участка земли с учетом геодинамических факторов;

– методика оценки риска и экономического ущерба в результате геодинамического воздействия на обследуемый участок земли (Приложение В);

– методика оценки состояния объекта в результате геодинамического воздействия на основе теории нечетких множеств (Приложение Г);

– методика страхования геодинамических рисков (Приложение Д);

Приведены Рекомендации к принятию нормативно-правовых актов, направленных на учет геодинамических рисков, для сейсмостойкого строительства, в целях обеспечения безопасности проведения строительных работ и эксплуатации строительных объектов.

5.1 Оценка в экологическом страховании геодинамического риска (аномальной деформации) земной поверхности

Рассмотрим методический подход к оценке в экологическом страховании геодинамического риска (аномальной деформации) земной поверхности. Предлагаемая методика оценки геодинамического риска в страховании предполагает следующие основные этапы:

– накопление, обобщение, анализ и классификация событий, произошедших с аналогичными предметами страхования к данному моменту времени с целью расчета вероятности риска такого события и среднего размера ущерба;

– осмотр имущества, предлагаемого на страхование, с целью выявления конкретных факторов, влияющих на вероятность риска повреждения этого имущества;

– расчет базовой тарифной ставки по риску и выбор корректирующего коэффициента, учитывающего выявленные при осмотре конкретные факторы риска.

Однако на практике андеррайтер страховой компании обычно не в силах учесть все особенности рассматриваемого объекта. Поэтому, предлагая клиенту страховую защиту его имущества по полному пакету рисков на основе среднерыночной тарифной ставки, полагает достаточными объем защиты и оценку степени риска, связанного с застрахованным объектом.

Применительно к страхованию недвижимости такой подход обоснован и неплохо работает в местности с традиционной, сложившейся за многие годы застройкой с уже выявленными местными особенностями, учитываемыми в конструкции типовых (для данного региона) строений и сооружений. Очевидно, что накопленная в этом случае статистика учитывает практически все факторы, приводящие к наступлению ущерба недвижимости, начиная от уровня бытовых происшествий и кончая проявлениями недостаточно изученных процессов, протекающих в неявной форме. А это, в свою очередь, нашло отражение в местном среднерыночном тарифе на страховую защиту, являющегося, таким образом, интегральной характеристикой вероятности реализации риска и объема среднего ущерба.

В то же время тенденция к обострению конкуренции на страховом рынке приводит к неизбежному снижению тарифных ставок на страхование имущества и ответственности. Особенно это касается страхования ответственности владельцев опасных объектов, являющегося в нашем случае аналогом. В настоящее время тарифная ставка по этому виду страхования для полного пакета рисков составляет доли процента при страховой сумме миллионы рублей. Такая низкая ставка страхования, сложившаяся в процессе рыночной конкуренции в целях повышения привлекательности предложения, должна была бы подвигнуть страховщиков к более взвешенной и скрупулезной оценке общего риска ущерба. Но на практике это происходит не всегда.

Если речь идет о типовых промышленных объектах в местах традиционной застройки с хорошо изученной историей аварийных событий, то, скорее всего, особых ошибок не должно возникать. Вопросы возникают, когда страхуется объект, нетипичный для данной местности (например, новые конструкции небоскребов Красноярск-Сити), и риски ответственности, связанные с ним. Либо в данной местности вообще ранее не проводилось строительство крупных инженерных сооружений, и нет соответствующей статистики аварий, повреждений, нанесения вреда третьим лицам (например, проект «Сахалин» и т.п.).

Объяснимо, что страховщик при отсутствии достоверной статистики и методик расчета вероятности реализации того или иного риска вынужден при назначении тарифа страхования исходить из конъюнктуры рынка и ориентироваться на среднерыночные ставки. Но в итоге это может привести к неадекватности общей оценки риска для страхователя и страховщика и либо повлияет на их финансовую устойчивость, либо (для особо осторожных) снизит их

конкурентоспособность. Отсюда следует, что все факторы риска, для которых существуют инструменты измерения и оценки, обязательно следует измерять и оценивать.

Полагаем, что в последнем случае наряду с традиционными методами оценки риска целесообразно использовать специализированные экспертизы с постановкой перед ними двух основных вопросов:

1. Какова вероятность наступления события, приводящего к повреждению имущества с соответствующими последствиями (например, аварией);
2. Какова уязвимость (либо наоборот – устойчивость) объекта страхования к повреждающему воздействию такого события.

Иными словами предлагается оценку вероятности риска ущерба имуществу или здоровью, жизни (в том числе третьих лиц) проводить на основе экспертных заключений о вероятности наступления события и уязвимости объекта страхования. Такой подход имеет смысл только при страховании значительных в денежном выражении имущественных интересов, к числу которых относится риск причинения вреда при экологическом страховании крупных промышленных объектов или жилых массивов.

В качестве примера рассмотрим основные этапы оценки риска в экологическом страховании на примере геодинамического риска, представляющего собой аномальную деформацию земной поверхности [Щербаков А.Н., 2006]. Прежде всего, отметим, что с точки зрения экологического страхования риски, связанные с земной поверхностью, на которой расположены либо планируются к постройке многоэтажные жилые дома, должны заслуживать особенного внимания. Тем более, что геодинамические риски территорий будущей жилой застройки могут быть с определенной долей достоверности оценены и минимизированы за счет специальных мероприятий. Под геодинамическим риском понимается также суперинтенсивная деформация (СД) земной поверхности [Кузьмин Ю.О., 1996].

В мировой практике традиционно считалось, что равнинные (платформенные) области Земли, в отличие от горных – сейсмически активных – являются «спокойными»: со скоростями среднегодовых движений в 1-2 мм в год. Однако в 90-е годы прошлого века российскими учеными открыты опасные явления суперинтенсивных деформаций земной поверхности именно на платформенно-равнинных, асейсмичных территориях [Кузьмин Ю.О., 1999]. Такие аномальные подвижки в зонах разломов высокоамплитудны (50÷70 мм/год), короткопериодичны (0,1÷1 года), пространственно локализованы (0,1÷1км), обладают пульсационной и знакопеременной направленностью и представляют собой реальную опасность для людей и строений, являют собой новый класс экономического, экологического и страхового риска [Кузьмин Ю.О., 1999, Бедеров А.А., 1997]. Это, естественным образом, следует из того факта, что пространственные размеры

аномалий имеют чрезвычайно малые размеры (0,1 – 1,0 км), что при столь высоких амплитудах движений, приводит к формированию опасного уровня относительных деформаций (порядка $7 \cdot 10^{-5}$), регламентируемого нормативными документами. Именно поэтому разломы, в которых наблюдаются СД процессы, получили название опасных [Кузьмин Ю.О., 2005]. Открытие этого явления отражено в целом ряде нормативных документов Росстроя, МПР и Ростехнадзора, а также в Законопроекте Государственной думы РФ «О необходимости проведения геодинамических экспертиз».

Из самой формулировки явления СД процессов понятно, что они наиболее существенны для крупных (протяженных по площади, высоте и глубине) наземных, подземных и высотных объектов недвижимости. Не случайно, что на данный тип риска обратили внимание и используют на практике, в первую очередь, специалисты по проектированию и эксплуатации объектов нефтегазового комплекса. Известны многочисленные примеры негативных последствий активизации СД процессов на нефтяных и газовых месторождениях, выявленные в самое последнее время (конец 20 и начало 21 столетия). Несомненно, что и при строительстве иных промышленных и гражданских зданий используются представления об СД процессах, например СП-104-97 «Инженерно-геодезические изыскания для строительства» (п.10-67).

Самым существенным в страховом аспекте является возможность использования на практике метода геодинамического мониторинга земной поверхности, являющийся инструментальной основой методики расчета вероятности и оценки величины проявления СД процесса [Бедеров А.А., 2002]. Однако для оценки вероятного ущерба одной только вероятности проявления СД процесса в месте расположения опасного (в том числе в экологическом плане) объекта недостаточно. Необходимо оценить уязвимость этого объекта от величины воздействия такого процесса. Очевидно, что подобную оценку могут дать только компетентные специалисты, специализирующиеся в области, например, промышленной безопасности. Только после получения обеих оценок страховщик может установить значимость риска ущерба объекту страхования и по традиционной методике рассчитать стоимость страховой защиты.

Следует отметить, что проведение указанных экспертиз не обязательно означает автоматическое удорожание страхования, а, значит, себестоимости строительства, поскольку адекватная оценка риска позволит либо уменьшить страховую премию (при низкой вероятности ущерба), либо подвигнет страхователя на проведение профилактических мероприятий, способных снизить степень риска и стоимость страхования, соответственно. Существенно, что при этом происходит замена административного контроля на более эффективный метод экономического воздействия. Более того, использование предложенного подхода позволяет научно обосновать и

оптимизировать страховой тариф, что особенно важно для обязательного вида страхования (в целях определения минимально достаточных затрат на страхование).

5.2 Методика учета геодинамического риска при страховании объектов недвижимости

Суть оптимизации страхового тарифа состоит в следующем [Щербаков А.Н….,2006]. Как следует из формулы (5.1) величина риска (***R***) для максимальной суммы ущерба (***C***) прямо пропорциональна вероятностям $P_{СД}$ и $P_У$, которые и могут служить параметрами оптимизации:

$$R = P_{СД} \text{ x } PУ \text{ x } C \qquad (5.1)$$

Предполагается, что $\boldsymbol{P_{СД}}$ – вероятность появления СД процессов в данном месте земной поверхности (где расположен опасный объект) и в данное время (на момент экспертизы) определяется на основе методики и нелинейно зависит от величины деформации (например, как показано на

Рисунок 5.1). Очевидно, что чем больше величина деформации, тем меньше вероятность ее появления.

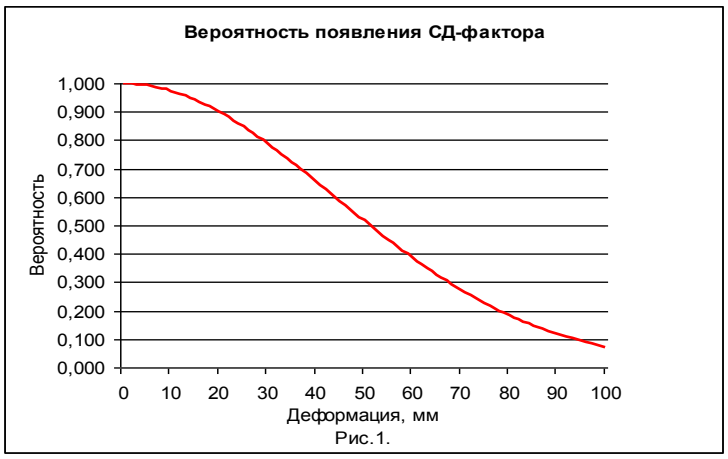


Рисунок 5.1

$P_У$ – вероятность уязвимости данного объекта (подлежащего страхованию) вследствие воздействия СД процессов определяется методиками Минстроя, МЧС и т.п. компетентными органами, и она также нелинейно зависит от величины деформации (например, как показано на Рисунок 5.2). Здесь также очевидно, что чем больше величина деформации земной поверхности, тем более вероятно повреждение объекта, расположенного на ней, с последующим возникновением аварии.

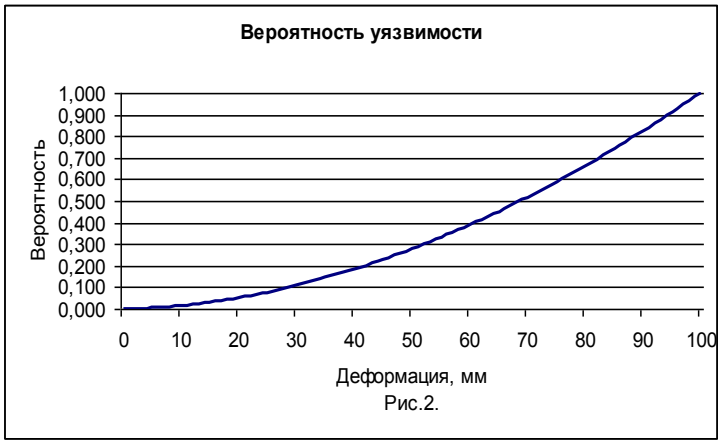


Рисунок 5.2

Очевидно, что вероятность наступления повреждения этого от проявления СД процесса будет определяться произведением $P_R = P_{СД} \cdot P_У$ (Рисунок 5.3).

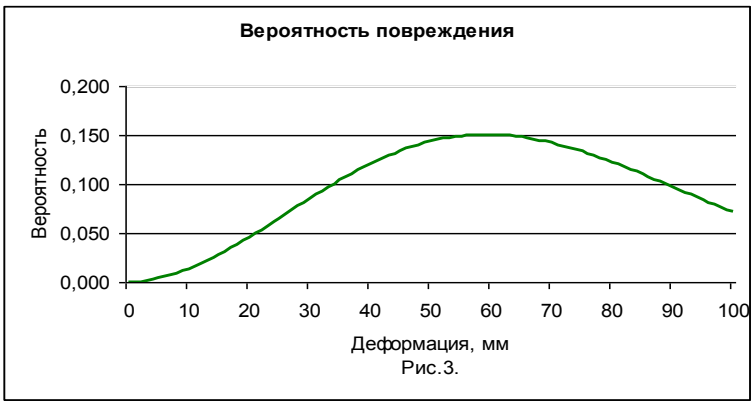


Рисунок 5.3

5.2.1 Рекомендации при расчете страховых тарифов страховщиками

Как видно из Рисунок 5.3 максимум функции $P_{Rmax}(\Delta)$ составляет 0,15 при величине деформации (Δ) приблизительно 59 мм. Исходя из этого, наиболее вероятный ущерб составит R_{max}**=0,15x***C*, и наступит он с вероятностью **0,15**. Полученные оптимальные величины R_{max} и P_{Rmax} являются для страховщика параметрами для расчета тарифа, и при этом R_{max} выступает в качестве средней страховой выплаты, а $P_{R\,max}$ – вероятности ее наступления.

Внедрение в практику страхования СД-риска и его мониторинг в перспективе позволят создать специальные карты проявлений СД процессов (аналогично известным картам районирования стихийных бедствий, составляемым крупнейшими мировыми перестраховщиками), что существенно упростит адекватную оценку этих рисков. Таким образом, показан методический подход к оценке риска в экологическом страховании на примере геодинамического риска. Подобный подход целесообразно использовать применительно к оценке иных рисков, связанных с объектами, несущими потенциально большую угрозу экологии, что позволит взвешенно и обоснованно рассчитать базовую тарифную ставку для обязательного страхования.

5.3 Кадастровая стоимость земельных участков и возможность учета геодинамических факторов

Кадастровая стоимость земельных участков – это расчетная величина, определяемая в результате государственной кадастровой оценки земель с учетом классификации земель по целевому назначению. А также в виду функционального использования на основании статистического анализа рыночных цен и иной информации об объектах недвижимости, а также иных методов массовой оценки недвижимости для целей налогообложения и иных целей, установленных законом.

Данное определение вытекает из нормативных актов, законов о земельном кадастре, из Земельного кодекса Российской федерации и Правил проведения государственной кадастровой оценки земель. Однако нет ни одного законодательно утвержденного определения кадастровой стоимости (есть определения земельного кадастра, кадастрового учета, удельной кадастровой стоимости кадастрового квартала и т.д., но нет определения кадастровой стоимости). В «Правилах проведения кадастровой оценки земельных участков»» и «Методике государственной кадастровой оценки земель поселений» (ГКОЗП), установлено, что кадастровая стоимость земельных участков основывается на данных об уровне рыночных цен, ставок арендной платы за земельные участки в границах поселений (принимаются во внимание как застроенные, так и незастроенные земельные участки). Кроме того, сюда входит иная информация об объектах недвижимости.

Предполагалось, что кадастровая стоимость земельных участков должна быть тесно связана с рыночной ценой. В соответствии со ст. 66 Земельного кодекса РФ, «в случаях определения рыночной стоимости земельного участка кадастровая стоимость земельного участка устанавливается в процентах от его рыночной стоимости».

Наш рынок уникальный: в России на протяжении многих десятилетий земля не продавалась. Поэтому должно пройти время, прежде чем цена определится. Как действовать в

таких условиях – не знает никто. Даже теоретически. За рубежом любой девелоперский проект основывается на приобретении в собственность земельного участка с заранее определенным разрешенным использованием в рамках соответствующей категории земель и последующей его застройкой. Многолетние статистические обобщения позволяют делать практически безошибочные выводы о рыночной стоимости земельных участков любого функционального назначения.

В нашей стране в 1990-е годы приватизация затронула только здания и сооружения, а земельные участки были приватизированы только в аграрной сфере (в ходе приватизации земельных долей). После принятия Земельного кодекса РФ 2001 года появилась возможность перейти от бессрочного пользования земельными участками к собственности или аренде.

В процессе разгосударствления госсобственности на землю была поставлена практически нерешаемая задача – определить выкупную стоимость земельных участков под промышленными предприятиями, а также рассчитать налогооблагаемую базу (с учетом рыночной стоимости) по земельным участкам, никогда не продававшимся, то есть не имевшим даже отдаленной рыночной стоимости.

Так как в стране отсутствовала система продаж незастроенных земельных участков под промышленными объектами, а соответственно, отсутствовала статистика таких продаж, было объективно невозможно оценить земельные участки под промышленными предприятиями. При этом нельзя забывать, что Государственная кадастровая оценка земель поселений была проведена в 2002–2003 гг. т.е. 5–6 года назад, статистическая база для ее определения была значительно беднее, чем сейчас (в области рынка недвижимости наша страна проходит десять лет за один год). Соответственно, при расчетах ГКОЗП использовались любые косвенные методы – реальная база расчетов отсутствовала.

Отчеты о проведении ГКОЗП очень уязвимы с точки зрения их экспертизы – во-первых, практически ни в одном регионе не выдерживаются нормативные требования по составу членов экспертных комиссий, заполняющих анкеты для расчетов ГКОЗП; во-вторых, за базу расчетов редко принимается стоимость земельных участков под каким-либо разрешенным использованием – чаще всего имеется статистика о продаже жилой недвижимости в многоэтажной жилой застройке, либо цена продажи гаражей, либо цена продажи АЗС. В этой связи показатель применяется не для расчета размера земли, а для расчета стоимости 1 кв.м земельного участка относительно стоимости 1 кв.м квартиры, офиса, производственной базы и т.д. Такое применение показателя является неправомерным и соответственно дает неправомерный результат.

Наиболее сложным является переход от стоимости земельных участков в том функциональном назначении, по которому имеется хоть какая-нибудь рыночная информация, к

стоимости земельного участка в другом функциональном назначении – от земель МЖЗ к землям под коммерческую и промышленную недвижимость.

Таким образом, кадастровая стоимость земли в настоящее время представляет собой оценочную стоимость, при формировании которой наибольшее влияние оказывают рыночные цены размещаемых или планируемых к размещению на них объектов. В дальнейшем кадастровая стоимость представляет лишь начальную – отдаленную рыночную оценку земли, без учета возможных проявлений экологических, в том числе и геодинамических рисков.

5.4 Оценка кадастровой стоимости земельных участков с учетом геодинамических факторов (для территории г. Красноярска)

Итак, представляется целесообразным рассмотрение корректировки кадастровой стоимости земель с учетом геодинамических характеристик, для последующего безопасного сейсмоустойчивого строительства на территории г. Красноярска и районов Красноярского края, подверженных суперинтенсивной деформации земной коры. В Таблица 5.1приведена кадастровая стоимость земельных участков под строительство многоэтажных домов в зависимости от района застройки (по основным районам г. Красноярска).

Таблица 5.1 - Кадастровая стоимость отдельных земельных участков для многоэтажного жилого строительства в различных районах г. Красноярска

№ п/п	Местоположение участка	Категория земель	Разрешенное использование	Фактическое использование	Площадь	Кадастровая стоимость, руб.	УПКСЗ, руб./кв.м
1.	г. Красноярск, ул. Амурская, 5	Земли населенных пунктов	Для использования в целях эксплуатации жилого дома.		669 кв.м.	2483328	3712
2.	Участок находится примерно в – по направлению на - от ориентира г. Красноярск, Ленинский район, ул. Амурская, расположенного за пределами участка	Земли населенных пунктов	Для строительства индивидуального жилого дома		1262.17 кв.м.	546520	433
3.	Участок находится примерно в - по направлению на - от ориентира г. Красноярск, ул. Амурская, 18-26, расположенного за пределами участка	Земли населенных пунктов	Для многоэтажного жилищного строительства	Для строительства многоэтажного жилого дома (5800 кв.м.)	5807 кв.м.	21555584	3712
4.	установлено относительно	Земли населенных	для многоэтажного	для строительст	474 кв.м.	1759488	3712

	ориентира нежилое здание, расположенного в границах участка, адрес ориентира: г. Красноярск, ул. Шевченко, 84	пунктов	жилищного строительства	ва многоэтажного жилого дома (466 кв.м.)			
5.	установлено относительно ориентира жилое строение, расположенного в границах участка, адрес ориентира: г. Красноярск, ул. Шевченко, 82	Земли населенных пунктов	Предназначенный для строительства многоэтажного жилого дома	строительство многоэтажного жилого дома (1460 кв.м.)	1473 кв.м.	5467776	3712
6.	Участок находится примерно в - по направлению на - от ориентира г. Красноярск, Советский район, 4-й микрорайон жилого массива "Солнечный", расположенного за пределами участка	Земли населенных пунктов	Размещение многоэтажного жилого дома	Для размещения многоэтажного жилого дома (7000 кв.м.)	7338 кв.м.	31098444	4238
7.	установлено относительно ориентира жилой дом, расположенного в границах участка, адрес ориентира: г. Красноярск, ул. Урицкого, 24	Земли населенных пунктов	предварительно согласовать место размещения многоэтажного жилого дома с гаражами	место размещения многоэтажного жилого дома с гаражами (3535 кв.м.)	3535 кв.м.	20396950	5770
8.	Участок находится примерно в - по направлению на - от ориентира г.Красноярск, Советский район, мкрн. Метростроитель, расположенного за пределами участка	Земли населенных пунктов	место размещения многоэтажного жилого дома	место размещения многоэтажного жилого дома (7922 кв.м.)	7922 кв.м.	27679468	3494
9.	Участок находится примерно в - по направлению на - от ориентира г.Красноярск, Кировский район, ул. Кутузова - ул. Грунтовая, жилой дом №2, расположенного за пределами участка	Земли населенных пунктов	для размещения многоэтажного жилого дома №2	размещение многоэтажного жилого дома №2 (9948 кв.м.)	9948 кв.м.	44945064	4518
10.	Участок находится примерно в - по направлению на -	Земли населенных пунктов	для строительства многоэтажного	место размещения многоэтажн	7805 кв.м.	28019950	3590

	от ориентира г.Красноярск, Свердловский район, 2-й квартал микрорайона Утиный плес, участок №6, расположенного за пределами участка, адрес ориентира: г. Красноярск		жилого дома с инженерным обеспечением	ого жилого дома (4212,0 кв.м.)			
11.	Участок находится примерно в - по направлению на - от ориентира г.Красноярск, ул.Белорусская- ул. Кравченко- ул.Высотная- ул.Луначарского, расположенного за пределами участка	Земли населенных пунктов	Для строительства многоэтажного жилого дома №5 с инженерным обеспечением	Для строительства многоэтажного жилого дома №5 с инженерным обеспечением (8630 кв.м.)	8630 кв.м.	38455280	4456
12.	Участок находится примерно в - по направлению на - от ориентира г.Красноярск, Октябрьский район, жилой район Ботанический, расположенного за пределами участка	Земли населенных пунктов	Для строительства многоэтажного жилого дома №11а с инженерным обеспечением	Место размещение многоэтажного жилого дома №11а (1809 кв.м.)	1809 кв.м.	9200574	5086
13.	Участок находится примерно в - по направлению на - от ориентира г. Красноярск, Железнодорожный район, ул. Горького, 59, расположенного за пределами участка	Земли населенных пунктов	Для строительства многоэтажного жилого дома с инженерным обеспечением	предварительное согласование места размещения многоэтажного жилого дома (900 кв.м.)	1174 кв.м.	6660102	5673

По приведенным данным анализа, делаем вывод о том, что в настоящее время кадастровая стоимость земли для проведения многоэтажной жилой застройки в расчете на 1 кв. м. в микрорайоне Черемушки (Ленинский район г. Красноярск) – наиболее активном с точки зрения геодинамики составляет 3712 руб./м2., значительно ниже, чем кадастровая оценка земель других районов (Таблица 5.2). Следовательно, целесообразно проведение дополнительных мероприятий (перечисленных в Рекомендациях (Заключение к настоящему отчету) при сохранении средней рыночной цены, при реализации объектов строительства и обеспечения дополнительных условий обеспечения безопасности, как строительства, так и эксплуатации новых объектов жилищного фонда.

Таблица 5.2 - Кадастровая оценка земельного участка для МЖЗ по различным районам г. Красноярска

Район	Улица	Кадастровая оценка земельного участка для МЖЗ (руб./м^2)	Прирост кадастровой стоимости относительно базового уровня (Ленинского района), %
Центральный	Урицкого	5770	55,44%
Железнодорожный	Горького	5673	52,83%
Октябрьский	м-он Ботанический	5086	37,02%
Кировский	Кутузова-Грунтовая	4518	21,71%
Октябрьский	Белорусская-Кравченко	4456	20,04%
Советский	(м-он Солнечный)	4238	14,17%
Ленинский	***Амурская***	***3712***	-
Свердловский	2-й квартал м-на Утиный плес	3590	-

Рассмотрим структуру полной себестоимости строительства единицы квадратного метра жилых домов (табл. 3). Получение прав на участок строительства – приобретение в собственность или аренда составляет в среднем 14% от суммы всех затрат. В текущих цена (2007 год) на жилищном рынке г. Красноярска полная средняя себестоимость строительства составляет порядка 36 000 руб/м^2. Из них, в соответствии со структурой себестоимости, на выкуп участка под застройку направляется в среднем 6000 руб. в расчете на 1 м^2 общей площади объекта (Рисунок 5.4). Кадастровая стоимость земли в данном случае не отражает рыночные тенденции и в части таких районов как Свердловский, Ленинский, Советский может быть скорректирована.

Таблица 5.3 - Средняя (по России) структура полной себестоимости строительства 1 м .кв. жилых домов массового спроса

№ п/п	Наименование элементов затрат	Доля, % в структуре
1	Получение прав на участок строительства («пятно застройки») – приобретение в собственность или аренда	12 – 15%
2	**Затраты на проектно-изыскательские и строительно-монтажные работы (СТРОИТЕЛЬНАЯ СЕБЕСТОИМОСТЬ),** ***в том числе:***	**67,8 %**
2.1	- Проектирование и авторский надзор	3%
2.2	**- Затраты на строительные материалы, изделия и конструкции, в том числе:**	**54,11%**
2.2.1	Цемент	4- 8% в среднем **6,74%**
2.2.2	Металлопрокат (арматура, металлоизделия)	3,8 – 10,8 % в среднем **8,44%**
2.2.3	Щебень	1,01 – 1,77 % в среднем **1,26%**
2.2.4	Песок строительный	0,23 – 0,4% в средем

		0,34%
2.2.5	Доля стоимости **железобетонных изделий** в крупнопанельных и объемно блочных домах типовых проектов	**37-42%**
2.2.6	Доля стоимости **монолитного бетона** в монолитных домах (без учета армирования, с долей 8%):	
	- с ограждающими конструкциями из кирпича и блоков	8,37%
	- полномонолитных	12,3%
2.3	- Затраты на заработную плату	2,83%
2.4	- Затраты на машины и механизмы	2,16%
2.5	- Накладные расходы	5,7%
3	Получение и исполнение технических условий по подключению объекта к сетям инженерной инфраструктуры (в том числе тариф за технологическое присоединение к электрическим сетям за 1 кВт электроэнергии)	4,5%
4	Платежи за услуги различных государственных согласующих инстанций	6,5%
5	Платежи на развитие не связанной со строительством объекта внеплощадочной инженерной и социальной инфраструктуры или передача части построенного жилья	8%-10% (кроме Москвы)
	ИТОГО	**100%**

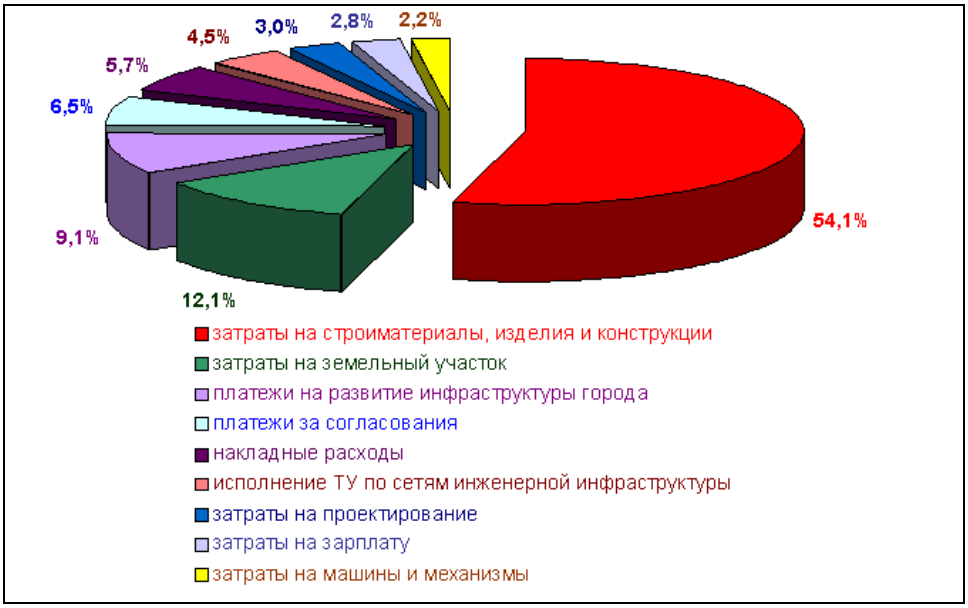


Рисунок 5.4 - Структура себестоимости 1 м^2 общей площади объекта

Однако, поскольку для данных районов характерна повышенная рефлексия геодинамической активности, низкая стоимость земель и получение дифференциальной ренты строителями в данных жилых районов застройки, должна быть компенсирована страховыми обязательствами строителей и проведением дополнительных работ по усилению фундаментов и несущих элементов жилых домов, проектируемых в данных районах, в особенности Ленинском районе г. Красноярска (микрорайон Черемушки).

5.5 Оценка основных параметров микросейсморайонирования для микрорайона Верхние Черёмушки

Жилой микрорайон Верхние Черёмушки расположен в пределах мощной толщи (более 20 м) аллювиальных отложений четвертой надпойменной террасы р. Енисей. Площадка расположена внутри тектонического микроблока, границами которого являются локальные нарушения. Протяженность нарушений не превышает 15 км. При этом ширина зоны влияния ограничена первыми десятками метров. Скорость неотектонических движений микроблока составляет – 0.02 мм в год. Согласно карте ОСР-97, сейсмичность района работ составляет 6 баллов для периодов повторяемости 500 и 1000 лет (ОСР-97 А, В) и 8 баллов для периода повторяемости 5000 лет, фоновая сейсмичность района оценивается по карте ОСР-97 А и составляет 6 баллов для периода повторяемости 500 лет. Первый от поверхности водоносный горизонт залегает от 0-2 до 10 м и более. В формировании режима подземных вод участвуют инфильтрация атмосферных осадков, поверхностный сток, подпорные явления и техногенное подтопление.

Карта сейсмического микрорайонирования, составлена на основании комплексных инженерно-геологических и инструментальных и расчетных данных в соответствии с требованиями РСН-85 и РСН 60-86. В пределах исследуемого участка, по комплексу инструментальных геофизических методов и инженерно-геологического районирования грунтов по сейсмическим свойствам, выделены участки с сейсмичностью 6 и 7 баллов по шкале MSK-64. Выделены участки, неблагоприятные в сейсмическом отношении в связи с крутизной склона > 15^0. Расчеты выполнены в соответствии с требованиями СНиП II-7-81* и нормативно-методических документов по сейсмическому микрорайонированию с учетом карты ОСР-97 (А) для периода повторяемости землетрясений Т=500 и 1000 лет, соответствующей II уровню ответственности.

Для оценки параметров сейсмических воздействий рассчитан ансамбль синтетических акселерограмм, охватывающий наиболее опасные зоны ВОЗ. Параметры сейсмических воздействий рассчитаны для дневной поверхности. Результаты расчетов представлены в виде графиков и электронных таблиц спектров реакции и коэффициентов динамичности. Приведены численные значения горизонтальных ускорений и сейсмической интенсивности. Наибольшую опасность для проектируемых зданий представляют землетрясения, относящиеся к зоне рассеянной сейсмичности.

На карте СМР микрорайона Верхние Черемушки по комплексу геолого-геофизических данных уверенно выделяются зоны с минимальным приращением к 6-ти балльной средней расчетной сотрясаемости по шкале MSK-64. Непосредственно 7-ми балльная зона в связи с особенностями инженерно-геологических условий (просадочные грунты, рельеф крутизной более

15^{o}, обводненные микроразломы, техногенное подтопление) делится на 3 участка, для двух из которых принято увеличение сотрясаемости (до 7 баллов) – на карте показаны красным цветом и остальную территорию семибалльной зоны, где принимается сотрясаемость 6,5 баллов. Для снижения негативного влияния геологических процессов, в частности оползневых, рекомендуется предусмотреть комплекс мероприятий по защите геологической среды от подтопления, организации системы мониторига несущей способности среды.

В связи с выделением в районе Верхние Черемушки зон с 7-ми балльной сотрясаемостью при возможных в 2006-2009 годах землетрясениях, необходимо в короткий срок (в течении I квартала) обязательно провести **оценку сейсмодеформации жилых зданий**, в которых наблюдаются подвижки фундамента и принять действенные меры по инженерному укреплению зданий, либо организационные меры по снижению риска для проживающих в них людей.

5.6 Удорожание строительства при увеличении сейсмостойкости сооружений

Выполненные в рамках инновационного проекта исследования по оценке геодинамических рисков свидетельствуют о том, что большая часть территории г. Красноярска характеризуется 7-ми балльной сотрясаемостью. В существующих по настоящее время картах ОСР – 97 [A,B] обозначена сотрясаемость на уровне 5-6 баллов.

Для обеспечения безопасности проживания и минимизации материального ущерба владельцев недвижимости в условиях 7-ми балльной сотрясаемости необходимо проведение дополнительных проектных и строительных мероприятий по возведению МЖЗ с сейсмостойкостью не менее 7-ми баллов.

Для повышения сейсмостойкости объекта на 1 балл (до 7 баллов) необходимо усиление фундаментной и наземной части конструкций. Использование ЖБИ и металлоконструкций повышенной прочности.

По экспертной оценке на основе информации, полученной от территориального градостроительного института ОАО «Красноярскгражданпроект» (г. Красноярск) и ГУП РХ "Институт "Абаканградданпроект" (г. Абакан), удорожание конструктивной части для монолитно-кирпичного и панельных многоэтажных (10-ти этажных) зданий для 7-ми баллов составит порядка 30%.

Учитывая, что доля затрат на строительные материалы, изделия и конструкции в структуре себестоимости строительства 1 м. кв. жилья составляет порядка 54 % (табл. 3), то удорожание 1 м. кв. жилья при увеличение сейсмостойкости МЖЗ до 7 баллов составит, по предварительной оценке, порядка 15-16%.

5.7 Рекомендации

Рекомендации к принятию нормативно-правовых актов, направленных на учет геодинамических рисков, для сейсмоустойчивого строительства, в целях обеспечения безопасности проведения строительных работ и эксплуатации строительных объектов.

Введение нормативов сейсмоустойчивого строительства (в виде законодательного акта на территории Красноярского края).

Необходимость принятия нормативно-правовых документов предписывающих строительство МЖЗ с сейсмоустойчивостью в 7 баллов.

Разработка нормативных документов, с целью учета геодинамических рисков при формировании (определении) кадастровой стоимости земельных участков.

Пересмотр существующей кадастровой стоимости для планируемых к застройке жилых домой (массивов) с учетом рыночных цен на землю под строительство и снижение ее стоимости в районах с суперинтенсивной деформацией земной поверхности.

Разработка законодательного акта (закона края) о добровольном страховании ответственности строителей и владельцев объектов от ущерба, обусловленного возникновением геодинамических рисков (для страховщиков), с целью создания Страхового фонда экологических рисков при строительстве, для обеспечения необходимых условий при реализации страхового случая (разрушения жилой застройки полной либо частичной).

Добровольное декларирование безопасности объектов в целях обеспечения сейсмостойкости в соответствии с картами сейсмического районирования

6 Сейсмостойкое строительство

6.1 Концептуальные основы проектирования сейсмостойких зданий и сооружений

Ниже приводятся основные положения подготавливаемой новой редакции СНиПа на проектирование и строительство сейсмостойких зданий и сооружений.

Государственный научный центр Российской федерации «Строительство и Российская академия архитектуры и строительных наук» работает над концепцией нового поколения нормативных документов в сейсмостойком строительстве. Ниже изложены концептуальные основы проектирования сейсмостойких зданий и сооружений, базирующиеся на современных представлениях теории сейсмостойкости сооружений с учетом опыта последних разрушительных землетрясений.

Цель новой концепции проектирования сейсмостойких зданий и сооружений состоит в обязательном выполнении трех условий:

• несущие конструкции зданий и сооружений должны обладать запасом сейсмостойкости, достаточным **для *неоднократного восприятия расчетной сейсмической нагрузки*** без существенных повреждений;

• несущие конструкции зданий и сооружений должны обладать запасом сейсмостойкости, достаточным *для однократного восприятия сейсмической нагрузки, превышающей расчетную на один балл,* без обрушения сооружения в целом или его отдельных частей;

• инженерные коммуникации должны обладать такой же сейсмостойкостью, как здания и сооружения.

Для достижений поставленной цели расчет сооружений и коммуникаций на сейсмическую нагрузку, соответствующую сейсмичности площадки, должен проводиться по второму предельному состоянию; расчет на нагрузку, превышающую сейсмичность площадки на один балл, — по первому предельному состоянию.

При проектировании особо ответственных зданий и сооружений несущие конструкции должны быть рассчитаны по второму предельному состоянию на нагрузки, превышающие расчетную сейсмичность площадки на один балл, и по первому предельному состоянию — на нагрузки, превышающие расчетную сейсмичность площадки на два балла.

Поставленная цель соответствует основным положениям СНиП 2.01.07-85 *«Нагрузки и воздействия»,* означает отказ от практики балансирований на грани сейсмического разрушения сооружений в современных условиях недостаточности знаний о силе и характере предстоящего землетрясения и об особенностях работы сооружений под сейсмической нагрузкой.

Сейсмическое районирование и микросейсморайонирование должны проводиться *по двум параметрам; по ускорению и по упругому перемещению горизонтальных сейсмических движений грунта основания*. На картах сейсмического районирования каждому району должны быть назначены соответствующие нормативные (средние) ускорения и упругие перемещения сейсмических движений грунта, а также диапазон их изменения в пределах района. Задача микросейсморайонирования — уточнение расчетных значений ускорений и упругих перемещений сейсмических движений грунта в границах диапазона, установленного картой сейсмического районирования.

Исходя из опыта разрушительных землетрясений, следует отказаться от снижения приведенных в СНиП 2.01.07-85 коэффициентов надежности и сочетания нагрузок в особом сочетании с учетом сейсмического воздействия. Кроме того, в состав длительных нагрузок необходимо включать температурно-климатические воздействия. Параметры вертикальной составляющей сейсмического движения грунта и угловой составляющей сейсмических поворотов грунта вокруг вертикальной оси назначаются в зависимости от сейсмичности строительной площадки и эпицентрального расстояния до возможного очага землетрясения. в общем случае расчета сооружений эти составляющие рассматриваются в форме бегущих волн: продольных и медленных поперечных крутильных.

Сейсмостойкость зданий и сооружений рекомендуется рассчитывать **методом бегущих волн**. При этом необходимо учитывать: пространственный нелинейный характер сейсмической реакции сооружения, податливость и инерционные свойства грунтов основания, накопление повреждений в узлах и элементах сооружения вследствие деструктивной, усталостной, коррозионной, температурно-влажностной деградации материалов.

Спектральный метод расчета сооружений на сейсмический резонанс — частный случай метода бегущих волн, применимый в пределах линейно-упругой реакции системы «сооружение — грунт основания». Технология спектрального метода должна быть основана на применении реальных динамических характеристик этой системы и очищена от эмпирических коэффициентов, лишенных физического содержания и потому не поддающихся проверке или уточнению экспериментальным путем. В расчетах высоких сооружений на акселерограммы сейсмических воздействий необходимо отказаться от гипотезы мгновенного распространения в сооружении воли напряжений и деформаций и учитывать реальные скорости движения изгибных поперечных волн.

Расчет особо ответственных зданий и сооружений в общем случае следует **производить методом бегущих волн на индивидуальную искусственную сейсмограмму-эталон. Сейсмограмма-эталон составляется после разработки расчетной модели сооружения и представляет собой последовательность участков сейсмограмм, наиболее опасных для**

сооружения во время действия каждого участка. Амплитуды перемещений и ускорений в сейсмограмме-эталоне ограничены сверху пределами их изменения в расчетном землетрясении. Если с помощью сейсмограммы-эталона не удалось довести расчетную модель сооружений до предельного состояния, это означает беспредметность поиска реальной инструментальной сейсмограммы той же интенсивности, способной довести расчетную модель сооружения до предельного состояния. В этом случае требование п. 2.2.б СНиП II-7-81* выполнено. Такой подход к расчету особо ответственных зданий и сооружений тем более обоснован, чем меньше уверенности в достаточной полноте выборки инструментальных записей сейсмических движений грунта.

В расчетах на сейсмостойкость расчетные модели типовых зданий и сооружений, в том числе параметры движения волн напряжений и деформаций, должны быть идентифицированы с помощью натурных испытаний. При проектировании особо ответственных зданий и сооружений идентификации подлежит индивидуальная расчетная модель каждого объекта.

В качестве основного средства достижений поставленной цели проектирования рекомендуются **специальные конструктивные мероприятия, направленные на снижение сейсмической нагрузки на здания и сооружения**. Наиболее универсальное и эффективное средство снижения сейсмической нагрузки — сейсмоизоляция — позволяет достичь этой цели и обеспечить относительно небольшую стоимость сейсмостойкого строительства. Применение сейсмоизоляции позволяет внести в сейсмостойкое строительство большее разнообразие архитектурных форм и размеров, в частности увеличить строительство зданий с несимметричными конструктивными схемами, расширить применение кирпичной и каменной кладки.

Конструктивная схема сооружения должна обеспечить **статическую неопределимость внутренних сейсмических сил в основных несущих конструкциях.** Для сейсмостойкого строительства неприемлема конструктивная схема сооружения с основными статически определимыми несущими связями, не обладающая в предельном состоянии способностью к перераспределению внутренних сил в другие – «лишние» связи. В пользу этого положения говорит опыт разрушения Спитакским землетрясением зданий с ядрами жесткости.

Конструктивная форма сооружения должна **обеспечить сложный пространственный характер его сейсмических колебаний.** Опыт натурных испытаний указывает на трудность возбуждения интенсивных колебаний сооружения, когда его отдельные точки движутся по разным направлениям.

В соответствии с духом и буквой СНиП 10-01-94 *«Система нормативных документов в строительстве. Основные положения»* новая концепция проектирования включает обязательные

требования, выполнение которых обеспечивает устойчивость сооружения и безопасность людей при землетрясениях, и рекомендуемые, официально признанные и оправдавшие себя на практике способы, применение которых позволяет обеспечить соблюдения обязательных требований. К рекомендуемым способам новая концепция проектирования относит, в частности, сейсмоизоляцию сооружений расчет методом бегущих волн, рассматривая их в качестве некоторых представителей совокупности возможных способов выполнения обязательных требований.

6.2 Принципы эффективной сейсмозащиты зданий

Специалистам по строительной механике известно, что если здание запроектировано и построено в соответствии с рекомендациями прочностного расчета, то его прочность и неразрушимость будут обеспечены автоматически. Единственным исключением из этого общего правила, почему-то стало сейсмическое воздействие. Землетрясения регулярно и повсеместно приводят к загадочным сдвиговым разрушениям зданий, которые происходят вопреки прочностному расчету и несмотря на все заверения специалистов, занимающихся сейсмикой, в их неразрушимости. Это тем более странно, что по своим параметрам традиционное сейсмическое воздействие весьма заурядно. Поэтому строители до сих пор не могут объяснить, чем вызваны аномалии, связанные с сейсмическими разрушениями зданий.

Ярко выраженное противоречие между реальной и ожидаемой по расчету сейсмостойкостью и формой разрушения современных зданий проявляется регулярно и повсеместно. Тем не менее японское землетрясение в г. Кобе 17 января 1995 г. стало в этом плане особенно показательным и переломным в оценке реального положения дел. Впервые в зону 9-балльного землетрясения (по шкале ИФЗ) попали самые современные и «сейсмостойкие» японские здания со стальным, сталежелезобетонным и железобетонным каркасами. Они были рассчитаны и запроектированы именно на этот уровень балльности и в принципе, не должны были разрушиться. Тем не менее свыше 50 % этих зданий оказались либо полностью разрушены, либо получили сильные повреждения, несмотря на очень высокое качество строительства. При этом масштабы разрушения «особо сейсмостойких» зданий впервые оказались столь велики, что их уже никак нельзя было объяснить огрехами японских строителей.

Поэтому вопросы о причинах случившихся тотальных срезов в железобетонных колоннах зданий и многочисленных разрывов в сварных швах, в узлах стального каркаса здесь впервые остались без официального ответа и поставили в тупик специалистов. Японские эксперты так и не смогли сформулировать причину всего случившегося, и это грозит им опасностью повторения подобной катастрофы.

Детальный анализ той ценнейшей информации, которая имеется в отчете [Смирнов, С.Б. Решение надежной сейсмоизоляции зданий…] о разрушениях в регионе Кобе, позволяет вновь повторить вывод о том, что до сих пор нигде в мире нет массовой сейсмостойкой застройки городов.

Пора, наконец, отбросить веру в фатальную неизбежность сейсмических разрушений и начать относиться к землетрясениям, как к рядовым воздействиям на сооружения. В этом случае наш успех в борьбе с ними будет гарантирован. Какова же причина всех перечисленных парадоксов? На наш взгляд она достаточно очевидна. Это отсутствие достоверной информации о реальных параметрах разрушающего сейсмического воздействия. Лишь эта причина может вызвать вышеупомянутое несоответствие между реальной и расчетной сейсмостойкостью зданий.

Остановимся на формулировании некоторых общих принципов действительно эффективной сейсмозащиты. Эти новые принципы имеют ясный физический смысл и вполне логично вытекают из анализа сейсмических разрушений зданий. Особенно ярко они были высвечены последними разрушениями, произошедшими в Кобе.

Первый принцип состоит в том, что при создании массовой сейсмостойкой застройки городов нам следует ограничиться использованием лишь традиционного набора строительных конструкции и элементов, отказавшись от применения любых чужеродных и экзотических средств виброизоляции ввиду их недолговечности, ненадежности, дороговизны и ряда других недостатков.

Второй и главный принцип заключается в том, что нам необходимо особыми приемами сгладить или ликвидировать скачки жесткости в верти-кальных несущих элементах зданий, так как почти все сейсмические разрушения связаны именно с наличием подобных скачков. Они удваивают разрушительный эффект волнового сейсмического воздействия. Скачок жесткости в узле примыкания колонны к ригелю или к диску перекрытия почти эквивалентен ее жесткой заделке, где происходит удвоение разрушительных сдвигающих волновых напряжений при отражении вторичной сдвиговой сейсмической волны от этой заделки. (Поясним, что речь идет о сдвиговых волнах в колоннах и стенах, которые возникают в грунте от продольных сейсмических волн сжатия. Эти волны создают серию горизонтальных импульсов, которые «ударяют» по торцу фундамента и резко сдвигают его относительно здания.) Именно этот импульсный сдвиг фундаментов порождает волны сдвига в колоннах и стенах зданий.

Особенно выражен скачок жесткости в зданиях с гибким первым этажом, где стены начинаются лишь со второго этажа. Это делает здания чрезвычайно уязвимыми при землетрясениях, что еще раз показали их многочисленные разрушения в Кобе. Там свыше 90% всех разрушений железобетонных зданий пришлось именно на здания с гибким первым этажом, где произошел мгновенный срез или раздробление сразу всех колонн первого этажа [Смирнов,

С.Б. Решение надежной сейсмоизоляции зданий…]. Кроме того, 10 % всех разрушений зданий с железобетонным и смешанным каркасами в Кобе были вызваны наличием скачков в поперечном сечении колонн. В том этаже здания, где сечения колонн имеют скачок, сейсмические волновые напряжения возрастают скачкообразно, что и приводит на практике к их срезу в этих этажах.

Землетрясение в Кобе особенно ярко продемонстрировало, что все преимущества «несрезаемого» стального каркаса могут быть сведены на нет наличием в нем узлов сопряжения, являющихся скачками жесткости. В Кобе уровень разрушаемости зданий со стальным каркасом достиг 36 %. При этом почти все разрушения произошли в зоне узлов и стыков путем разрыва сварных швов и высокопрочных болтов.

Для борьбы с указанным эффектом следует добиваться плавности в изменении жесткости вертикальных несущих элементов и не допускать появления скачков. Известно, что сводчатые здания (например, церкви) имеют повышенную сейсмостойкость, которая объясняется именно реализацией этого принципа путем использования сводчатых конструкций. Именно в сводах колонны плавно «перетекают» в перекрытия. Между ними нет резкой границы. Там волновые напряжения беспрепятственно «добегают» до свободного края и исчезают, отражаясь от него. Главная трудность здесь состоит в том, как реализовать на практике принцип сглаженности форм в современных зданиях.

При этом приходится признать, что применить этот принцип в зданиях со стальным каркасом либо невозможно, либо очень сложно, поскольку наличие узлов сопряжения (а стало быть и скачков жесткости) органически присуще стальным конструкциям и, по-видимому, почти не подлежит устранению. Эту проблему можно разрешить, если удастся разработать качественно новую форму узлов сопряжения. Что касается железобетонных зданий, то в зонах с сейсмичностью 9 баллов придется полностью отказаться от каркасных железобетонных зданий, а здания с гибким первым этажом можно строить лишь в районах, где сейсмичность не выше 7 баллов. Зато применение монолитных и сборных зданий с несущими стенами из железобетона весьма перспективно в 9-балльных зонах. Здесь есть реальная возможность поднять до нужного нам уровня и без того весьма высокую сейсмостойкость этих зданий.

Для этого надо будет преодолеть влияние двух главных и традиционных источников, создающих скачки жесткости в стенах. Это — оконные проемы, а так же зоны сопряжения стен с дисками перекрытий. Оконные проемы придется скруглить и сузить, придавая им, по возможности, вытянутую форму. Диски перекрытий следует подвесить к стенам на гибких связях, чтобы они не препятствовали сдвиговым деформациям стен и беспрепятственному пробеганию по ним сейсмических волн.

Третий принцип состоит в максимально возможном снижении горизонтальной скорости, которую передает фундаментам подошедшая к ним сейсмическая волна. Для этого следует применять в качестве фундамента **единую фундаментную плиту, имеющую большую массу**. Но одновременно следует значительно **уменьшить высоту ее боковых торцов**, срезав плиту у краёв. Тем самым будет резко уменьшено суммарное горизонтальное давление сейсмической волн на фундамент, его горизонтальная скорость и интенсивность воздействия на здание.

6.3 Решение проблемы надежной сейсмозащиты зданий и сооружений

Причины недавних катастрофических разрушений «сейсмостойкой застройки в Турции и на Тайване состоят в том, что официальная наука о сейсмике до сих пор не имеет достоверной информации о тех сейсмических воздействиях, которые разрушают здания и сооружения во время сильных землетрясений.

Об этом свидетельствует множество очевидных факторов и явлений. Главные из них — необъяснимые перманентные разрушения современных "сейсмостойких" зданий происходящие вопреки всем нормам и расчетам, а также **полное несоответствие формы всех видов сейсмических разрушений зданий тем низкочастотным колебаниям грунта, которое в течение последнего столетия официально считаются единственной причиной разрушений зданий при землетрясениях.**

Полное отсутствие информации об истинных причинах сейсмических разрушений диктует необходимость перейти к качественно новой эффективной стратегии сейсмозащиты, которая может гарантировать успех даже в нынешней неблагоприятной ситуации. Эта стратегия должна базироваться на следующих восьми, принципах, смысл и «содержание которых гарантируют неразрушимость зданий при землетрясениях.

1. *0тбор, анализ и «принятие на вооружение» всех позитивных практических приемов и конструктивных решений по успешной сейсмозащите зданий, выработанных веками методом проб и ошибок, а также категорический отказ от использования тех конструкций и материалов, которые всегда проявляют низкую сейсмостойкость,*

2. *Использование только многосвязных строительных конструкций и элементов, имеющих максимальный запас прочности и надежности при минимальной стоимости.*

Преимущества многосвязных и связевых систем перед каркасными обусловлены тем, что в связевых системах гораздо больше лишних связей, т. е. намного выше запас конструктивной прочности». Из практики хорошо известно, что каркасные здания из железобетона при землетрясениях ведут себя гораздо хуже, чем многосвязные связевые системы, т. е. здания с несущими железобетонными стенами. Для этого есть еще две важные причины.

Во-первых, сжимающие напряжения от веса здания в колоннах на порядок выше, чем в стенах (если в них нет больших проемов).

Во-вторых, в узлах сопряжений и в стыках элементов каркаса неизбежно имеются очень большие скачки жесткости, чего удается избежать в связевых системах.

Следовательно, в 9-балльных зонах вообще не рекомендуется строить здания с железобетонным каркасом, необходимо заменить его на связевые системы. При этом проемы в стенах следует укреплять специальными обоймами, которые должны снизить эффект ослабления стен.

3. *Использование только нехрупких строительных материалов (в том числе армированных), обладающих достаточной ударной вязкостью, пластичностью и прочностью при сдвиге и растяжении, и категорический отказ от использования хрупких и полухрупких строительных материалов.*

Предпочтительно использовать нехрупкие строительные материалы, в первую очередь древесину и низкоуглеродистую сталь, а затем уже сильно армированную кладку и железобетон с особо интенсивным армированием.

Именно эти материалы очень хорошо сопротивляются сейсмическим воздействиям, так как имеют большую ударную вязкость. Они не подвержены раздроблению — главному проявлению сейсмических разрушений железобетонных и каменных зданий, которое всегда предшествует их обрушению.

Древесина и строительная сталь почти не накапливают микродефекты при сейсмическом воздействии, поэтому могут выдержать несколько землетрясений. Единственное уязвимое место стальных конструкций — сварные швы: они всегда хрупко разрушаются при землетрясениях. Поэтому вместо сварных швов следует применять заклепочные или болтовые соединения особой конструкции, приспособленной к сейсмическому воздействию. При этом понятно, что конструкции из полухрупкого материала (бетона) и из хрупкого (кирпича) могут сопротивляться сейсмическому воздействию лишь при их многосвязности и при интенсивном армировании, которое ослабляет эффект раздробления.

4. Обеспечение плавности форм строительных конструкций, а также исключение в них и в их элементах резких скачков жесткости, острых углов и зон концентрации напряжений.

Вертикальные несущие элементы зданий должны иметь минимальные скачки жесткости в стыках, чтобы не препятствовать свободному пробеганию по ним разрушительного сейсмического воздействия и его нейтрализации при отражении от свободного края. При необходимости изменения жесткости самого элемента оно должно происходить плавно по его длине.

Эталон реализации принципа плавности перехода — сводчатые конструкции, в которых нет скачков жесткости при переходе колонн в перекрытия. Именно сводчатые системы особенно хорошо зарекомендовали себя при землетрясениях. Полной противоположностью сводам являются «антирезонансные» здания, с «гибким 1-м этажом», в которых тонкие колонны 1-го этажа «скачком» переходят в жесткую коробку 2-го этажа. В этом случае скачок жесткости особенно выражен. При отражении от него сейсмическое воздействие удваивается, и именно поэтому такие здания хуже всего ведут себя при землетрясениях.

Согласно принципу плавности перехода следует скруглять углы оконных и дверных проемов или делать их овальными. Это позволит сгладить в стенах скачки жесткости, создаваемые проемами.

5. *Частичное или полное отсечение зданий от их подземной части за счет введения надземной опорной плиты, резко повышающей мнагосвязность здания.*

Для того, чтобы ослабить разрушительный эффект сейсмического воздействия, передаваемого фундаментом на здание, они должны быть разделены швом, содержащим, например, слой талька. При этом здание всегда выполняется в виде жесткой коробки и должно иметь мощную нижнюю опорную плиту, которая опирается на фундамент. Взаимное крепление осуществляется с помощью системы гибких стальных связей и допускает их малое взаимное, проскальзывание, ограниченное упорами в фундаменте.

6. *Использование особых фундаментов, имитирующих скальное основание.*

Фундаменты следует выполнять либо в виде единой поверхностной плиты на сваях, либо в виде перекрестной системы широких фундаментных лент (под стены здания), которые также опираются на сваи и выходят на поверхность.

7. *Использование коробчатых железобетонных систем при строительстве многоэтажных зданий.*

Принцип состоит в следующем:

• все стены являются несущими и выполняются из сборных железобетонных панелей или монолитного железобетона;

• шаг продольных стен принимают не более 5 м, поперечных — не более 4 м;

• число этажей должно быть не более 6, высота этажа — не более 3,5 *м;*

• армирование стен — сквозное, в двух ортогональных направлениях, в каждом направлении — не менее 0,5 %;

• толщина стен 1-го этажа — не менее 30 см, а остальных — не менее 20 см;

• плита перекрытия перекрывает целиком ячейку 4 х 5 м, опирается на 4 несущие стены и должна нести всю расчетную нагрузку при опирании лишь на 2 стены;

• плита перекрытия примыкает к стенам на уровне стыка панелей. Она должна лежать на консольных выступах нижних панелей и одновременно подвешиваться на гибких стальных связях к панелям верхнего ряда. Между опорными выступами в стенах и плитах перекрытий следует проложить слой из упругоподатливого материала (типа резины).

8. *Отказ от сварных соединений.*

Эти базовые принципы при их грамотном использовании уже достаточны для конструирования реально сейсмостойких зданий. В дальнейшем эти принципы надо развивать и дополнять.

Для того, чтобы гарантированно обеспечить сейсмостойкость новой застройки, в СНиПе *«Строительство в сейсмических районах»* следует дать перечень сейсмостойких типов зданий, рекомендуемых к использованию в сейсмостойких зонах, а также перечень тех типов зданий, которые заведомо несейсмостойки и потому их строительство не рекомендуется.

Приведем возможный вариант такого перечня, который в дальнейшем будет дополнен. В зонах с активностью 9 баллов следует соблюдать такие требования:

1. Коттеджи в 1—2 этажа рекомендуется строить в виде срубов или жестких щитовых коробок, удовлетворяющих всем перечисленным принципам.

2. Многоэтажные здания рекомендуется строить в виде железобетонных коробчатых связевых систем, удовлетворяющих требованиям принципа 2.

3. Многоэтажные здания можно строить с применением стального каркаса при условии отказа от сварных соединений и замены их болтовыми и заклепочными соединениями. В этом случае обеспечить жесткость здания (при его малом сдвиге относительно фундамента) и защемление стальных колонн должна толстая опорная плита, связанная с фундаментом гибкими стальными стержнями.

4. В 9-балльных зонах категорически не рекомендуется строить здания со сборным и монолитным железобетонным каркасом и особенно здания с «гибким 1-м этажом» на железобетонных колоннах как особо сейсмоуязвимые.

На той же основе можно сформулировать набор более мягких конструктивных требований для типов зданий, рекомендуемых для 8- и 7-баллльных зон.

В дальнейшем предстоит разработать совокупность защитных приемов для повышения сейсмостойкости любых существующих зданий в зависимости от типа и особенностей их конструкций.

До тех пор, пока характер и параметры истинного разрушительного сейсмического воздействия остаются неизвестными и не будут изучены, нет возможности проводить строгие прочностные расчеты зданий. Именно поэтому в качестве вынужденной меры их следует заменить

предложенными в статье конструктивными ограничениями, которые должны быть вполне достаточны для обеспечения сейсмической прочности зданий. При этом в СНиПе пока придется сохранить существующие прочностные расчеты, внеся в них необходимые коррективы и дополнения, которые облегчат их использование для инженеров-проектировщиков.

6.4 Основные выводы и рекомендации для обеспечения сейсмостойкого строительства и усиления зданий

1. Согласно сформулированным выше принципам целесообразно снизить горизонтальные сейсмические воздействия путем максимального отделения фундамента замкнутого (коробчатого) здания от грунта основания, в том числе:

- не заглублять фундамент;
- снижать трение между подошвой фундамента и основанием путем устройства скользящего слоя.

Такое глобальное «отделение» реализуется в зданиях замкнутого типа (или на построенных на пространственной сплошной фундаментной платформе зданий или сооружений).

2. Вместо этого в литературе встречаются примеры конструктивных решений частичной сейсмоизоляции, т. е. сейсмоизоляции отдельных частей зданий. Например, в Японии [Смирнов *С.Б.* Ударно-волновая концепция сейсмического…] для сейсмоизоляции большепролетного цилиндрического покрытия между ним и опорными колоннами (стенами здания) устанавливаются гистерезисные демпферы. Малая эффективность подобного конструктивного решения очевидна, если сравнить это решение с предложенным нами вариантом замкнутого здания. Ведь разрушение одной из опорных колонн приведет к аварии всего здания.

В других конструкциях между фундаментом и наземным строением устанавливают резино-металлические амортизаторы.

Предложенная конструкция замкнутых зданий с пространственной фундаментной платформой на скользящем слое полностью соответствует концептуальным основам проектирования сейсмостойких зданий и сооружений [В.М. Бондаренко и др. – ПГС №3 1997]. К ним относятся в первую очередь:

- Специальные конструктивные мероприятия, направленные на снижение сейсмической нагрузки на здание – это незаглубленный фундамент и скользящий слой. Его устройство может быть, например таким: два слоя полиэтиленовой пленки или пергамина с прослойкой графита, инертной пыли, или в виде сухого песка, возможно использование фторопласта и т. п.
- Конструктивная схема сооружения должна обеспечить статическую неопределимость внутренних сейсмических сил в основных несущих конструкциях, иметь достаточно «лишних»

связей, обеспечивающих перераспределение усилий – это достигается пространственной многосвязностью замкнутой (коробчатой) системы.

3. Предложенная технология также соответствует **«новым признакам конструкции сейсмостойких зданий», предложенным д.т.н. С.Б. Смирновым:**

- ***Принцип «плавности взаимного перехода конструкций»***, т. е. без скачков жесткости.

Рекомендуется делать плавные переходы. например, при сопряжении колонн с перекрытиями и покрытиями, использовать «гибкие» колонны первого этажа в верхнем строении, избегать скачки жесткости в стенах из-за проемов (снабжать проемы обоймами.

Этот принцип прекрасно реализован в замкнутом полносборном здании предлагаемой конструкции.

- ***Принцип предпочтительного использования нехрупких строительных материалов (древесины, низкоуглеродистой стали).***

Не фундамент отсекается от здания, а цельная замкнутая система (здание вместе с фундаментом) «отсекаются» от основания. В замкнутом здании используются элементы низкоуглеродистой стали с болтовыми соединениями, сварные швы осуществляются в условиях заводской технологии. Тонкие железобетонные плиты имеют достаточно интенсивное армирование, работают в основном на сжатие, и потому в них снижена опасность хрупкого разрушения.

Вместо железобетонных плит может использоваться профилированный лист (сэндвич), а также плиты из древесины и др.

- ***Принцип частичного отсечения фундамента от здания.***

Не фундамент отсекается от здания, а цельная замкнутая система (здание вместе с фундаментом) «отсекается» от основания. Замкнутое полносборное здание полностью отсечено от основания, т. е. сейсмическое воздействие от основания на здание может передаваться только трением о железобетонную плиту фундамента, причем коэффициент трения снижается благодаря скользящему слою (например, использованию талька или др. материалов). Верхнее строение вместе с включенным в него фундаментной частью представляет достаточно жесткую коробку.

- ***Принцип особенности конструкции фундамента.***

Сплошная фундаментная плита под все здание располагается на уровне нулевой отметки (на уровне основания) и является частью замкнутой системы здания.

- ***Принцип преимущества связевых систем перед каркасными.***

Замкнутое здание является полносвязной многократно статически неопределимой системой повышенной живучести (т. е. имеет преимущества перед каркасными конструкциями из железобетона), не имеет скачков жесткости.

- ***Принцип использования деревянных коробчатых систем.***

В предложенном замкнутом здании реализована многосвязная коробка, облегченная по весу, отсеченная от основания.

- ***Принцип использования коробчатых систем из железобетона при строительстве многоэтажных зданий.***

В замкнутом здании в виде сталежелезобетонной коробки выполнены все условия плавности перехода жесткостей, многосвязности, устройства фундаментных плит, отсеченности фундамента от основания.

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

Основные положения всех семи принципов реализованы в предложенном замкнутом многосвязном здании для строительства (в зонах с большой сейсмичностью), причем для **большепролетных зданий**. Отметим, что в рассмотренных принципах Смирнова строительство большепролетных зданий не рассмотрено.

Отметим, что идея использования скользящего слоя (или фундаментов на шаровых опорах, в том числе с криволинейной поверхностью, создающей усилия возвратного действия) в литературе известны. Такого типа фундаменты требуют специального конструирования зданий, реализация которого из традиционных конструкций затруднена. Предложенные замкнутые полносборные многосвязные здания и сооружения наиболее приспособлены для этих условий, в том числе для строительства на слабых, пучинистых и вечномерзлых грунтах. При этом достигается целый ряд эффективных технико-экономических показателей по экономии материалов, трудозатратам, расходам на эксплуатацию, по условиям применения, в том числе для больших пролетов, и повышения живучести.

Аналоги подобных конструктивных решений, в том числе для большепролетных зданий и применения их в условиях вечной мерзлоты, слабых и пучинистых грунтов, отсутствуют.

Изложенные в главе принципы и рекомендации по обеспечению сейсмостойкого строительства частично нашли своё отражение в новой редакции СНиП (см. Приложение Е)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведённых исследований получена следующая коммерческая продукция:

1. Созданы банки данных:

1.1 инженерно-геологических изысканий при застройке г. Красноярска и г. Абакана.

1.2 расчётных акселерограмм сейсмических воздействий на конкретные строительные площадки. Для моделирования и расчета акселерограмм адаптирован современный программный комплекс [ ].

1.3 выполнено изучение сейсмических скоростей и волновых картин стройплощадок г. Красноярск и г. Абакан.

2. Впервые в практике строительства построена схема сейсмического районирования территории г. Красноярска на основе учёта геодинамических факторов. Установлено, что большая часть территории г. Красноярска относится к 7-7,5 балльной зоне, что на 1-1,5 балла выше сотрясаемости территории г. Красноярска согласно карт общего сейсмического районирования (ОСР-97 – А, В). Этот принципиальный результат должен изменить всю градостроительную политику в Красноярско-Дивногорско-Сосновоборской агломерации, на территории которой до 2020 года должен быть построен крупный мегаполис с населением не менее 1,5 млн. человек.

В связи с этим, необходимо незамедлительно разработать и утвердить краевые нормативы сейсмостойкого строительства, так как проектирование высотных зданий должно базироваться на принципах и требованиях к сейсмостойкости при сейсмических воздействиях в 7-8 баллов.

Краевые нормативы сейсмостойкого строительства должны включать в себя обязательный комплекс предпроектных инженерно-геологических изысканий, микросейсморайонирование конкретных стройплощадок, а также регистрацию реальных акселерограмм (реакций грунтов от потенциальных землетрясений).

Проектирование высотных и особо ответственных зданий и сооружений должно выполняться на основе современных требований с учетом мировой практики сейсмостойкого строительства в Японии, США, Тайване. Основные принципы и требования к сейсмостойкому строительству сформулированы в отчёте.

3. Для эффективного использования банков данных и оперативного использования схемы сейсморайонирования создана ГИС программа, построенная по принципу «конструктора», что позволяет оперативно включать дополнительные банки данных по мере дальнейшего изучения геодинамических факторов на территории Красноярска или нового строительного полигона.

4. В целях оптимизации процессов управления строительным комплексом при внедрении нормативов сейсмостойкого строительства, выполнен анализ основных экономических факторов: структуры себестоимости с учётом и без учёта «сейсмических» конструкций; существующей практики кадастровой оценки земли под строительство и страхования геодинамических рисков.

Установлено, что усиление строительных конструкций для обеспечения 7 балльных воздействий приведут к удорожанию себестоймости на 15-20%.

В целях оптимизации экономических затрат, связанных с необходимостью обеспечения сейсмобезопасности жилья и промышленных объектов на территории г. Красноярска предлагается: учесть геодинамические риски в кадастровой (рыночной) стоимости земли. В связи с незначительной долей стоимости земли в структуре себестоимости затрат на строительство, наибольшее влияние эта мера (учёт геодинамических факторов в рыночной стоимости земли) окажет в долговременном плане при начислении земельного налога на владельцев зданий и сооружений.

В частности, на сейсмоопасных участка (при прогнозируемой сотрясаемости 7 и более баллов) земельный налог должен быть ниже, по сравнению с участками с прогнозной сотрясаемостью 5-6 баллов при условии, что проект и строительные конструкции отвечают требованиям сейсмобезопасности при 7-8 балльном сейсмическом воздействии.

Одновременно, страховая сумма для объектов, конструкции которых обеспечивают сейсмическую безопасность при воздействиях в 7-8 баллов должна быть ниже, по сравнению со страховыми взносами владельцев зданий и сооружений, имеющих сейсмодифицит.

Учитывая, что согласно ФЗ обязательные страхование от геодинамических рисков (даже для ГТС) не предусмотрено, предложены механизмы добровольного декларирования безопасности проектируемых и строящихся сооружений, что позволит будущим владельцам квартир, офисов и производственных зданий, контролировать уровень сейсмобезопасности своего имущества и эффективно взаимодействовать с органами власти (в части размера земельного налога) и страховыми компаниями (в части размера страховых взносов). Объективно такой подход будет способствовать формированию гражданского общества, т.к. только непосредственное участие в управлении экономическими (рыночными) методами своим имуществом позволяет собственникам объединить усилия для достижения совместных целей.

В данном случае – обеспечить себе требуемый уровень безопасности от неблагоприятных геодинамических факторов, добиваясь для этого от органов власти справедливого налога на землю и имущество, а от застройщика (строителя) реальные гарантии безопасности объектов.

5. Таким образом, в результате исследований разработана система геотехнологий для сейсмостойкого строительства в различных геодинамически сложных грунтовых условиях.

Внедрение «системы» в практику управления строительством в Красноярском крае обеспечит безопасность не менее 1 млн. чел.

Разработанная «система» в полной мере отвечает концепции федеральной целевой программы «Повышение устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических района Российской Федерации на 2009-2013 гг.».

Можно прогнозировать, что основные элементы «системы» в ближайшее время будут востребованы органами власти, союзами строителей и страховщиков Красноярского края для реализации федеральной и соответствующей краевой программ сейсмобезопасности жилых и производственных объектов.

Список использованных источников

1. Бабак В.И., Борисов Ю.М. и др. Отчет по теме: «Геоморфологическая карта южной части Красноярского края масштаба 1 : 500 000». I т. Москва, МГУ, 1971. 255 с.
2. Бедеров А.А., Кузьмин Ю.О. Современная аномальная геодинамика недр – новый фактор экологического и страхового риска // Страховое дело, 1997, №3, С.28-33.
3. Бедеров А.А., Поликарпов А.Д., Кузьмин Ю.О., Краснов М.П. Способ идентификации зон потенциальной аварийности сооружений / Патент РФ № 2206908, 2002, 9 с.
4. Белоусов Т.П., Чичагов В.П. Сейсмодислокации и природа очага Рачинского землетрясения 1991 года на юге Большого Кавказа. Физика Земли, 1993, № 3, 53 - 63.
5. Бондарев В.П. Геоморфологический анализ тектонических блоков.// Общ. и регион. геология, геология морей .и океанов, геол. картирование: обзор/АОЗТ «Геоинформмарк». - М, 1996. 43 с.
6. Вебер В.Н. 1903. О предварительных исследованиях Шемахинского землетрясения. Изв. пост. центр. сейсм. комиссии, т. 1, вып. 2.
7. Гаврилин К.В., Озерский А.Ю. Канско-Ачинский угольный бассейн: Монография / под ред. В.Ф. Череповского / М.: Недра, 1996. – 272 с.
8. Геология СССР, т. IX, Северный Кавказ, Часть 1, Геологическое описание, М., Недра, 1968, 756 с.; т. X, Грузинская ССР, Часть 1, Геологическое описание, М., Недра, 1964, 654 с
9. Горшков Г.П. Региональная сейсмотектоника юга СССР. Альпийский пояс. М., Наука, 1984.
10. Государственная геологическая карта Российской федерации. Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Лист N-46 (47) – Абакан. Объяснительная записка / Авторы В.В. Беззубцев, Е.И. Берзон, В.М. Даценко.
11. Гурвич И.И. Сейсморазведка. М., Недра, 1975, 408 с.
12. Гусев А.А. О сейсмологической основе норм сейсмостойкого строительства в России // Физика Земли, № 12, 2002, С. 56-70.
13. Демьянович П.И. Подтопление как фактор современной эволюции геологической среды на территории г. Иркутска // Проблемы оценки и прогноза устойчивости геологической среды г. Иркутска: Сб. трудов науч.-практ. конф. Иркутск: ИрГТУ, 1997. С. 34-38.
14. Инженерная геология СССР. В 8-ми томах. Том 8. Кавказ, Крым, Карпаты. Изд-во МГУ, М., 1976. с. 306…ил.

15. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Масштаб 1:8000000. Уломов В.И., Шумилина Л.С. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах. М.: ОИФЗ, 1999, 57 с.

16. Комплект карт сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-97. М-б 1:8 000 000: Объясн. зап. / Гл. ред. В.Н. Страхов, В.И. Уломов. М.: Изд-во ОИФЗ, 1999. 57 с.

17. Кофф ГЛ., Лобацкая Р.М. Изучение разломов при инженерно-геологических исследованиях в сейсмоактивных областях. Варшава: ПГИ, 1991. 224 с.

18. КоффГ.Л., Чеснокова И. В. Информационное обеспечение страхования от опасных природных процессов (на примере землетрясений). М.: Изд-во "Подтеке", 1998. 168 с.

19. Кузьмин Ю.О. Геодинамический риск объектов нефтегазового комплекса // Российская Газовая Энциклопедия. – М.: Большая Российская Энциклопедия, 2004, С. 121-124.

20. Кузьмин Ю.О. Опасные разломы и прогнозирование чрезвычайных ситуаций // В кн. Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций. Материалы IV научно-практической конференции (Москва, 19-20 октября 2004 г.). – М.: «МТПЕ – инвест», 2005. – С.153-164.

21. Кузьмин Ю.О. Современная геодинамика и оценка геодинамического риска при недропользовании // М.: АЭН, 1999, 220 с.

22. Кузьмин Ю.О. Современные суперинтенсивные деформации земной поверхности в зонах платформенных разломов // Науч.-техн. сб. «Геологическое изучение и использование недр», Вып. №4, «Геоинформмарк». – М.: 1996, С.43-53.

23. Кузьмин Ю.О., Никонов А.И., Шумейко М.В. Мониторинг современных геодинамических процессов при обеспечении промышленной безопасности объектов «Сахалин-1» и «Сахалин-2» // В кн. Труды Международного научного конгресса «Гео-Сибирь-2006» (24-28 апреля 2006 г.). – Новосибирск: СГГА, 2006, том 3, часть 2, С. 205-210.

24. Лобацкая Р.М. Изучение и оценка разломных зон для тектонического районирования сейсмоопасных территорий // Чрезвычайные ситуации: социогенез, геологическая среда, строительный комплекс. Варшава: ПГИ, 1991. С. 40-55.

25. Лобацкая Р.М. Структурная зональность разломов. М.: Недра, 1987. 128 с.

26. Лобацкая Р.М., КоффГ.Л. Методика интегральной оценки устойчивости геологической среды городов в сейсмоактивных областях (на примере г. Еревана) // Изв. вузов. Геология и разведка. 1992. № 4. С. 17-26.

27. Лобацкая Р.М., КоффГ.Л. Разломы литосферы и чрезвычайные ситуации. М.: ИЛСАН, 1997. 196 с.

28. Лобацкая Р.М., Серова Г.Е., Кононов Е.Е., Лузина Л.И. Оценка устойчивости геологической среды территории г. Иркутска к сейсмогенным и техногенным воздействиям // Проблема оценки и прогноза устойчивости геологической среды г. Иркутска. Иркутск: ИрГТУ, 1997. С. 9-21.

29. Лобацкая Р.М. Структурная зональность разломов. М.: Недра, 1987, 129 с.

30. Лобацкая Р.М., Намолова М.М. Пояснительная записка к карте неотектоники Нижнеканского гранитоидного массива и сопредельных территорий в масштабе1:200 000. Отчет. Иркутск, 2002.

31. Логачев Н.А., Шерман СИ., Леей К.Г. Геодинамическая активность литосферы территории Сибири // Докл. АН СССР. 1986. Т. 289, № 6. С. 1458-1461

32. Логачев Н.А., Шерман СИ., Леей К.Г. Геодинамические режимы и факторы геодинамической активности литосферы // Геодинамика внутриконтинентальных горных областей. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. С. 299-307.

33. Логачев Н.А., Шерман СИ., Леей К.Г., Трифонов В.Г. Геодинамическая активность литосферы Азии. Основы анализа и принципы картирования // Геодинамика и развитие тектоносферы: Тр. тектонического совещания. М.: Наука, 1991. С. 31-39.

34. Логачев НА., Шерман СМ., Леей К.Г. Геодинамическая активность литосферы Сибири в кайнозое // Геология и геофизика. 1987. № 8. С. 3-10.

35. Лопатин А.П. Схема разрывных нарушений по данным дешифрирования аэро- и космоснимков и геоморфологического анализа рельефа. Отчет. Красноярск, Госцентр «Природа», 1997.

36. Лопатин А.П. Схема разрывных нарушений по данным дешифрирования аэро- и космоснимков и геоморфологического анализа рельефа. Отчет. Красноярск, Госцентр «Природа», 1997.

37. Лунина О.В. 2001. Влияние напряженного состояния литосферы на соотношения параметров сейсмогенных разрывов и магнитуд землетрясений. Геология и геофизика, 42, 1389-1398.

38. Марков Г.Н., Савченко С.Н. Напряженное состояние пород и горное давление в структурах гористого рельефа. Л., Наука, 1984, 140 с.

39. Методические рекомендации по детальному сейсмическому районированию / Авторы Ф.Ф. Аптикаев, Р.Н. Ибрагимов, В.И. Кнауф и др. / Вопросы инженерной сейсмологии. Вып.19. 1980.

40. Милановский Е.Е. Новейшая тектоника Кавказа. М., Недра, 1968, 483 с.

41. Никитин М.Ю., Никонов А.А., Болотов С.Н., Беляков Г.А. Палеосейсмодислокации в бассей-не р. Ардон и их значение для оценки сейсмического потенциала Большого Кавказа. Доклады Академии Наук, 1993, 330, 740 - 744.

42. Никонов А.А. О сильных землетрясениях на Большом Кавказе в I тысячелетии н.э.: пере-смотр исходных данных и каталога. Физика Земли, 1994, № 7-8, 107-112.

43. Никонов А.А. Сильнейшее землетрясение Большого Кавказа 14 января 1668 г. Физика Зем-ли, 1982, N 9, 90 - 106.

44. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР. М.: Наука, 1977. 535 с.

45. Отчет "Инженерные изыскания для обоснования инвестиций в строительство газопровода от с. Дзуарикау (РСО-Алания) до г. Цхинвал (РЮО)" ООО ГП "Севкавгеопроект".2005.

46. Отчет «Оценка сейсмической опасности Зарамагской ГЭС-1». Том 1 «Детальное сейсмическое районирование и сейсмическое микрорайонирование». АО «Институт Гидропроект», Москва, 1996.

47. Отчет о сейсмическом микрорайонировании территории г. Владикавказа. Том 1. Текст. Книга 1. Инженерно-геологические и сейсмические исследования. ГО «Росстройизыскания», трест «СтавропольТИСИЗ», Кавминводское отделение. Пятигорск, 1991.

48. Палеосейсмогеология Большого Кавказа М., Наука, 1979, 188 с.

49. Протодьяконов М.М. (мл.) Коэффициент крепости / горных пород профессора М.М. Протодьяконова // Вопросы разрушения и давления горных пород. М.: Углетехиздат, 1955. С. 42-55.

50. Рогожин Е.А. Барисахское землетрясение 1992 г. на южном склоне Большого Кавказа: текто-ническая позиция очага. Сейсмичность и сейсмической районирование Северной Евразии, вып. 1, 1993, 148-151.

51. Рогожин Е.А. и др. Комплексный анализ геологических и сейсмологических данных и сейс-мотектоническое представление об очаге Рачинского землетрясения. Физика Земли, 1993, № 3, 70 - 77.

52. Рогожин Е.А., Богачкин Б.М. 1993. Альпийская и новейшая тектоника района Рачинского землетрясения. Физика Земли, № 3, 3 - 11.

53. Рогожин Е.А., Борисов Б.А., Богачкин Б.М. 1991. Рачинское землетрясение (Грузия, 29 апреля 1991 г.): материалы геологического обследования. ДАН СССР, т. 312, 353 - 358.

54. РСМ-85. Рекомендации по сейсмическому микрорайонированию при инженерных изысканиях для строительства. 1985.

55. РСН 60-86 Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Нормы производства работ. 1987.

56. РСН 65-87 Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Технические требования к производству работ. 1988.

57. Ружич В.В. Сейсмологические исследования в районе Дивногорска-Красноярска для уточнения карты сейсмического районирования г. Красноярск КНИИГиМС, 2001.

58. Ружич В.В. Уточнение исходного балла сейсмической опасности для объектов ГХК (дополнения и уточнения к отчету ИЗК СО РАН), г. Красноярск, КНИИГиМС, 2001.

59. Ружич В.В., Кореневский А.Г. и др. Геолого-геофизическое изучение восточной части Алтае-Саянской сейсмической зоны с целью оценки сейсмобезопасности особо значимых объектов (ГЭС, ГХК, промышленных агломераций). Сейсмологические исследования в районе Дивногорска–Красноярска для уточнения карты сейсмического районирования. Отчет. Красноярск, КНИИГиМС, 2001, 617 с.

60. РященкоТ.Г., Макаров С.А., Акулова В.В. Критерии геоэкологического анализа и оценка опасности территории Прибайкалья // Анализ и оценка природных рисков в строительстве: Материалы Междунар. конф. М., 1997. С. 120-122.

61. Сейсмическая шкала и методы измерения сейсмической интенсивности. М.: Наука, 1975. 274 с

62. Сейсмическое районирование Восточной Сибири и его геолого-геофизические основы / Отв. ред. чл.-кор. АН СССР В.П. Солоненко. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1977. 302 с.

63. Сейсмическое районирование территории Российской Федерации. Карта М: 1 8000000 на 4-х листах. Главные редакторы В.Н. Страхов и В.И. Уломов. М.: ОИФЗ – РОСКАРТОГРАФИЯ, 2000.

64. Сейсмическое районирование территории СССР. М.: Наука, 1980. 307 с.

65. Сибгатулин В.Г., Симонов К.В., Перетокин С.А. Оценка сейсмической опасности юга Центральной Сибири. Красноярск: КНИИГиМС, 2004, 194 с.

66. СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.

67. СНиП 2.05.06-85 Магистральные трубопроводы. 1985.

68. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ.

69. Справочник (кадастр) физических свойств горных пород. М.: Недра, 1975. 279 с.

70. Строительство в сейсмических районах: СНиП 11-7-81*. М.: Стройиздат, 2000. 44 с.

71. Строительство в сейсмических районах: СНиП П-7-81. М.: Стройиздат, 1982. 49 с.

72. Строительство в сейсмических районах: СНиП П-А. 12-69. М.: Стройиздат, 1977. 56 с.

73. Стром А.Л. 1998. Количественные характеристики сейсмогенных разрывов и их использование в палеосейсмогеологии и инженерной геологии. Кандидатская диссертация, М.

74. Стром А.Л., Никонов А.А. 1997. Соотношение между параметрами сейсмогенных разрывов и магнитудой землетрясений. Физика Земли, № 12, 55-67.

75. Стром А.Л., Никонов А.А. 1999. Распределение смещений вдоль сейсмогенных разрывов и учет неравномерности подвижек при палеосейсмологических исследованиях. Вулканология и сейсмология, № 6, 47-59.

76. Технический отчет «Обоснование инвестиций в строительстве газопровода от с. Дзуарикау (РСО-Алания) до г. Цхинвал (РЮО)» Часть: Инженерные изыскания. Том I текст, том II графические приложения. ООО ГП «Севкавгеопроект», Ессентуки, 2005.

77. Технический отчет «Предварительная оценка сейсмологических и сейсмотектонических условий трассы проектируемого газопровода Изобильное - граница Турции». ОГЭИ МАИ, ИМЦстройизыскания, Москва, 1997

78. Трофимов В. Т., Осипов В.И. Особенности оценки горных пород при изучении геологической среды // Инженерно-геологические аспекты рационального использования и охраны геологической среды. М.: Наука, 1981. С. 36-69.

79. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высшая школа, 1997. 543 с.

80. Уломов В.И., Шумилина Л.С. Проблемы сейсмического районирования территории России // М.: ВНИИНТИ, Госстрой России. 1999, 56 с.

81. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии: нормы проектирования сейсмостойких атомных станций, НП-031-01. М.: Госатомнадзор, 2001.

82. Чипизубов А.В. 1998. Выделение одноактных и одновозрастных палеосейсмодислокаций и определение по их масштабам магнитуд палеоземлетрясений. Геология и геофизика, 39, № 3, 386-398.

83. Шерман СИ. Физические закономерности развития разломов земной коры. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1977. 102 с.

84. Шерман СИ., Бержинский Ю.А., Демьянович И.И. и др. Региональная шкала сейсмической интенсивности для Прибайкалья // Проблемы сейсмичности Дальнего Востока. Новая карта сейсмического районирования ОСР-97, ее роль и значение для Петропавловска-Камчатского и области: Тез. докл. Петропавловск-Камчатский, 1997а. С. 135.

85. Шерман СИ., Бержинский Ю.А., Демьянович Н.И., Павленов В.А. Региональная шкала сейсмической интенсивности для Прибайкалья // Проблемы сейсмичности Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский, 1999а. С. 135-137.

86. Шерман СИ., Бержинский Ю.А., Павленов В.А. Некоторые проблемы построения региональной шкалы сейсмической интенсивности и пути их решения // Проблемы земной цивилизации. Вып. 1, ч. 1. Иркутск: ИрГТУ, 19996. С. 156-164.

87. Шерман СИ., Бержинский Ю.А., Павленов В.А. Региональная шкала сейсмической интенсивности для Прибайкалья // VI Междунар. конф. "Современные методы

88. Шерман СИ., Бержинский Ю.А., Павленов В.А., Демьянович Н.И. Базовая основа региональной шкалы сейсмической интенсивности для Прибайкалья // Проблемы сейсмичности Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский, 2000. С. 192-203.

89. Шерман СИ., Борняков С.А., БуддоВ.Ю. Области динамического влияния разломов. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983. 101 с.

90. Шерман СИ., Днепровский Ю.И. Поля напряжений земной коры и геолого-структурные методы их изучения. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989. 157 с.

91. Шерман СИ., Лунина О.В. Новая карта напряженного состояния верхней части литосферы Земли // Докл. РАН. 2001. Т. 378, № 5. С. 672-674.

92. Шерман СИ., Рашутина Н.В., Демьянович Н.И. и др. О согласовании макросейсмических и инженерно-геологических данных при построении шкалы сейсмической интенсивности для Прибайкалья // Проблемы оценки и прогноза устойчивости геологической среды г. Иркутска. Иркутск: ИрГТУ, 19976. С. 133-140.

93. Шкала и система измерения сейсмической интенсивности в баллах // Сейсмическая шкала и методы измерения сейсмической интенсивности. М.: Наука, 1975. С. 7-10.

94. Щербаков А.Н., Шумейко М.В., Бедеров А.А., Кузьмин Ю.О. Страховой аспект современной аномальной геодинамики недр // Страховое дело, 2006, №10, С.11-14.

95. Bonilla, M.G., R.K. Mark, and J.J. Lienkaemper, Statistical relations among earthquake magnitude, rupture length and surface fault displacement, Bull. Seism. Soc. Am, 74, 2379-2412, 1984.

96. Стром А.Л. 1993. Сопоставление параметров современных и палеосейсмотектонических дисло-каций. Физика Земли, , N 9, 38 - 42.

97. Dowrick, D.J., Rhoades D.A. 2004. Relations betwen earthquake magnitude and fault rupture dimensions: how regionally variable are they? Bull. Seism. Soc. Am., 94, 776-788. fifth international conference on Seismic Zination. France, Nice, 1995. P. 1106-1114.

98. Haeussler, P.J., Schwartz D.P., et al. 2004. Surface rupture and slip distribution of the Denali and Totschunda faults in the 3 November 2002 M 7.9 earthquake, Alaska. Bull. Seism. Soc. Am., 94, No 6B, S23-S52.

99. Li Xiao, Yi Mingchu, Wang Lianqing, Qiao Zijing. A note on the compilation of map of crustal stability zonation in China // J. Geomech. 1995. Vol. 1, N 3. P. 23-29.

100. Map project // Geophys. Res. 1992. N 8. P. 11703-11728

101. Nemcok A. 1972. Gravitational slope deformation in high mountains. In Proc. 24th Int. Geol. Congress, Montreal, sect. 13: 153-157.

102. Radbruch-Hall D.H. 1978. Gravitational creep of rock masses on slopes. In B.Voight (ed), Rockslides and Avalanches, V. 1 Natural Phenomena: 607-657. Amsterdam: Elsevier.

103. Sherman S.I., Berzhinsky Yu.A., Pavlenov V.A. The basic principles of regional

104. Strom A.L. 2004. Rock avalanches of the Ardon River valley at the southern foot of the Rocky Range, Northern Caucasus, North Osetia. Landslides, V.1, No 3, 237-241

105. Wells D.L., Coppersmith K.J. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. Bull. Seism. Soc. Am., 84, 974 - 1002, 1994.

106. Смирнов С.Б. Ударно-волновая концепция сейсмического разрушения сооружений // Энергетическое строительство. 1992. №9,

107. Смирнов С.Б. Обоснование причин разрушения «сейсмостойких» зданий - эффективные меры их сейсмозащиты // Энергетическое строительство 1994. №4.

108. A survey report for building Damages due to the 1995 Hyogo-Ken Nanby Earthquake; Building Research Institute of Japan, March 1996.

109. Смирнов С.Б. Анализ достоверности информации о сейсмическом воздействии, содержащейся в акселерограммах // Бетон и железобетон. 1995. №1.

110. Бондаренко, В.М. Концептуальные основы проектирования сейсмостойких зданий и сооружений /В.М. Бондаренко, Б.В. Гусев, А.М. Курзанов. ПГС. 1997. № 3.

111. Смирнов, С.Б. О новых принципах эффективной сейсмоизоляции зданий и о реальной ситуации в этой сфере /С.Б. Смирнов. ПГС. 1997. № 3.

112. Смирнов, С.Б. Решение надежной сейсмоизоляции зданий и сооружений /С.Б. Смирнов ПГС. 1999. № 10.

113. Кириков, Б.А. Древнейшие и новейшие сейсмостойкие конструкции /Б.А. Кириков. М.: Наука. 1990. 72 с.

114. Кириков, Б.А. Сейсмостойкость древних сооружений /Б.А. Кириков. М.: Наука. 1992. 136 с.

115. Айзенберг, Я. М. Концепция Федеральной программы сейсмической безопасности Российской Федерации (200-2010). Основные аспекты./ Я.М. Айзенберг. Ж. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений.2001. № 4.

116. Патент № 2206665. Российская Федерация. Пространственная фундаментная платформа /Абовский Н.П., Абовская С.Н., Енджиевский Л.В., Майстренко Г.Ф., Драчев М.В., Невзоров А.И. БИ . № 17, 2003.

117. Патент № 2273697. Российская Федерация. Пространственная фундаментная платформа, объединенная с резервуаром, для строительства на слабых, вечномерзлых, пучинистых грунтах и в сейсмических зонах /Абовский Н.П., Абовская С.Н., Поповский Б.В., Майстренко Г.Ф., Сапкалов В.И. БИ №10.2006 .

118. Патент № 38789. Российская Федерация. Сборная пространственная железобетонная фундаментная платформа для строительства многоэтажных зданий в особых грунтовых условиях /Абовский Н.П., Сапкалов В.И. БИ 19. 2004.

119. Патент № 45410. Российская Федерация. Монолитная пространственная фундаментная платформа /Абовский Н.П., Сапкалов В.И., Сиделев В.А. . БИ №13, 2005.

120. Патент № 50553. Российская Федерация. Пространственная фундаментная платформа под агрегаты с динамической нагрузкой для строительства на слабых и вечномерзлых грунтах /Абовский Н.П., Сапкалов В.И., Шкляева Е.А. БИ № 2. 2006.

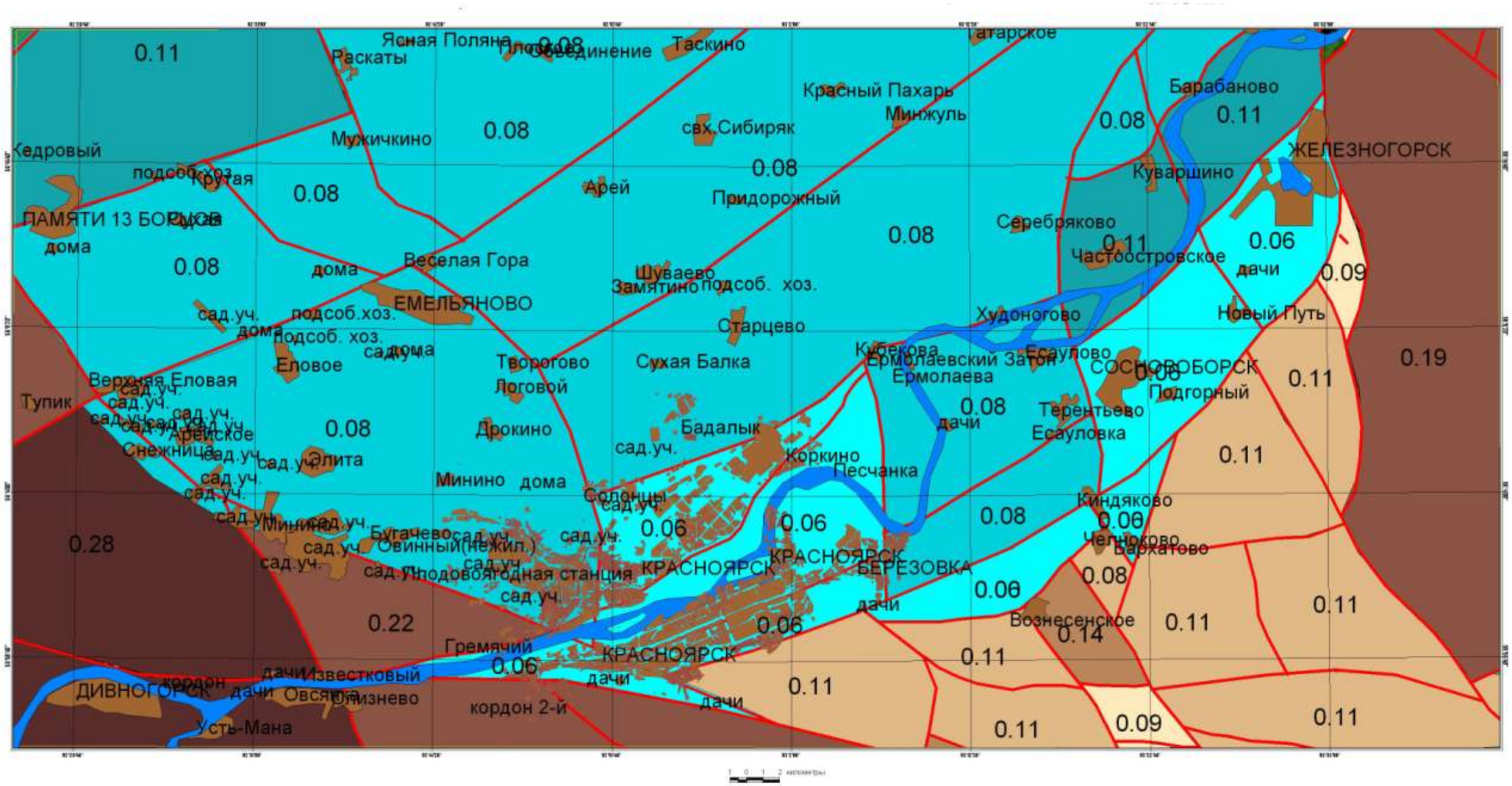
121. Патент № 55388. Российская Федерация. Пространственная железобетонная фундаментная платформа для малоэтажных зданий для строительства в особых грунтовых условиях и сейсмичности в сборном и монолитном вариантах / Сиделев В.А., Абовский Н.П., Попович А.П., Сапкалов В.И., Карасев Д.В. БИ № 22. 2006.

122. Патент № 64650. Российская Федерация. Пространственная фундаментная платформа под здания и сооружения для строительства на слабых, просадочных, пучинистых грунтах и в сейсмических зонах /Абовский Н.П., Андреев Н.П., Сиделев В.А., Сапкалов В.И. БИ № 19. 2007.

123. Патент № 69094. Российская Федерация. Пространственная железобетонная фундаментная платформа в сборном и сборно-монолитном вариантах под малоэтажное строительство в сложных грунтовых условиях и сейсмики / Абовский Н.П., Сиделев В.А., Желтов В.И., Сапкалов В.И., Корневец Е.С., Мутовина Е.А. БИ № 34. 2007.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Неотектоническая схема разломно-блокового строения территории Красноярской промышленной агломераци



Величина эрозионного среза (м) в дифференцированных неотектонических блоках земной коры

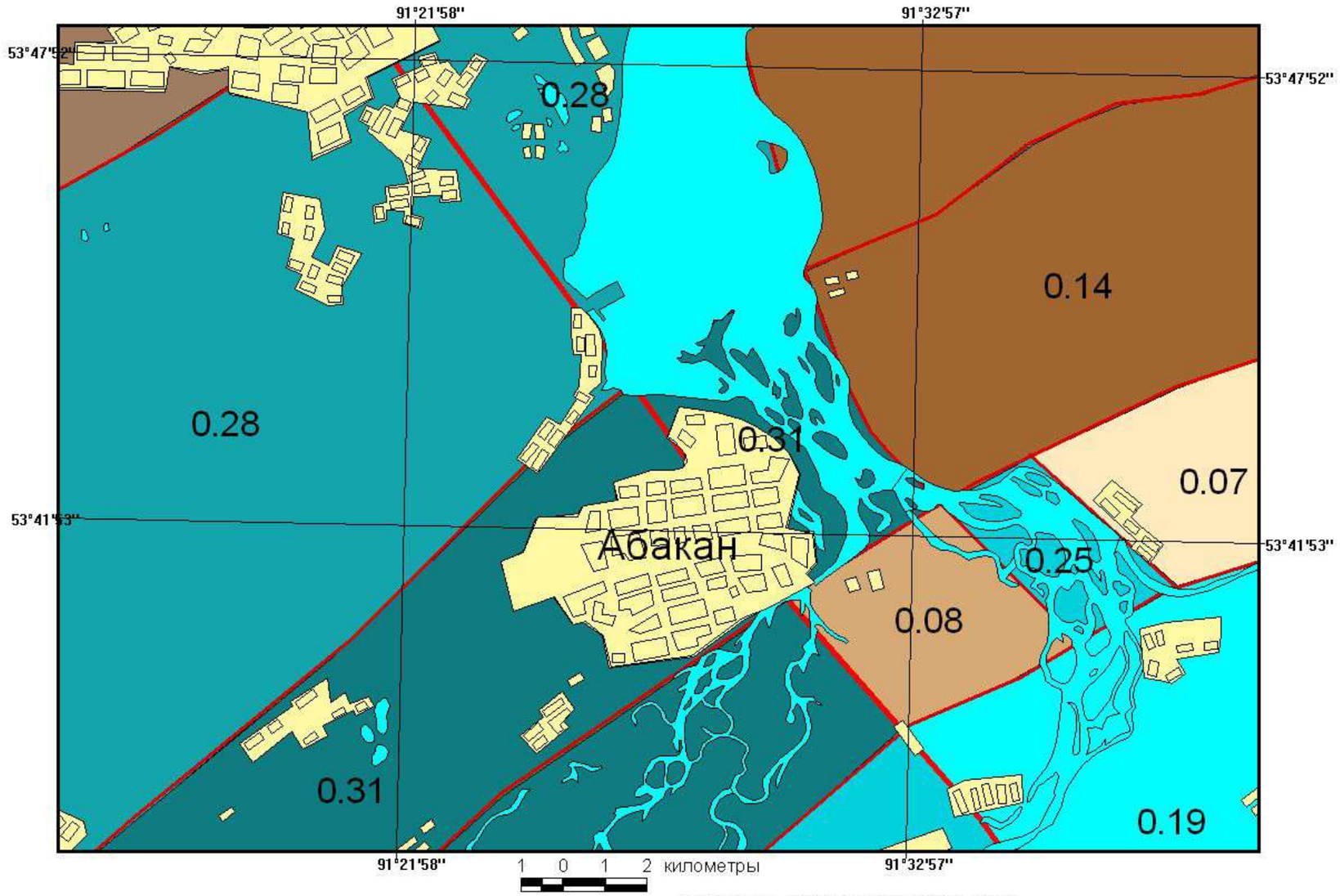
подновленные в кайнозое разломы и линейные геодинамически ослабленные зоны, дешифрируемые в рельефе

0,28 *средняя скорость вертикальных движений за неотектонический период (1,8 млн. лет), (мм/год)*

С тенденцией к поднятию	*С тенденцией к погружению*
менее 150	*менее 50*
151 - 200	*51 - 100*
201 - 250	*101 - 150*
251 - 400	*151 - 200*
401 - 500	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Неотектоническая схема разломно-блокового строения территории г. Абакан и его окрестностей



ПРИЛОЖЕНИЕ В

Методика оценки геодинамического риска и ущерба

Экономический ущерб имеет две составляющих – это прямой и косвенный экономические ущербы. Под прямым экономическим ущербом от ЧС понимают выраженные в стоимостной форме затраты, потери и убытки, обусловленные именно этим событием в данное время и в данном конкретном месте. К косвенному экономическому ущербу от ЧС могут быть отнесены вынужденные затраты, потери и убытки, связанные с вторичными эффектами природного, техногенного или социального характера. Косвенный ущерб, в отличие от прямого, может проявляться через длительный (от момента катастрофического события) отрезок времени. Косвенный ущерб не имеет четко выраженной территориальной принадлежности и носит по большей части так называемый каскадный эффект, т.е. вторичные действия порождают следующую серию действий и, соответственно, косвенных ущербов.

Оценка экономического ущерба от геодинамического воздействия. Стоимостной оценке экономического ущерба от геодинамического воздействия предшествует определение его вероятностной составляющей. Последовательность вероятностной оценки реализации катастрофического ущерба представляется следующим образом.

Определяется стационарная компонента (число объектов, находящихся на потенциальной территории) функции прямого экономического ущерба:

$$X_i = n_i S_i,$$

где $X_1,...,X_k$ – стационарная компонента функции экономического ущерба, т.е. число объектов (люди, здания, культурные ценности и т.д.), находящихся на потенциально опасной территории типа i; $n_1,...,n_k$ – число территорий типа i с заданной вероятностью опасности катастрофы; $S_1,...,S_k$ – максимальное число объектов, которые могут находиться на территории типа i.

Оценивается функция прямого экономического ущерба:

$$P(t) = \sum_{i=1}^{k} X_i Z_i(t),$$

$$Z_i(t) = \sum_{j=1}^{m} N_i^j(t),$$

где $Z_i(t)$ – динамическая функция социально-экономических изменений, происходящих на рассматриваемых территориях;

N_i^j – число объектов, которые образуются в результате социально-экономических изменений и имеющих некоторую вероятность катастрофического нарушения, $i = 1,..., k,\ j = 1,..., m.$

Рассчитывается косвенный экономический ущерб от геодинамического воздействия. В общей величине экономического ущерба весома доля косвенного ущерба. Его формирование в наибольшей степени обусловлено каскадными эффектами в окружающей среде и циклическими связями в экономике. Принцип формирования косвенных потерь из-за наличия циклических связей в экономике следующий: например, разрушается ГЭС; из-за этого недопроизводится некоторое количество электроэнергии; на следующем цикле из-за нехватки электроэнергии недополучаем некоторое количество стали, необходимой для машиностроительного производства и т.д. это можно представить формулой:

$$K = \sum_{j=1}^{n} \alpha_j^1 T_j^1 + \sum_{m=2}^{M} \sum_{j=1}^{n} T_j^{m-1} \sum_{i=1}^{N} \alpha_i^m \alpha_{ji}^m,$$

где K – полный косвенный экономический ущерб от цепочки потерь продукции в народном хозяйстве в результате некоторого катастрофического геодинамического события; M – число циклов; N – число объектов; n – число территорий; T_j^1 – количество продукции j, которая не выпущена на первом цикле в результате катастрофы; α_{ji}^m – количество выпуска единиц продукции i на единицу продукции j в цикле m; α_j^1 – упущенный доход в связи с потерей единицы продукции j в первом цикле; α_i^m – упущенный доход в связи с потерей единицы продукции i в цикле m.

Определяется полный экономический ущерб:

$$Q = P(t) + K,$$

где K – полный косвенный экономический ущерб, $P(t)$ – прямой экономический ущерб.

Рассматривается также общий случай оценивания функции распределения вероятности экономического ущерба. Так как рассматривается случайная функция *Q(t),* то для построения закона распределения необходимо зафиксировать время $t=t_1$, тогда получим случайную величину $Q(t_1)$. Для того, чтобы получить более полную характеристику распределения экономического ущерба необходимо взять хотя бы две случайные величины $Q(t_1)$, $Q(t_2)$, где t_1 и t_2 – фиксированы; в результате получим систему случайных величин.

Оценка геодинамического риска, как меры опасности – основной этап в решении проблемы оценки геодинамической опасности, в которой определяются потенциальные

факторы, способные неблагоприятно воздействовать на человека, общество и природу. Геодинамический риск сочетает в себе вероятность неблагоприятного события и объем этого события (потери, ущерб, убытки). Эти две меры взаимосвязано оцениваются в экспертных системах поддержки принятия решений в условиях неопределенности и опасности. Строя комбинации этих мер, адекватных сложившейся ситуации, возможно оценить уровень геодинамической опасности для принятия решений на последующие действия.

Таким образом, геодинамический риск *R* определяется как вероятностная мера потерь, установленная для участка земли за определенное время: R=*P(H)*P(F/H),* где *P(H)* – вероятность опасности, *P(F/H)* – вероятность потерь (уязвимость) для участка земли при реализации опасности.

Геодинамический риск может также оцениваться как усредненный среднемноголетний ущерб *Y: Y(H) = P(H)*ν(H)*V(H)*D*, где *ν(H)* – интенсивность опасности для участка земли (уязвимость участка), *V(H)* – степень уязвимости (вероятность разрушения объектов), *D* – балансовая стоимость объектов на участке земли. Процедура оценки уязвимости предполагает выполнение следующих этапов работы. Классификацию объектов риска по их состоянию, структуре и свойствам, определяющим в совокупности характер реакции на воздействие наводнений. Паспортизацию объектов риска на заданной территории, т.е. отнесение каждого объекта к тому или иному классу, оценка стоимости объекта и т.д. Определение функций уязвимости для каждого класса объектов, т.е. оценка соотношения между геодинамическим воздействием и степенью ущерба.

Величина ущерба от геодинамическим воздействия интенсивности *i* в зоне *j* – того типа составляет:

$Y = \sum_{i,j} R_{ij} * S_j$, где *Sj* – балансовая стоимость зданий *j* – того типа застройки (в *j* – той зоне); $Rij = \sum_{l} K_l * N_{il}$, где *l* – степень повреждения зданий при *l = 0,1,2,3,4; Kl* – ущерб для зданий со степенью повреждения *l* в долях от общего числа зданий *j* – ой зоны геодинамического воздействия *i* – той интенсивности; *Kl*Nil* – относительный ущерб для зданий *j* – той зоны со степенью повреждения *l.*

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Методика оценки состояния объекта в результате геодинамического воздействия на основе теории нечетких множеств.

При исследовании геодинамических воздействий от сильных землетрясений одна из наиболее сложных задач заключается в количественном описании повреждений уникальных технических сооружений и в оценке геодинамического риска для таких сооружений. В современной практике технические сооружения разного рода могут быть подвергнуты как экспериментальному, так и аналитическому изучению. Известно, что такие общие процедуры анализа существуют, однако, детализированная методология, особенно процесс принятия решения, остается в сфере компетентности относительно немногих лиц и основывается главным образом на интуиции экспертов, а не на вычислительных процедурах.

При решении этой задачи многим входным данным невозможно сопоставить количественное значение, часто они определяются качественными признаками такими, как «много», «сильное» и так далее. Поэтому модели, построенные на числовых оценках входных данных, являются неточными. Входные данные также зависят от субъективной оценки экспертов и содержат в себе неопределенность и неоднозначность, которые важно учитывать в процессе принятия решения. В настоящее время признано, что теория нечетких множеств полезна при решении проблем в случае, когда данные представлены в форме лингвистических выражений (словесно) и зависят от субъективных оценок экспертов.

Рассматривая состояние объекта, важно определить само понятие повреждения как пример нечеткого множества. Естественно, оно зависит от многих параметров (входных данных) таких как материал, характеристика фундамента, изменение коэффициента затухания колебаний, наличие деформаций трещин в колоннах и так далее. В таких обстоятельствах, включающих многие факторы, сложно построить простой классификатор, отображающий многомерное пространство признаков в определенный набор категорий. Кроме того, поскольку не существует хорошо установленного способа определять состояние повреждения, следует эффективно использовать знания, которые могут предоставить опытные инженеры. Поэтому эффективный подход к построению классификатора должен отражаться на логике экспертных рассуждений, которые реализуют экспертные системы.

Важным моментом оценки состояния повреждения объекта является также количественная оценка, ущерб. Ущерб – это результат негативного изменения вследствие каких-либо событий, явлений, выражающихся в нарушении целостности объектов или ухудшении их свойств. Ущерб от стихийного бедствия или аварии равен затратам на восстановление положения, существовавшего до их наступления.

Модель оценки состояния объекта. Пусть U – универсальное множество всех критериев (свойств), по которым оценивается состояние объекта:

$$U = \{a_i, i = \overline{0, N}\},$$

где a_i – критерий, по которому оценивается объект. Тогда состоянием объекта будем называть нечеткое множество B, определяющее степень повреждения объекта.

$$B = < U, \mu > = \{a_1 \mid \mu_1 + a_2 \mid \mu_2 + ... + a_N \mid \mu_N\},$$

где функция принадлежности μ_i показывает, в какой мере объект обладает выбранным свойством a_i .В простейшем случае в качестве U может быть числовое множество

$$U = \{a_i = i, i = \overline{0, N}\},$$

где критерий a_i – есть факт того, что объект имеет суммарное повреждение силы i. На первый взгляд это упрощение может показаться очень сильным. Однако существуют различные методы классификации состояния повреждения объекта, и было установлено, что все их можно свести к нечетому множеству при соответсвующем выборе функции принадлежности. На рисунке 3.1 представлено возможное состояние объекта:

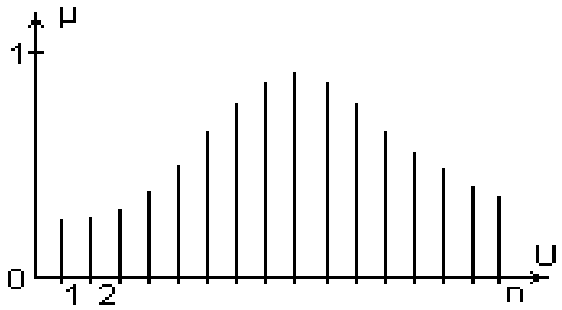


Рис. 3.1. Оценка функции принадлежности

Лингвистические переменные. Относительно нечеткого множества B вводим лингвистическую переменную «Состояние повреждения» = {«нет», «легкое», «умеренное», «сильное», «разрушительное»}.

Каждое значение лингвистической переменной характеризуется нечетким множеством. Например, если $U = \{a_i = i, i = \overline{0, N}, N = 16\}$, то можно рассматривать следующие нечеткие множества (рис. 3.2 а–д).

«нет»

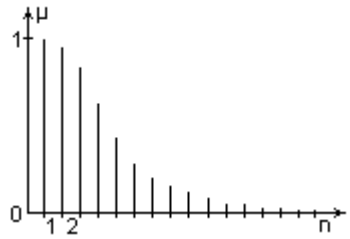


Рис. 3.2 а. Нечеткое множество состояния объекта, не имеющего повреждений.

«легкое»

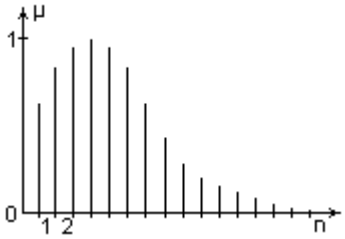


Рис. 3.2 б. Нечеткое множество состояния объекта, имеющего легкое повреждений.

«умеренное»

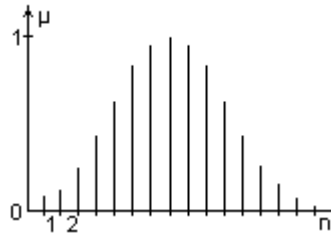


Рис. 3.2 в. Нечеткое множество состояния объекта, имеющего умеренное повреждений

«сильное»

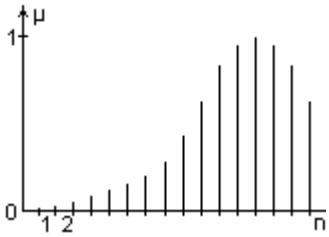


Рис. 3.2 г. Нечеткое множество состояния объекта, имеющего сильное повреждений

«разрушительное»

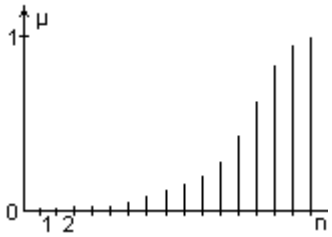


Рис. 3.2 д. Нечеткое множество состояния объекта, имеющего разрушительное повреждений

Здесь функция принадлежности μ имеет экспоненциальный вид $\mu(a_i) = c_i \cdot e^{\frac{(a_i - b_i)^2}{d_i}}$. При некотором суммарном повреждении a_i таком что $a_i=b_i$ можно абсолютно уверенно отвечать, что объект принадлежит к классу i. Однако чем более отличается степень суммарного повреждения a_i от b_i тем с меньшей уверенностью его можно отнести к данному классу. Например, на рис. 3.2 д. $b_i=16$, то есть наиболее верно, что объект имеет повреждение суммарной силы $n=16$, и неверно, что объект не имеет повреждение.

Нечеткий вывод. Входные параметры. Известны многие признаки, определяющие состояние повреждения, а также выявлены основные. Их можно разделить на следующие группы.

1. Множество признаков на основе визуального осмотра экспертами:

A_1 – наличие деформаций и трещин в колоннах, балках, соединениях полов, потолков, внешних и внутренних стен, дверей, окон, лестниц, несущих перегородок.

2. Множество признаков, получаемых из записей акселерометра:

A_2 – изменение характеристик собственных колебаний при вибрации здания;

A_3 – изменение коэффициента затухания колебаний;

A_4 – общее поглощение и рассеяние энергии во время землетрясения.

3. Множество признаков из справочной информации об объекте:

A_5 – строительный материал;

A_6 – высота и число этажей;

A_7 – характеристика фундамента и грунта;

A_8 – возраст сооружения.

Некоторые из признаков могут быть определены численно, другие задаются лингвистически (словесно). Однако налагая предположение о неточности и (или) субъективности исходных данных будем считать, что каждый признак является нечетким множеством.

Аппарат вывода. Логика экспертных рассуждений реализуется в экспертных системах. Экспертная система - программное средство, использующее экспертные знания для обеспечения высокоэффективного решения неформализованных задач в узкой предметной области. Основу ЭС составляет база знаний о предметной области, которая заполняется специалистами предметной области в процессе построения и эксплуатации ЭС.

База знаний состоит из множества правил:

Если (A), то (B),

где А – предпосылка, а В – следствие.

Причем рассматривается неопределенность двух типов: неопределенность предпосылки и неопределенность самого правилаю.

Одним из возможных правил может быть следующее

Если: 1) A_1 много

и 2) A_5 железобетон

то: весьма возможно (0,5), что Общее повреждение сильное.

Предпосылкой данного правила является факт того, что лингвистическая переменная A_1 примет значение «много», а лингвистическая переменная A_5 примет значение «железобетон». Результатом (следствием) является значение «сильное» лингвистической переменной В «Общее повреждение».

Рассмотрим параметр A_1:

Пусть

$$U(A_1) = \{r_i \in R \mid 0 < r_i < 100, i = \overline{1, N}\},$$

то есть $U(A_1)$ есть процент числа трещин в объекте, тогда

$$B(A_1) = < U(A_1), \mu^1 > = \{r_1 \mid \mu_1^1 + r_2 \mid \mu_2^1 + ... + r_N \mid \mu_N^1\}$$

– нечеткое множество, определяющее насколько верно утверждение, что объект имеет некоторый процент повреждений.

Относительно нечеткого множества $B(A_1)$ введем лингвистическую переменную A_1 :

«Наличие деформаций» = {«нет», «мало», «средне», «много»}

К примеру, значение лингвистической переменной A_1 «много» есть нечеткое множество (рис. 3.3)

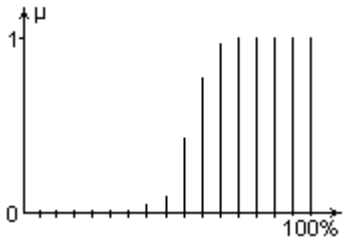


Рис. 3.3. Нечеткое множество «много» лингвистической переменной «наличие деформаций»

Рассмотрим параметр A_5. Пусть

$$U(A_5) = \{b_i, i = \overline{1, N}\},$$

то есть $U(A_5)$ есть множество характеристик материала, которыми определяются необходимые его свойства, тогда

$$B(A_5) = < U(A_5), \mu^5 > = \{b_1 \mid \mu_1^5 + b_2 \mid \mu_2^5 + ... + b_N \mid \mu_N^5\}$$

– нечеткое множество, определяющее степень обладания объекта каждым из характеристик. Относительно нечеткого множества $B(A_5)$ введем лингвистическую переменную A_5.

«Строительный материал» = {«железобетон», «дерево», «кирпич», …

Рассмотрим B_1, результат правила вывода. Пусть

$$U(B_1) = \{a_i = i, i = \overline{0, N}\}$$

тогда значение «сильное» лингвистической переменной B_1 “ОБЩЕЕ ПОВРЕЖДЕНИЕ” есть нечеткое множество

$$B(B_1) = < U(B_1), \mu^b > = \{a_1 \mid \mu_1^b + a_2 \mid \mu_2^b + ... + a_N \mid \mu_N^b\}$$

Но так как данное утверждение “весьма” верно, то есть с вероятностью 0.5, то нечеткое множество “весьма верно, что B_1 - сильное ”:

$$B(B_1) = < U(B_1), \mu^b > = \{a_1 \mid 0.5 * \mu_1^b + a_2 \mid 0.5 * \mu_2^b + ... + a_N \mid 0.5 * \mu_N^b\} =$$
$$= \{a_1 \mid \mu'^b_1 + a_2 \mid \mu'^b_2 + ... + a_N \mid \mu'^b_N\} = < U(B_1), \mu'^b > = B'(B_1).$$

Рассмотрим нечеткое отношение между нечеткими множествами R с соответствующей функцией нечеткого отношения:

$$R = < A_1 \times A_5 \times B'_1, \mu(r,b,a) > .$$

Так как параметры *r, b, a* – независимы, то есть функция принадлежности каждого не зависит от других значений других функций принадлежности, тогда верно

$$\mu(r,b,a) = \mu^1(r) \wedge \mu^5(b) \wedge \mu'^b(a),$$

где операция $\wedge$ есть функция min.

Для каждого правила, в котором предпосылками будут значения лингвистических переменных A_1, A_5,построим нечеткое отношение R_i. Тогда результирующее нечеткое отношение на нечеткие множества A_1, A_5 будет равно

$$R = R_1 \vee R_2 \vee ... \vee R_M$$

со следующей функцией принадлежности:

$$\mu^R(r,b,a) = \mu^{R_1}(r,b,a) \vee \mu^{R_2}(r,b,a) \vee ... \vee \mu^{R_M}(r,b,a).$$

Рассмотрим процесс реализации правила вывода. Пусть $B(A_1)$, $B(A_5)$ – некоторые нечеткие множества, тогда результатом правил вывода будет нечеткое множество

$$B(A_5) = < U(A_5), \mu^5 > = \{b_1 \mid \mu_1^5 + b_2 \mid \mu_2^5 + ... + b_N \mid \mu_N^5\}$$

со следующей функцией принадлежности

$$\mu^b(a) = \bigvee_{\forall r}(\mu^1(r) \wedge \mu^c(r,a)) = \bigvee_{\forall r,b}(\mu^1(r) \wedge \mu^5(b) \wedge \mu(r,b,a)),$$

где операция $\vee$ есть функция max.

Таким образом, будет получено нечеткое множество, определяющее состояние общего повреждения объекта. Аналогично, проводятся формулы для других правил вывода. Результатом экспертного анализа является нечеткое множество, представляющее состояние повреждения объекта:

$$B = < U, \mu > = \{a_1 \mid \mu_1 + a_2 \mid \mu_2 + ... + a_N \mid \mu_N\}.$$

Модель оценки ущерба объекта. Пусть ξ – случайная величина, представляющая собой произведенный ущерб в результате возникновения геодинамического воздействия. Пусть σ_{M,a_i} – функция плотности вероятности случайной величины ξ, показывающая вероятность нанесения ущерба некоторой величины (стоимости восстановительных работ). Естественно σ зависит от многих параметров, главными из них являются:

M – описывает силу ожидаемого геодинамического воздействия (для землетрясений это есть магнитуда);

a_i – характеристика рассматриваемого объекта;

Pr – ущерб объекта.

Вид данной функции можно получить, рассматривая статистические данные по ЧС за последние года. Однако можно предположить её вид исходя из общих соображений. График данной функции сильно зависит от параметра a_i, так как в конечном итоге параметр a_i определяет вид функции, тогда как остальные параметры являются параметрами функции σ_{M,a_i}. Предположим, что существуют так называемые устойчивые состояния повреждения объекта. На графике эти состояния отражаются локальными максимумами функции вероятности.

При увеличении Pr функция плотности вероятности будет медленнее убывать и возрастать, так как необходимо рассчитывать на наихудший результат. При некотором Pr_0 функция плотности вероятности будет равна нулю для всех $Pr > Pr_0$. Pr_0 – максимальный ущерб при повреждении объекта. Если объект не связан с другими объектами, то это стоимость данного объекта, иначе необходимо учитывать его влияние на другие объекты.

При увеличении M точка Pr_0 сдвигается на графике вправо.

Пусть

$$f : U \to \{g \in C(R^+) \mid \int g(x)dx = 1, \forall x : g(x) > 0\}$$

функция, отображающая множество критериев в множество функций плотности вероятности случайной величины ущерба:

$$f(a_i) = \sigma_{M,a_i}.$$

Можно обобщить данную функцию на множество нечетких множеств, исходя из принципа обобщения:

$$f(B) = f(\sum \mu^b(a_i) \cdot a_i) = \sum \mu^b(a_i) f(a_i) = \sum \mu^b(a_i) \sigma_{M,a_i}.$$

Тогда

$$f :< U, \mu^b > \to \{g \in C(R^+) \mid \int g(x)dx = 1, \forall x : g(x) > 0\},$$

функция отображения множества нечетких множеств (множество текущих состояний объекта) в множество нормированных непрерывных положительных функций (множество функций плотности вероятности).

Тогда ожидаемым ущербом Q будет математическое ожидание случайной величины ξ и определяется следующим соотношением:

$$Q = E\xi = \frac{1}{n}\sum \left(f(B)(\Pr) \right) \cdot \Pr = \frac{1}{n} \sum_{\Pr} \sum_{i} \mu^b(a_i) \cdot \sigma_{M,a_i}(\Pr) \cdot \Pr.$$

Модель оценки риска. Риском есть ожидаемый ущерб с учетом вероятности возникновения ЧС. Для землетрясений верна следующая формула

$$\Re = \varphi(M) \cdot Q,$$

где $\varphi(x)$) – оцениваемая вероятность происхождения землетрясения магнитуды M;

Q – оцениваемый ущерб уникального объекта при возникновении землетрясения;

$\Re$ – оцениваемый риск.

Однако ее можно обобщить. В этом случае M будет иметь смысл силы ожидаемого геодинамического воздействия. В результате получаем итоговую формулу для оценки геодинамического риска, связанного с уникальным объектом, или техническим сооружением:

$$\Re = \varphi(M) \cdot {}^{1}\!/_{n} \sum_{\Pr} \sum_{i} \mu^{b}(a_i) \cdot \sigma_{M,a_i}(\Pr) \cdot \Pr.$$

Таким образом, предложена модель оценки состояния объекта с использованием теории нечетких множеств. Описан алгоритм вывода состояния объекта на основе входных признаков об объекте. Выделены основные признаки, существенно влияющие на результат оценки состояния объекта. Построена модель оценки ущерба на основе состояния объекта, являющегося результатом нечеткого вывода и получена оценка геодинамического риска.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Методика страхования геодинамических рисков

Экологическое страхование геодинамических рисков. Возможность в период сильных землетрясений крупных аварий в промышленности со значительными экологическими и экономическими последствиями предполагает целесообразность создания специальной системы возмещения экономического ущерба, в большей степени ориентированной на компенсацию потерь окружающей среды и потребителя. Общая постановка задачи исследования эффективных форм экологического страхования предполагает оценку технических и экономических характеристик возможных экологических ущербов, необходимой мощности страховой компании или их объединений, размеры взносов, пределы ответственности, приемлемые для всех участвующих сторон, и взаимосвязи этих параметров.

Данная проблема носит комплексный характер, поэтому для её решения необходимо проведение обширных исследований, которые на начальном этапе включают создание методической и информационной базы, для этого требуется решить три основные задачи:

- анализ доступных опубликованных статистических данных об авариях на объектах риска с целью определения состава и частоты событий, представляющих интерес с точки зрения экологического страхования;

- анализ существующих методов и моделей для оценки физических и экономических последствий аварий на компоненты окружающей среды;

- анализ и развитие методов исследования эффективности экологического страхования применительно к особенностям объектов риска.

Экологическое страхование, прежде всего, предусматривает ответственность страховщика за риски, связанные с загрязнением окружающей среды в результате геодинамического воздействия. Объектом страхования является риск гражданской ответственности, выражающийся в предъявлении страхователю имущественных претензий физическими и юридическими лицами в соответствии с нормами гражданского законодательства о возмещении ущерба за загрязнение земельных угодий, водной среды или воздушного бассейна в результате геодинамического воздействия на территории действия конкретного договора страхования.

Рассмотри основные определения, необходимые для дальнейшего решения поставленной задачи.

Страховое событие (случай) – внезапное, непреднамеренное нанесение ущерба окружающей среде в результате аварий, приведших к неожиданному выбросу загрязняющих

веществ в атмосферу, к загрязнению земной поверхности и недр, сбросу сточных вод в результате геодинамического воздействия. Подчеркнём в данном определении свойство внезапности, которое обязательно должно быть дополнено свойством случайности.

Страховая сумма – оценка стоимости застрахованного объекта. В случае страхового события она может быть выплачена полностью, если ущерб достиг стоимости объекта.

Страховой тариф – это страховой платёж, выраженный в долях от страховой суммы.

Страховой платёж (страховая премия) есть произведение страхового тарифа на страховую сумму.

Страховое возмещение – это сумма, выплачиваемая страхователю при наступлении страхового события.

В случае экологического страхования эта сумма может включать в себя:

- компенсацию ущерба, вызванного повреждением или гибелью имущества;

- сумму убытков, связанную с ухудшением условий жизни и качества окружающей среды;

- расходы по очистке загрязнённой территории и приведению её в состояние, соответствующее нормативам, при условии, что на них дано предварительное согласие страховщика;

- расходы, необходимые для спасения жизни и имущества лиц, которым в результате страхового случая причинён вред, или по уменьшению ущерба, причинённого страховым событием;

- расходы, связанные с предварительным расследованием, проведением судебных процессов и другие расходы по улаживанию любых исков, предъявляемых страхователю, которые могут быть предметов возмещения по договору, при условии, что на них дано предварительное согласие страховщика.

Франшиза, или собственное участие страхователя в уплате убытков, устанавливается в долях от ущерба.

Методы и модели расчёта страховых тарифов. Проблема исследования эффективности экологического страхования непосредственно связана с основными свойствами страхования как способность экономического регулирования риска за счёт превентивных и компенсационных механизмов.

В общем случае, оценить эффективность страхования – это значит найти такую область количественных и качественных характеристик договора между страховой компанией и страхователем (владельцем объекта риска), в которой страховое возмещение возможного ущерба от аварии будет экономически выгодно обеим сторонам. Аналогичная ситуация свойственна и экологическому страхованию, хотя при этом необходимо учитывать

экономические интересы третьих лиц, которые несут непосредственный материальный и финансовый ущерб от последствий экологических аварий и катастроф.

Одной из центральных задач является оценка страховых тарифов, которые зависят от целого комплекса детерминированных и стохастических показателей. Расчёт тарифа принципиально возможен только тогда, когда известна зависимость между частотой событий и последствиями в виде экономического ущерба (распределение «частота – ущерб»). Эта зависимость может быть непрерывной, дискретной или точечной.

В общем случае, при построении данной зависимости можно выделить три области, включающие:

- отказы и аварии, для которых большая выборка реализованных событий за большой интервал времени (возможен расчёт статистических величин на основе экспериментальных данных);

- отказы и аварии, представленные малой выборкой для ограниченного набора оборудования (расчёт вероятностных показателей проводится с использованием нормативных методов и экспериментальных данных);

- аварии и катастрофы, для которых известны лишь описания отдельных событий или сценарное описание гипотетических событий (расчёт статистических показателей осуществляется методами вероятностного анализа риска).

Если выполнена оценка распределения «частота - ущерб» для событий, которые могут идентифицироваться как страховые события в рамках договора экологического страхование, то возникают задачи определения приемлемых значений ответственности, франшизы, страхового тарифа по каждому из принимаемых на страхование рисков.

Длительный опыт развития актуарных расчётов и математической теории страхования позволил разработать целый ряд принципов, методов и моделей для оценки величины тарифов. В практическом страховании величина тарифа (если рассматривается добровольное коммерческое страхование) есть результат сделки между страховщиком и страхователем, но она не может быть ниже, чем лицензированное значение по данному виду страхования. Этот факт отражает двойственную и противоречивую природу страхового тарифа, выбор которого связан с целями и условиями функционирования обеих сторон. Ниже приводится её современная интерпретация с использованием функции полезности, которая была введена Нейманом и Моргерштерном.

Пусть страховая компания обладает начальным капиталом W, а её функция полезности равна U(x). Всего компанией заключено N договоров с клиентами, y_i – случайная величина возможного ущерба по i-му договору. Предположим, что все договоры однородны

и клиенты имеют одну и ту же функцию полезности $U_l(x)$, одинаковый начальный капитал V, а величины y_i одинаково распределены.

Суммарное возмещение по всем выплатам Y есть сумма по всем произошедшим событиям, а p – цена одного страхового полиса. Тогда P, равный произведению цены одного полиса на число всех полисов есть суммарный страховой взнос (суммарная премия).

Если в качестве критерия рассматривать ожидаемую полезность, то страховая компания пойдёт на страхование, в том случае, когда ожидаемая функцию полезности будет не ниже полезности начального капитала:

$$E\{U(W+P-Y)\} \geq U(W).$$

(1)

В формуле (1) и ниже под выражением E{X} понимается математическое ожидание случайной величины X.

Аналогично, клиент пойдёт на страхование, если функция полезности с введением страхования будет не ниже ожидаемого значения полезности с самостоятельным возмещением ущерба:

$$U_l(V-p) \geq E\{U_l(V-y_i)\}.$$

(2)

Если P^* - наименьшее из P, для которых выполняется условие (1), а p^* – наибольшее, для которых верно (2), то при $P^* > p^* N$, страхование невозможно. В противном случае возникает проблема выбора p на отрезке $[(p^* N), p^*]$.

Данная модель показывает, что при строгом подходе правильный выбор тарифа должен учитывать интересы обеих сторон. Кроме того, в общем случае здесь есть произвол, поскольку его значение лежит в интервале. В силу этого существует целый ряд принципов выбора страховых тарифов. Применение того или иного из них существенно зависит от рассматриваемой задачи, характеристик риска и других факторов. Наличие качественно разных статистических данных может потребовать применение различных методов расчёта тарифов даже в случае, если определён принцип.

В общем случае можно выделить прямые и обратные методы расчёта тарифов (премий). В первом случае, остановившись на некотором принципе расчёта и используя соответствующую статистическую информацию, выполняют прямой расчёт тарифа. Во втором случае решается вспомогательная задача относительно некоторого функционала, параметром которого является тариф. Введение дополнительных ограничений позволяет определить его граничные (предельные) значения. Наиболее известными функционалами

обратной задачи считаются функции полезности и вероятность платёжеспособности (разорения).

В экологическом страховании возникают аналогичные проблемы, сложность которых существенно усиливается отсутствием достаточных статистических данных, а также фактом, что экологические риски часто относятся к тяжёлым рискам.

Основные принципы оценки страховых тарифов. Рассмотрим основные принципы расчёта страховых тарифов, которые приводятся в литературе по страховой математике. Часть из них имеет непосредственное практическое значение, а часть – теоретический интерес, однако они позволяют глубже понять проблему.

Многие методы расчёта тарифа основаны или сводятся к *принципу эквивалентности*, который состоит в следующем. Пусть Y – случайная величина возможных выплат страховой компании, тогда тариф P (при условии, что выплаты нормированы на единицу, взнос равен тарифу) будет определяться математическим ожиданием выплат:

$$P = E\{Y\}.$$

(3)

В соответствии с данным выражением все собранные взносы (премия) расходуются на выплаты по страховым случаям. Естественно, что такой принцип дает оценку значения нетто – тарифа для страхования, поэтому иногда носит название *Net premium principle*. Естественно, что подсчитанный таким образом тариф не может быть непосредственно использован в страховой практике, поскольку не учитывает затрат компании на организацию страхования, нормативной прибыли, влияния ряда случайных дополнительных факторов.

Как нижняя оценка тарифа он может служить индикатором уровня величины, особенно для обществ взаимного страхования.

1. *Принцип ожидаемого значения (Expected value principle)*:

$$P = (1+\lambda)E\{Y\},$$

(4)

где λ в этом случае называется рисковой надбавкой. Она указывает, насколько страховой взнос должен быть выше среднего значения выплат. При $\lambda=0$ приходим к упомянутому выше принципу эквивалентности.

Данный принцип получил очень широкое распространение, как в практическом страховании, так и в математической теории страхования.

2. *Принцип дисперсии (Variance principle)*:

$$P = E\{Y\} + \lambda\sigma^2(Y),$$

(5)

где λ играет роль весового коэффициента для дисперсии – чем больше λ, тем в большей степени взнос зависит от разброса значений выплат.

3. *Принцип стандартного отклонения (Standard deviation principle)*:

$$P = E\{Y\} + \lambda\sqrt{\sigma^2(Y)},$$

(6)

смысл λ здесь тот же, что в уравнении (5).

Принципы 1–3 наиболее часто используются в практическом страховании. Их особенность состоит в том, что для расчёта необходимо знание математического ожидания и дисперсии ущерба. В некоторых случаях, которые, видимо, будут характерны для экологического страхования (малая статистика, ненадёжность данных по величине ущерба), применение данных принципов будет затруднено.

Ниже приведено описание менее распространенных принципов, однако их применение возможно для ситуаций, когда требуется исследовать области взаимной (для страховой компании и объекта страхования) экономической эффективности или эффективности по другим критериям, если есть предположения о виде функции распределения ущерба.

4. *Принцип нулевой полезности (Zero utility principle)*:

Целый ряд принципов использует функцию полезности, которая упоминалась в начале настоящего раздела. Необходимость построения данной функции связана с тем, что не всегда возможно непосредственно связать уровень доходов компании с эффективностью её деятельности. В определённом смысле построение функции полезности есть способ решения многокритериальных задач, когда ряд факторов носит качественный характер. Явный вид функции зависит от вида рассматриваемого объекта и очень часто определяется экспертно. Функция полезности является монотонной, значения её изменяются от нуля (наименее предпочтительный вариант) до единицы (наиболее предпочтительный).

Пусть U(x) – функция полезности страхователя с обычными свойствами:

$$U'(x) > 0; U''(x) \le 0.$$

(7)

Если W>0 – начальный капитал компании, страховой взнос P определяется как решение уравнения:

$$E\{U(W+P-Y)\} = U(W),$$

(8)

т.е. страховой взнос выбирается так, чтобы средняя полезность до и после страхования была одна и та же.

В случае если функция полезности экспоненциальна:

$$U(x) = \frac{1}{a}[1-\exp(-ax)], a > 0,$$

(9)

последнее уравнение имеет явное решение:

$$P = \frac{1}{a}\log E\{\exp(ax)\}.$$

(10)

Этот случай называется *экспоненциальным принципом (Exponential principle).*

5. *Обобщённый принцип нулевой полезности (Generalized principle of zero utility)*:

Предположим, что начальный капитал W является случайной величиной. Страховой взнос P определяется как решение уравнения:

$$E\{U(W+P-Y)\} = E\{U(W)\}.$$

(11)

Этот принцип рассматривается как неклассический, поскольку в общем случае зависит от совместного распределения случайных величин Y и W. Как и в предыдущем случае, для экспоненциальной функции полезности может быть получено решение вида:

$$P = \frac{1}{a}[\log[E\{\exp(a(Y-W))\} - E\{\exp(-aW)\}]].$$

(12)

6. *Принцип Эшера (Esscher principle)*:

$$P = E\{Y\exp(\lambda Y)\} / E\{\exp(\lambda Y)\}, \lambda \geq 0.$$ (13)

Введён как Парето – оптимальное решение в модели страхового рынка, в случае если все его участники имеют экспоненциальные функции полезности и независимые страховые выплаты.

Принцип Эшера естественно возникает при минимизации средних потерь страховой фирмы в случае, когда функция потерь имеет вид:

$$C(y, p) = (p - y)^2 \exp(\lambda y).$$

(14)

7. *Швейцарский принцип расчёта премии (Swiss premium calculation principle)*:

$$E\{f(Y - \lambda P)\} = f((1-\lambda)P), \lambda \in [0,1],$$

(15)

где f(x) – действительная непрерывная функция, такая что

$$f' > 0, f'' \geq 0.$$

(16)

Заметим, что при λ=0 швейцарский принцип переходит в обобщённый принцип среднего значения, а при λ=1 – в принцип нулевой полезности относительно функции полезности вида:

$$U(x) = -f(-x).$$

(17)

Если

$$f(x) = \frac{1}{a}[\exp(ax) - 1],$$

(18)

то переходим к экспоненциальному принципу, а при λ=1 и

$$f(x) = x\exp(ax)$$

(19)

- к принципу Эшера.

8. *Принцип Орлича (Orlicz principle)*:

В этом случае P определяется как решение уравнения

$$E\{\varphi(YP^{-\lambda})\} = \varphi(P^{1-\lambda}),$$

(20)

где $\lambda \in [0,1]$ и φ - непрерывная строго возрастающая функция. При λ=0 получается обобщённый принцип среднего значения.

Выбор соответствующего принципа является необходимым, но не достаточным условием для оценки численного значения страхового тарифа. Наличие статистической информации, её качественное содержание определяют метод оценки тарифа в рамках выбранного принципа.

Имитационные модели. Сложный вид функций распределения, недостаточность статистических данных и целый ряд других факторов делают имитационный подход привлекательным инструментом решения задачи об эффективности экологического страхования. Имитационные модели находят широкое применение в страховании, хотя в большей степени это носит исследовательский характер.

Ниже описаны две имитационные модели, которые могут быть использованы при решении рассматриваемой задачи. Общая идея построения имитационных моделей на основе метода Монте-Карло (метод статистических испытаний) достаточно проста, хотя их реализация и организация процесса могут стать самостоятельной проблемой.

Предлагаемая имитационная модель разработана применительно к деятельности страховой компании. Оценка экономически эффективных параметров страхования возможна при рассмотрении согласованного поведения финансового состояния страховой компании и объекта страхования.

Под финансовым состоянием в момент времени t будем понимать алгебраическую сумму всех доходов и расходов, реализованных до этого момента. В принципе, возможны два состояния: когда сумма положительна или отрицательна (превышение расходов над доходами).

Второй случай может идентифицировать как разорение (неплатёжеспособность) объекта риска или страховой компании. С другой стороны, взятие денег в кредит под проценты может восстановить платёжеспособность, но при этом динамика финансового состояния будет описываться уже двумя показателями: доходами и кредитами.

В общем случае динамика финансового состояния описывается дифференциальным уравнением, правая часть которого включает детерминированную и случайную составляющие. Показатели финансового состояния для объекта страхования могут быть описаны соотношениями:

доходы

$$D_{ob}(t) = (1+r_1)\{G(t) - A - y(t) + y_{in}(t) - (1+r_2)K_{ob}(t)\}_+;$$

(21)

кредиты

$$K_{ob}(t) = (1+r_2)\{A - y(t) - y_{in}(t) - G(t) - D_{ob}(t)\}_+.$$

(22)

Показатель финансового состояния для страховой компании описываются уравнениями:

доходы

$$D_{in}(t) = (1+r_1)\{AN - Y_{in}(t) - (1+r_2)K_{in}(t)\}_+;$$

(23)

кредиты

$$K_{in}(t) = (1+r_2)\{Y_{in}(t) - AN - D_{in}(t)\}_+.$$

(24)

В формулах (21) - (24) использованы следующие обозначения: A – страховой взнос (страховая премия); N – число застрахованных объектов; G(t) – "плановая" прибыль объекта страхования (разность между условно детерминированными доходами и расходами); y(t), $y_{in}(t)$ – суммарный ущерб от аварий на одном объекте и ущерб, возмещаемый страховой компанией за интервал t, соответственно; $Y_{in}(t)$ – суммарный за интервал t ущерб от аварии, возмещаемый страховой компанией; r_1, r_2 – банковские проценты на депозит и кредит.

Полная система уравнений для оценки динамики финансового состояния, кроме уравнений (1) – (4), включает также начальные значения K(0) и D(0) для страховой компании и объекта страхования.

Величина ущерба на интервале t определяется в результате статистических испытаний для заданной для одного объекта частоты событий и последствий y_j. Имитация последовательно выполняется для каждого из N объектов.

Размер выплат, которые должна сделать компания за интервал времени t по отдельному объекту страхования, подсчитывается следующим образом:

$$Y_{in} = \sum_{j=1}^{J} y_j S_k \delta_{jt},$$

(25)

здесь δ_{jt} – индикаторная функция, принимающая значение 1, если в момент времени t реализуется j-ое событие, и равная нулю в противном случае.

В формулах (21) – (24) знак (+) задаёт условие, при котором результат расчёта по формуле принимается во внимание только при положительном значении правой части выражения.

С помощью данных моделей имитируется динамика финансового состояния страховой компании и объекта риска с учётом возможных аварийных событий. В результате имитации можно оценить математическое ожидание и дисперсию доходов и кредитов, получить функцию распределения выплат по ущербам, а кроме того оценит вероятность разорения (убыточности). Под разорением понимается ситуация, при которой на конец рассматриваемого интервала времени кредит имеет ненулевое значение.

Вероятность разорения есть функция нескольких переменных. Например, для страховой компании она зависит от размера страхового резерва, состава рисков, франшизы и страхового тарифа. Если задано ограничение на вероятность разорения (обычно эта величина меньше 10%), то в результате расчётов может быть получен соответствующий набор параметров страхования, приемлемый с точки зрения данного критерия.

Описанные выше имитационные модели, позволяют учитывать не только параметры страхования, но также и его вид (обязательный, добровольный) за счёт отнесения страховой премии к себестоимости или вычитания из прибыли объекта страхования.

Особенности расчёта тарифов в экологическом страховании геодинамических рисков. Особенностью экологических рисков геодинамических рисков является их катастрофический характер, что ещё больше затрудняет оценку тарифов. Одним из подходов здесь могут быть постановка и решение задачи о страховом портфеле, когда оценивается эффективность страхования не для индивидуальных рисков, а для всей совокупности. Развитием этого подхода может стать необходимость моделирования пулинговой системы страхования, что также диктуется катастрофичностью геодинамических рисков.

Оценка тарифов экологического страхования обязательно должна проводиться с учётом финансового состояния объектов риска. Одной из причин является существование двух видов страхования – обязательного и добровольного. Это связано с необходимостью корректного разнесения затрат на возмещение ущерба (через страховые взносы) за счёт отнесения их к себестоимости или выплат из прибыли. Ситуация существенно усложняется, поскольку требует согласованного описания динамики финансового состояния как страховой компании, так и объекта страхования.

Проявление ущерба от экологических аварий и геодинамических катастроф может быть растянуто во времени, поскольку результаты воздействия последствий на здоровье населения и устойчивость биоценоза могут быть выявлены через несколько лет. Это требует учёта временного фактора (дисконтирования) в расчёте тарифов.

Перечисленные выше особенности определения тарифов экологического страхования геодинамических рисков делают целесообразным, а в ряде случаев и единственно возможным, использование имитационных моделей, реализующих метод Монте-Карло.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Жилые, общественные, производственные здания (сооружения)

Общие положения

Предельные размеры отсеков зданий

Максимальные высоты зданий в зависимости от типа несущих конструкций и расчетной сейсмичности приведены в Таблица 1.

Таблица 1

Несущие конструкции зданий	Высота, м (количество этажей)		
	Сейсмичность площадки, баллы		
	7	8	9
1. Стальной каркас	По требованиям для несейсмических районов		
2. Железобетонный каркас:			
- рамно-связевый (с железобетонными диафрагмами или ядрами жесткости);	50(16)	38(12)	29(9)
- рамный без диафрагм и ядер жесткости;	29(9)	23(7)	17(5)
- безригельный с железобетонными диафрагмами или ядрами жесткости;	44(14)	32(10)	23(7)
- безригельный без диафрагм и ядер жесткости.	14(4)	11(3)	8(2)
3. Стены из монолитного железобетона	74(24)	62(20)	50(16)
4. Стены крупнопанельные железобетонные	44(14)	38(12)	29(9)
5. Объемные блоки	44(14)	38(12)	29(9)
6. Стены из крупных бетонных или виброкирпичных блоков	29(9)	23(7)	17(5)
7. Стены комплексной конструкции из кирпича, бетонных и природных камней правильной формы и мелких блоков, усиленные монолитными железобетонными стержневыми или плоскими включениями	17(5)	14(4)	11(3)
8. Стены из кирпича, природных и бетонных камней и мелких блоков	14(4)	11(3)	8(2)
9. Стены деревянные бревенчатые, брусчатые, щитовые	11(3)	8(2)	8(2)
10. Стены из мелких ячеистобетонных блоков	8(2)	8(2)	4(1)
Примечания: 1. За высоту здания принимается разность отметок низшего уровня отмостки или спланированной поверхности земли, примыкающей к зданию, и низа верхнего перекрытия. Допускается не включать в расчетную высоту здания один верхний мансардный этаж, общий вес конструкций которого более чем на 50% ниже массы конструкций ниже лежащих этажей. 2. Высота зданий с железобетонным каркасом без диафрагм и ядер жесткости может быть увеличена на 1 этаж при использовании кирпичного заполнения, работающего совместно с каркасом. 3. Высота зданий из со стенами из штучной кладки может быть увеличена на 1 этаж при использовании технологий, обеспечивающих величину нормального сцепления в кладке не менее 180 кПа (1,8 кгс/см^2).			

Здания следует разделять антисейсмическими швами на отсеки в случаях, если:

- здание или сооружение имеет сложную форму в плане;

- смежные участки здания или сооружения имеют перепады высот 5 м и более;

- смежные участки здания существенно отличаются один от другого величинами жесткости и прочности.

В одноэтажных зданиях высотой до 10 м при расчетной сейсмичности 7 баллов и менее антисейсмические швы допускается не устраивать.

Длина отсека здания между антисейсмическими швами не должна превышать 80 м при расчетной сейсмичности 7 и 8 баллов и 60 м при расчетной сейсмичности 9 баллов.

Ширина антисейсмических швов на каждом уровне должна быть не меньше суммы взаимных горизонтальных смещений отсеков от расчетной нагрузки, определенных в соответствии с п. 2.1. и не меньше минимальной, которую для зданий высотой до 5 м следует принимать равной 30 мм и увеличивать на 20 мм на каждые 5 м высоты.

Антисейсмические швы должны разделять здания и сооружения по всей высоте. Допускается не устраивать шов в фундаменте, за исключением случаев, когда антисейсмический шов совпадает с осадочным.

Антисейсмические швы следует выполнять путем возведения парных стен или рам, а также возведения рамы и стены.

Конструкция примыкания отсеков в зоне антисейсмических швов, в том числе по фасадам и в местах переходов между отсеками, не должна препятствовать их взаимным горизонтальным перемещениям. Конструкции переходов между отсеками должны быть надежно закреплены к элементам одного из смежных отсеков. Конструкция их опирания на элементы другого отсека в пределах его ширины должна обеспечивать взаимное смещение элементов, не допуская их обрушения при сейсмическом воздействии.

Лестницы

Лестничные клетки следует предусматривать, как правило, закрытыми с естественным освещением через окна в наружных стенах на каждом этаже. Расположение и количество лестничных клеток следует определять в соответствии со СНиП по противопожарным нормам проектирования зданий и сооружений, но принимать не менее одной между антисейсмическими швами в зданиях высотой более трех этажей. Устройство лестничных клеток в виде отдельно стоящих сооружений не допускается.

Лестницы, как правило, следует применять из крупных железобетонных элементов, соединяемых между собой с помощью сварки, либо из монолитного железобетона. Устройство консольных ступеней, заделанных в кладку не допускается.

Допускается применение лестничных маршей с металлическими косоурами и наборными ступенями при условии соединения с помощью сварки косоуров с площадками и ступеней с косоурами, и деревянных лестниц в деревянных зданиях.

Конструкции лестничных маршей и узлов их креплений к несущим элементам зданий, как правило, не должны препятствовать взаимным горизонтальным смещениям смежных перекрытий. При этом лестничные марши должны быть надежно закреплены с одного конца, а конструкция опирания другого конца должна обеспечивать свободное смещение марша относительно опоры, не допуская его обрушения.

Допускается использовать конструкции лестничных маршей, связанных с перекрытиями по обоим концам, при этом несущая способность лестничных маршей и узлов их креплений должна быть рассчитана на восприятие нагрузок, возникающих при взаимном смещении перекрытий.

Лестничные площадки, располагаемые в уровне междуэтажных перекрытий, должны надежно связываться с антисейсмическими поясами или непосредственно с перекрытиями.

Перекрытия

Перекрытия зданий следует выполнять в виде жестких горизонтальных дисков, соединенных с вертикальными конструкциями здания, и обладающих способностью перераспределять между ними горизонтальную сейсмическую нагрузку.

Жесткость сборных железобетонных перекрытий и покрытий следует обеспечивать следующими способами:

- устройством сварных соединений плит с другими плитами, элементами каркаса или стенами;
- устройством монолитных железобетонных обвязок (антисейсмических поясов) с анкеровкой в них выпусков арматуры из плит;
- заделкой швов между элементами перекрытия мелкозернистым бетоном.

Конструкция и количество соединений элементов перекрытий должны быть рассчитаны на восприятие усилий растяжения и сдвига, возникающих в швах между плитами, а также с элементами каркаса или стенами. Боковые грани плит перекрытий и покрытий должны иметь шпоночную или рифленую поверхность.

Жесткость перекрытий с несущими конструкциями из металлических балок следует повышать путем устройства между ними монолитного или сборного железобетонного заполнения с замоноличенными швами, сварным соединением с закладными деталями железобетонных элементов или устройством горизонтальных связей.

Длина части плоских плит перекрытий и покрытий, опирающихся на несущие конструкции, принимается не менее:

- для кирпичных и каменных стен – 120 мм;
- для стен из вибрированных кирпичных блоков – 90 мм;
- для железобетонных панелей и ригелей – 60 мм;

- для плит, опирающихся на железобетонные панели по 3 и 4 сторонам – 50 мм.

В одноэтажных зданиях со стенами из штучной кладки при расстояниях между стенами не более 6 м в обоих направлениях допускается устройство деревянных перекрытий (покрытий), при этом балки перекрытий следует конструктивно связывать с антисейсмическим поясом и устраивать по ним сплошной дощатый диагональный настил.

Перегородки

Перегородки следует выполнять легкими, как правило, крупнопанельной или каркасной конструкции. Перегородки из штучных материалов должны быть усилены связанными между собой армированными штукатурными слоями, или установкой жестких вертикальных элементов с горизонтальным армированием, связанным со стойками. Кладка перегородок должна удовлетворять требованиям п.п. 0.

Конструкции крепления перегородок к несущим элементам здания и узлов их примыкания должны исключать возможность передачи на них горизонтальных нагрузок, действующих в их плоскости.

Прочность перегородок и их креплений должна быть в соответствии с п. 2.15 подтверждена расчетом на действие расчетных сейсмических нагрузок из плоскости.

Эркеры и лоджии

Допускается устройство эркеров с усилением контуров образованных в стенах проемов железобетонными рамами с установкой металлических связей стен эркеров с основными стенами.

Допускается устройство встроенных лоджий с установкой жесткого решетчатого или рамного ограждения, работающего совместно с конструкцией наружных стен. Стены пристроенных лоджий должны быть усилены установкой горизонтальной арматуры и связаны с основными стенами металлическими связями. Вынос стен лоджий и эркеров, а также плит балконов не должен превышать 1,5 м.

Конструкции перекрытий лоджий и эркеров должны быть связаны с закладными деталями стеновых элементов или с антисейсмическими поясами, устроенными в стенах лоджий и эркеров и связанными с антисейсмическими поясами примыкающих стен.

Фундаменты и стены подвалов

Проектирование фундаментов зданий следует выполнять в соответствии с требованиями СНиП по основаниям зданий и сооружений.

Вертикальная арматура стен и элементов каркаса, в которой расчетом на особое сочетание нагрузок допускается растяжение, должна быть надежно заанкерена в фундаментной плите.

В фундаментах и стенах подвалов из бетонных фундаментных блоков их следует укладывать в виде непрерывной ленты. Перевязка блоков должна быть обеспечена в каждом ряду, а также во всех углах и пересечениях на глубину не менее 1/2 высоты блока.

По верху сборных ленточных фундаментов следует укладывать слой раствора марки 100 толщиной не менее 40 мм и продольную арматуру диаметром 10 мм в количестве - три, четыре и шесть стержней при сейсмичности 7, 8 и 9 баллов соответственно. Через каждые 300-400 мм продольные стержни должны быть соединены поперечными стержнями диаметром 6 мм. Для заполнения швов между блоками следует применять раствор марки не ниже 50.

В случае выполнения стен подвалов из сборных панелей или крупных блоков, конструктивно связанных с ленточными фундаментами, укладка указанного слоя раствора не требуется.

В зданиях при расчетной сейсмичности 9 баллов должна предусматриваться укладка в горизонтальные швы в углах и пересечениях стен подвалов арматурных сеток с заделкой в примыкающие стены на глубину не менее 2 м с продольной арматурой общей площадью сечения не менее 1 $см^2$.

В зданиях до трех этажей включительно и сооружениях соответствующей высоты при расчетной сейсмичности 7 и 8 баллов допускается применение для кладки стен подвалов блоков пустотностью до 50%.

Особенности проектирования железобетонных конструкций

При расчете прочности нормальных сечений изгибаемых и внецентренно сжатых элементов при определении граничного значения относительной высоты сжатой зоны бетона ξ_R характеристику сжатой зоны бетона ω следует принимать согласно СНиП «Бетонные и железобетонные конструкции» с коэффициентом 0,85.

Арматура для сейсмостойких железобетонных конструкций должна применяться в соответствии с указаниями СНиП "Бетонные и железобетонные конструкции". Следует отдавать предпочтение стержневой арматуре класса А500с.

Для железобетонных колонн многоэтажных каркасных зданий с арматурой класса А400с и А500с общий процент армирования рабочей продольной арматурой не должен превышать 6%, а арматурой А600с - 4%.

При специальном обосновании может быть допущено более высокое насыщение колонн продольной арматурой, при условии усиления приопорных участков колонн с помощью косвенного армирования сварными сетками с шагом 80 - 100 мм.

Во внецентренно сжатых линейных элементах кроме колонн, а также в изгибаемых элементах, в которых учитывается продольная сжатая арматура, при сейсмичности 8 и 9 баллов шаг хомутов должен устанавливаться по расчету, но не более:

- при $R_{sc} \leq 400$ МПа (4000 кгс/см^2) – не более 400 мм и при вязаных каркасах – не более 12d, при сварных каркасах – не более 15d;
- при $R_{sc} \geq 500$ МПа (5000 кгс/см^2) – не более 300 мм, при вязаных каркасах – не более 10d, при сварных каркасах – не более 12d, где d – наименьший диаметр сжатых продольных стержней.

Применение стыков арматуры внахлестку со сваркой или без сварки, как правило, не допускается.

При соединениях арматуры в малоответственных конструкциях (кроме элементов каркаса) допускается использование сварных соединений арматуры внахлестку. При этом длина перепуска арматуры и длина сварных швов принимается на 30% более значений, приведенных в СНиП «Бетонные и железобетонные конструкции».

Если общее насыщение внецентренно сжатого элемента продольной арматурой превышает 3%, хомуты должны устанавливаться на расстоянии не более 8d и не более 250 мм.

В вязаных каркасах концы хомутов необходимо загибать вокруг стержня продольной арматуры в направлении центра тяжести сечения и заводить их внутрь бетонного ядра не менее чем на 6d хомута, считая от оси продольного стержня.

В предварительно напряженных конструкциях, подлежащих расчету на особое сочетание нагрузок с учетом сейсмического воздействия, усилия, определяемые из условий прочности сечений, должны превышать усилия, воспринимаемые сечениями при образовании трещин не менее чем на 25%.

В предварительно напряженных конструкциях не допускается применять арматуру, для которой относительное удлинение после разрыва ниже 2%.

При сейсмичности 9 баллов применять арматурные канаты и стержневую арматуру периодического профиля диаметром более 28 мм без специальных анкеров не допускается.

В предварительно напряженных конструкциях с натяжением арматуры на бетон напрягаемую арматуру следует располагать в закрытых каналах, замоноличиваемых в дальнейшем бетоном или раствором.

Для повышения несущей способности на срез коротких колонн с отношением высоты к размеру наибольшего поперечного сечения $l/h \leq 5$ их следует усиливать косвенным армированием в виде сварных сеток и спиралей или с помощью замкнутых многосрезных

хомутов и шпилек с шагом 80 - 100 мм, таким образом, чтобы каждый продольный стержень был закреплен от изгиба в любом направлении.

Железобетонные каркасные здания

В каркасных зданиях конструкцией, воспринимающей горизонтальную сейсмическую нагрузку, может служить: каркас, каркас с заполнением, каркас с вертикальными связями, диафрагмами или ядрами жесткости. В качестве несущих конструкций зданий высотой более 9 этажей следует, как правило, принимать каркасы с диафрагмами, связями или ядрами жесткости.

Для каркасных зданий при сейсмичности 7-8 баллов допускается применение наружных стен из штучной кладки и внутренних железобетонных или металлических рам (стоек), при этом для кладки стен должны выполняться требования, установленные для каменных зданий. Высота таких зданий не должна превышать 7 м.

Стыки сборных колонн следует выполнять с соединением продольной арматуры ванной сваркой и располагать в зоне с наименьшими изгибающими моментами. В элементах каркаса стыкование продольной арматуры внахлестку со сваркой или без сварки не допускается.

В колоннах рамных каркасов при сейсмичности площадки 8 баллов и 9 баллов шаг хомутов не должен превышать 1/2h, где h - наименьший размер стороны колонн прямоугольного или двутаврового сечения. Диаметр хомутов в этом случае следует принимать не менее 8 мм.

3.1. Центральная зона жестких узлов каркасов должна быть усилена с помощью косвенного армирования в виде сварных сеток, спиралей или замкнутых хомутов, устанавливаемых по расчету. Если по данным расчета косвенное армирование не требуется, то указанную зону узла следует армировать конструктивно замкнутой поперечной арматурой (хомутами) из стержней диаметром не менее 8 мм с шагом 80-100 мм.

Участки ригелей и колонн, примыкающие к центральной зоне узлов рам, должны армироваться замкнутой поперечной арматурой (хомутами), устанавливаемой по расчету, но не более чем через 100 мм. Длину участков усиленного армирования следует принимать для ригелей не менее 1,5h, для колонн - наибольшую из двух величин - 1,5h и 1/6l, где h - наибольший размер поперечного сечения элемента, l - высота колонны в свету.

Диафрагмы, связи и ядра жесткости, воспринимающие горизонтальную нагрузку, должны быть непрерывными по всей высоте здания и располагаться в обоих направлениях равномерно и симметрично относительно центра тяжести здания. В каждом направлении должно устанавливаться не менее двух диафрагм. Допускается в верхних этажах здания уменьшать количество и протяженность диафрагм при сохранении

симметричности их расположения в пределах этажа. Изменение жесткости соседних этажей при этом не должно превышать 20%. В случаях, когда расстояния в плане между центрами жесткостей и центрами масс отсека превышает 1/10 его максимальной длины, требуется в обязательном порядке выполнить расчет конструкций здания по пространственной схеме.

Допускается возведение зданий с существенно меньшей жесткостью нижних этажей (здания с гибким нижним этажом). При расчете таких зданий горизонтальная сейсмическая нагрузка, определяемая по п. **2.10**, умножается на коэффициент 1,5.

При расчетной сейсмичности площадки строительства 9 баллов колонны и ригели гибкого этажа рекомендуется выполнять стальными или с жесткой арматурой.

Толщину плит перекрытий безригельного каркаса следует принимать не менее 200 мм, класс бетона не менее В22,5.

При расчете прочности нормального сечения плиты на действие изгибающего момента по грани с колонной ширину сжатой зоны бетона следует принимать не более трех ширин колонн. На ширине этой плиты должно быть установлено не менее 50% расчетной арматуры, половину из которой необходимо пропустить сквозь тело колонны или соединить с металлической обоймой, установленной в месте пересечения плиты и колонны. Не допускается обрыва нижней арматуры в опорной зоне плиты.

Поперечная арматура, нормальная к плоскости плиты, должна устанавливаться в пределах пирамиды продавливания по расчету. Если по расчету арматура не требуется, зона продавливания должна армироваться конструктивно поперечной арматурой из стержней диаметром не менее 8 мм с шагом не более трети толщины плиты и не более 150 мм. Ширина зоны армирования поперечной арматурой должна быть не менее двух толщин плиты, считая от грани колонны.

В качестве ограждающих стеновых конструкций следует, как правило, применять легкие навесные панели. Допускается устройство наружных стен из штучной кладки, удовлетворяющей требованиям п. 0.

Применение самонесущих стен из штучной кладки допускается:

- при шаге пристенных колонн каркаса не более 6 м;
- при высоте стен зданий, возводимых на площадках сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов, соответственно не более 12, 9 и 6 м.

Кладка самонесущих стен должна иметь гибкие связи с каркасом, не препятствующие горизонтальным смещениям каркаса вдоль стен.

Между поверхностями стен и колонн должен предусматриваться зазор не менее 20 мм. По всей длине стены в уровне плит покрытия и верха оконных проемов должны устраиваться антисейсмические пояса, соединенные с каркасом здания.

Прочность элементов самонесущих стен и узлов их крепления к элементам каркаса должна быть подтверждена расчетом на действие расчетных сейсмических нагрузок в плоскости стен и перпендикулярно их плоскости. В местах пересечения торцевых и поперечных стен с продольными стенами должны устраиваться антисейсмические швы на всю высоту стен.

Конструкции ненесущих стен из штучной кладки (поэтажной разрезки) и узлы их крепления могут конструироваться либо как заполнение, участвующее в работе каркаса, либо как конструкции отделенные от каркаса. Заполнение, участвующее в работе каркаса, рассчитывается и конструируется как диафрагма.

Конструкции узлов примыканий элементов стен, отделенных от каркаса, к несущим конструкциям здания должна исключать возможность передачи на них нагрузок, действующих в их плоскости. Прочность элементов стен такой конструкции и узлы их крепления к элементам каркаса должна быть в соответствии с п. 0 подтверждена расчетом на действие расчетных сейсмических нагрузок из плоскости. В узлах примыкания участков ненесущих стен различных направлений должны быть предусмотрены вертикальные антисейсмические швы толщиной не менее 20 мм, заполненные эластичным материалом.

Здания со стальным каркасом

Каркасы многоэтажных зданий для сейсмических районов могут быть запроектированы по следующим конструктивным схемам:

- рамной со всеми жесткими узлами сопряжений поперечных и продольных ригелей с колоннами;
- связевой с вертикальными диафрагмами жесткости или вертикальными стальными связями;
- комбинированной, в которой в одном направлении здания принимается рамная схема, а в другом – связевая.

При проектировании стальных каркасов в ригелях, диафрагмах, опорных траверсах колонн рекомендуется предусматривать определенные участки, предназначенные для работы в условиях возможного развития значительных неупругих деформаций при действии сейсмических нагрузок, превышающих расчетные.

Участки развития пластических деформаций в элементах стальных конструкций должны быть вынесены за пределы сварных и болтовых соединений и узлов соединения сборных элементов.

Вертикальные связи должны быть запроектированы таким образом, чтобы после проявления в их элементах пластических деформаций не происходило существенного снижения жесткости рам, в плоскостях которых они установлены.

Для элементов каркаса, работающих в упруго пластической стадии, должны применяться пластичные малоуглеродистые и низколегированные стали с относительным удлинением не менее 20%.

Жесткость дисков перекрытий из сборных железобетонных элементов должна быть обеспечена сваркой закладных деталей плит с элементами каркаса не менее чем в трех точках для каждой плиты. При отсутствии закладных деталей в плитах перекрытий и их опирании на полки ригелей, жесткость горизонтальных дисков следует обеспечивать замоноличиванием продольных вертикальных швов между плитами и между плитами и ригелями стального каркаса. В случае опирания плит перекрытий на ригели сверху, в зонах опирания плит следует предусмотреть монолитные железобетонные пояса, с заанкериванием в них выпусков арматуры плит и сваркой арматуры пояса с ригелями каркаса.

При проектировании одноэтажных производственных зданий с рамами в поперечном направлении и вертикальными связями по колоннам в продольном, вертикальные связи необходимо располагать по каждому продольному ряду колонн здания.

Для обеспечения пространственной жесткости и устойчивости покрытия и его элементов следует предусматривать систему связей между несущими конструкциями покрытия (фермами) в плоскости верхних и нижних поясов, а также в вертикальных плоскостях.

Крупнопанельные здания

Здания из железобетонных панелей следует проектировать с продольными и поперечными стенами, объединенными между собой, с перекрытиями и покрытиями в единую пространственную систему, воспринимающую сейсмическую нагрузку.

Стены по всей длине и ширине здания должны быть, как правило, непрерывными. Панели стен и перекрытий следует предусматривать, как правило, размером на комнату.

Соединения панелей стен и перекрытий следует обеспечивать путем сварки выпусков арматуры или закладных деталей, на болтах и замоноличиванием вертикальных колодцев между примыкающими панелями и участков стыков по горизонтальным швам мелкозернистым бетоном с пониженной усадкой.

Замоноличивание вертикальных полостей между примыкающими панелями стен должно осуществляться бетоном класса не ниже В15 и не ниже класса бетона панелей.

При опирании перекрытий на наружные стены здания и на стены у температурных швов необходимо предусматривать сварные соединения выпусков арматуры из панелей перекрытий с вертикальной арматурой стеновых панелей.

Армирование стеновых панелей следует выполнять двухсторонним в виде пространственных каркасов или связанных между собой сварных сеток. Площадь

вертикальной и горизонтальной арматуры, устанавливаемой у каждой плоскости панели, должна составлять не менее 0,025% площади соответствующего сечения стены. В случае применения трехслойных наружных стеновых панелей толщину внутреннего бетонного слоя следует принимать не менее 100 мм.

Закладные детали, служащие для соединения панелей между собой, должны быть приварены к рабочей арматуре.

В местах пересечения стен должна размещаться вертикальная арматура, непрерывная на всю высоту здания, с соединением отдельных ее элементов между собой на сварке. Площадь поперечного сечения указанной арматуры должна определяться по расчету, но быть не менее 2 $см^2$.

В местах пересечения внутренних стен с наружными допускается размещать не более 60% расчетного количества вертикальной арматуры с размещением остальной части арматуры во внутренних стеновых панелях на участке не более 1 м от места пересечения стен.

По контуру оконных и дверных проемов следует устанавливать вертикальную арматуру.

При расположении непрерывной вертикальной арматуры в замоноличиваемых вертикальных полостях между панелями следует предусматривать конструктивные мероприятия, обеспечивающие совместность деформирования бетона замоноличивания с бетоном панелей (шпонки, распределенные по высоте панели; горизонтальная арматура, пересекающая стык).

Здания из объемных блоков

Объемно-блочные здания следует проектировать из бетонных цельноформованных или сборных объемных блоков, изготавливаемых из тяжелого или легкого бетонов, объединенных в единую пространственную систему, воспринимающую сейсмические воздействия.

Объединение объемных блоков между собой следует осуществлять путем:

- сварки закладных деталей и арматурных выпусков;
- устройства в вертикальных полостях между стенами объемных блоков монолитных бетонных или железобетонных шпонок;
- устройством горизонтальных обвязочных балок в уровнях междуэтажных перекрытий и покрытия;
- замоноличивания стыков по вертикальным и горизонтальным швам мелкозернистым бетоном с пониженной усадкой;
- устройства скрытого монолитного железобетонного каркаса (колонн и ригелей,

диафрагм жесткости) в зазорах между смежными блоками;

- обжатия незамоноличенной вертикальной арматурой, напрягаемой в построечных условиях.

Стены объемных блоков допускается выполнять плоскими (однослойными и многослойными) и ребристыми.

Плоские однослойные стены и несущие слои многослойных стен должны иметь толщину не менее 70 мм.

Ребристые стены должны иметь толщину полок не менее 50 мм и высоту ребер (включая толщину полок) не менее 100 мм. Армирование объемных блоков следует выполнять пространственными каркасами и арматурными сетками.

Объемные блоки должны изготавливаться из бетона класса не менее В7,5.

Армирование плоских стен объемных блоков допускается выполнять:

- двухстороним, в виде пространственных каркасов или сварных сеток;
- одинарным, в виде плоской сварной сетки.

Объемные блоки с одинарным армированием стен допускается использовать:

- в зданиях со скрытым монолитным каркасом независимо от этажности;
- в зданиях других типов – высотой не более 5 этажей при расчетной сейсмичности 7, 8 и 3 этажей при расчетной сейсмичности 9 баллов.

Поэтажное опирание блоков должно быть по всей длине несущих стен.

Конструктивные решения горизонтальных и вертикальных швов должны обеспечивать восприятие расчетных усилий по восприятию сейсмических нагрузок. Необходимое сечение металлических связей определяется по расчету, но не менее 0,5 $см^2$ на 1 пог. м длины шва.

Вертикальные и горизонтальные связи между блоками допускается выполнять сосредоточенными по углам блоков.

Размеры поперечного сечения элементов скрытого монолитного каркаса (колонн и ригелей) определяются расчетом, но должны быть не менее 160х200 мм. Армирование колонн и ригелей должно осуществляться пространственными каркасами. При этом колонны должны иметь продольную арматуру не менее 4∅12 А-III.

Толщина монолитных диафрагм жесткости, выполняемых в полостях между блоками, должна быть не менее 100 мм. Армирование монолитных диафрагм жесткости допускается выполнять одинарными сетками.

Конструктивные решения диафрагм жесткости и элементов скрытого каркаса должны обеспечивать совместность их работы с объемными блоками.

Для изготовления диафрагм жесткости и элементов скрытого каркаса следует использовать мелкозернистый бетон класса не ниже В15 с пониженной усадкой.

Здания с несущими стенами из монолитного железобетона

Здания из монолитного железобетона следует проектировать перекрестно-стеновой конструктивной системы с несущими или ненесущими наружными стенами.

В зданиях с ненесущими наружными стенами высотой более 12, 9 или 5 этажей при расчетной сейсмичности 7, 8 и 9 баллов, соответственно, следует предусматривать не менее двух внутренних продольных стен.

Максимальное расстояние между осями несущих стен не должно превышать 7,2 м.

3.2. При расчете конструкций следует проверять прочность следующих сечений:

- горизонтальных и наклонных сечений глухих стен и простенков;
- вертикальных сопряжений стен;
- нормальных сечений в опорных зонах перемычек, сечений на полосе между возможными наклонными трещинами и по наклонной трещине.

Независимо от результатов расчета должно предусматриваться конструктивное армирование стен:

- по полю стен вертикальной и горизонтальной арматурой с площадью сечения не менее 0,05% площади соответствующего сечения стены;
- в пересечениях стен, местах резкого изменения толщины стены, у граней проемов - с помощью сечения не менее 2 $см^2$.

Армирование монолитных стен следует, как правило, производить пространственными каркасами, собираемыми из плоских вертикальных каркасов и горизонтальных стержней, либо горизонтальных плоских каркасов.

В пространственных каркасах, используемых для армирования поля стен, плоские каркасы должны устанавливаться с шагом не более 900 мм при конструктивном армировании и не более 400 мм при армировании поля стены арматурой, требуемой по расчету стен из плоскости на основное сочетание нагрузок. Диаметр вертикальной арматуры принимается не менее 10 мм, а горизонтальной не менее 8 мм, шаг горизонтальных стержней, объединяющих каркасы, не должен превышать 600 мм.

Каркасы, используемые для конструктивного армирования мест пересечения стен и граней проемов, должны состоять из продольных арматурных стержней диаметром не менее 10 мм и замкнутых хомутов диаметром 3-4 мм, устанавливаемых с шагом не более 500 мм.

Изменение количества расчетной арматуры по высоте здания следует осуществлять за счет изменения диаметра продольных стержней, сохраняя неизменным их количество и расстояния между ними.

При армировании простенков шириной до 1000 мм следует предусматривать не менее четырех продольных арматурных стержней диаметром не менее 12 мм, объединяемых замкнутыми хомутами в пространственный каркас. Хомуты должны устанавливаться с шагом не более удвоенной толщины стены, или 400 мм, или 20d.

Для стержней диаметром до 20 мм стыкование арматурных каркасов по высоте здания допускается предусматривать внахлестку без сварки, вразбежку.

Для предотвращения хрупкого разрушения в вертикальных стыковых соединениях следует предусматривать установку горизонтальных арматурных стержней, пересекающих вертикальный стык. Площадь сечения горизонтальных арматурных стержней должна определяться из условия восприятия ими усилий растяжения, равных 0,2T (где T - расчетное усилие сдвига, действующего в стыковом соединении) и приниматься не менее 1 см^2 на 1 погонный метр стыка

Армирование перемычек следует, как правило, производить пространственными каркасами. Крайние продольные стержни следует назначать из арматуры преимущественно класса А500с и заводить их за грань проема на длину анкеровки согласно СНиП по проектированию бетонных и железобетонных конструкций, но не менее чем на 500 мм. С целью обеспечения устойчивости продольных стержней в сжатой зоне прямоугольного сечения перемычки их следует закреплять от выпучивания с помощью поперечных стержней.

Шаг поперечных стержней следует назначать не более 10d (d - диаметр продольных стержней). Поперечные стержни должны располагаться на расстоянии не менее 300 мм от опорной зоны перемычки.

Допускается возведение зданий с внутренними монолитными стенами и наружными стенами из штучной кладки. Расчет и конструирование таких стен производится аналогично ненесущим стенам каркасных зданий.

Здания с несущими стенами из штучной кладки

Для штучной кладки несущих и самонесущих стен следует применять следующие изделия и материалы:

а) кирпич полнотелый или пустотелый марки не ниже 75, пустотностью не выше 25% с отверстиями, максимальный размер сечения которых не превышает минимального расстояния между ними и 16 мм; допускается использование кирпича с несквозными пустотами диаметром до 60 мм, при сейсмичности 7 баллов допускается применение керамических камней марки не ниже 75;

б) сплошные и пустотелые камни и блоки из легкого бетона класса 3,5 и выше и мелкие блоки из ячеистого бетона из бетона класса 2,5 и выше;

в) камни и блоки правильной формы из ракушечников, известняков, туфов (кроме фельзитового), и других природных материалов марки 50 и выше; для зданий высотой до 2 этажей сейсмичностью не более 8 баллов допускается использование известняков и ракушечников марки не ниже 35;

г) растворы марки не ниже 50 на основе цемента с пластификаторами и (или) специальными добавками, повышающими сцепление раствора с кирпичом или камнем.

Для возведения облицовочных слоев наружных стен допускается использование облицовочного керамического кирпича без ограничения размеров и количества пустот.

Для возведения ненесущих стен и перегородок допускается использование керамических камней марки не ниже 75 без ограничения размеров и количества пустот, легкобетонных блоков класса не ниже В1, а для возведения перегородок и гипсовых пазогребневых плит.

Временное сопротивление кладки осевому растяжению по неперевязанным швам R_{nt} (нормальное сцепление), значение которого должно быть не менее 120 кПа (1,2 кгс/см^2).

Для обеспечения нормативной величины временного сопротивления осевому растяжению кладки при ее изготовлении следует применять растворы со специальными добавками, повышающими прочность нормального сцепления кирпича (камня, блока) с раствором.

В проекте необходимо указывать требуемое значение R_{nt} и предусматривать специальные мероприятия (составы растворов, технологию производства работ, уход за твердеющей кладкой), которые позволят с учетом климатических условий района строительства и особенностей применяемых строительных материалов получить необходимые прочностные показатели кладки. При проектировании значение R_{nt} следует назначать в зависимости от результатов испытаний, проводимых в районе строительства.

При невозможности получения на площадке строительства (в том числе на растворах с добавками, повышающими прочность сцепления растворов с кирпичом, камнем, блоком), значения R_{nt}, равного или превышающего 120 кПа (1,2 кгс/см^2), применение кирпичной (каменной) кладки не допускается.

При сейсмичности 7 баллов допускается применение кладки из естественного камня при R_{nt} менее 120 кПа (1,2 кгс/см^2), но не менее 60 кПа (0,6 кгс/см^2). При этом высота здания должна быть не более трех этажей, ширина простенков не менее 0,9 м, ширина проемов не более 2 м, а расстояния между осями стен - не более 12 м.

Расчет конструкций из штучной кладки должен производиться на одновременное действие горизонтально и вертикально направленных сейсмических сил.

Значение вертикальной сейсмической нагрузки при сейсмичности 7-8 баллов следует принимать равным 15%, а при сейсмичности 9 баллов - 30% соответствующей вертикальной статической нагрузки. Направление действия вертикальной сейсмической нагрузки (вверх или вниз) следует принимать более невыгодным для напряженного состояния рассматриваемого элемента.

Значения расчетных сопротивлений кладки R_t, R_{sq}, R_{tw} по перевязанным швам следует принимать по СНиП по проектированию каменных и армокаменных конструкций, а по неперевязанным швам - определять по формулам (3.1) - (3.3) в зависимости от величины R_{nt}, полученной в результате испытаний, проводимых в районе строительства:

$$R_t = 0{,}45\ R_{nt}, \qquad (3.1)$$

$$R_{sq} = 0{,}7\ R_{nt}, \qquad (3.2)$$

$$R_{tw} = 0{,}8\ R_{nt}, \qquad (3.3)$$

Значения R_t, R_{sq} и R_{tw} не должны превышать соответствующих значений при разрушении кладки по кирпичу или камню.

Выполнение кладки несущих, самонесущих стен, заполнения каркаса и перегородок, в том числе усиленных армированием или железобетонными включениями, из кирпича (камня, блоков) с отрицательной температурой при возведении зданий сейсмичности 9 и более баллов запрещается.

При возведении зданий на площадке сейсмичностью 8 и менее баллов допускается выполнение зимней кладки вручную с обязательным включением в раствор добавок, обеспечивающих твердение раствора при отрицательных температурах.

Допускается ведение кладки в сейсмических районах при отрицательной температуре воздуха из подогретого до положительной температуры кирпича (камня, блока) на растворах без противоморозных добавок с дальнейшим укрытием и выдержкой при положительной температуре до набора прочности раствором не менее 20% от проектной.

Высота этажа зданий с несущими стенами из штучной кладки, не усиленной армированием или железобетонными включениями, не должна превышать при сейсмичности 7, 8 и 9 баллов соответственно 5, 4 и 3,5 м.

При усилении кладки армированием или железобетонными включениями высоту этажа допускается принимать соответственно равной 6, 5 и 4,5 м. При этом отношение высоты этажа к толщине стены должно быть не более 12. Не допускается возведение несущих стен зданий из мелких блоков ячеистого бетона без железобетонных включений.

В зданиях с несущими стенами высотой два и более этажей кроме наружных продольных стен должно быть не менее одной внутренней продольной стены.

Расстояния между осями поперечных стен или заменяющих рам должны проверяться расчетом и быть не более 18, 15 и 12 м для зданий, возводимых на площадке расчетной сейсмичности 7, 8 и 9 баллов соответственно.

При использовании кладки с величиной нормального сцепления не менее 1,8 кгс/см^2 расстояния между поперечными стенами могут быть увеличены на 3 м. Расстояния между стенами из комплексных конструкций допускается увеличивать на 30%. В зданиях из мелких ячеистобетонных блоков расстояния между стенами независимо от расчетной сейсмичности не должно превышать 9 м.

Допускается вместо части поперечных стен или отдельных участков продольных стен предусматривать железобетонные рамы. При этом расстояния между стенами не должны превышать удвоенного расстояния, приведенного в п. 0, а суммарная длина рам, заменяющих участки внутренних продольных стен, не должна превышать 25% от суммарной длины внутренних продольных стен.

Размеры элементов стен каменных зданий следует определять по расчету. При этом ширина простенков должна быть не менее 0,77, 1,16 и 1,55 м для зданий возводимых на площадке расчетной сейсмичности 7, 8 и 9 баллов соответственно. Ширину угловых простенков следует принимать на 25 см больше.

Простенки меньшей ширины необходимо усиливать железобетонным обрамлением или армированием. Проемы большей ширины следует окаймлять железобетонной рамкой.

Выступ стен в плане не должен превышать 2 и 1 м для зданий, возводимых в районах сейсмичностью 7 и 8 баллов. Для зданий, возводимых в районах сейсмичностью 9 баллов, вынос стен в плане не допускается.

Вынос карнизов из материала стен не должен превышать 0,2 м.

В уровне перекрытий и покрытий, выполненных из сборных железобетонных элементов, по всем стенам без пропусков и разрывов должны устраиваться антисейсмические пояса из монолитного железобетона с непрерывным армированием.

Плиты перекрытий (покрытий) должны соединяться с антисейсмическими поясами посредством анкеровки выпусков арматуры или сваркой закладных деталей. Антисейсмические пояса верхнего этажа должны быть связаны с кладкой вертикальными выпусками арматуры.

Антисейсмический пояс (с опорным участком перекрытия) должен устраиваться, как правило, на всю ширину стены; в наружных стенах толщиной 500 мм и более ширина пояса может быть меньше на 100 - 150 мм. Высота пояса должна быть не менее толщины плиты перекрытия, класс бетона - не ниже В12,5.

Продольная арматура поясов устанавливается по расчету, но не менее 4∅10 при сейсмичности 7 - 8 баллов и не менее 4∅12 - при 9 баллах.

В сопряжениях стен в кладку должны укладываться арматурные сетки с общей площадью сечения продольной арматуры не менее 1 $см^2$ длиной не менее 1,5 м через 700 мм по высоте при сейсмичности 7 - 8 баллов и через 500 мм - при 9 баллах.

Участки стен над чердачным перекрытием, имеющие высоту более 400 мм, должны быть усилены вертикальным армированием или вертикальными железобетонными включениями, заанкеренными в антисейсмический пояс.

Кирпичные столбы допускаются при сейсмичности 7 баллов и менее. При этом марка раствора должна быть не ниже 50, а высота столбов - не более 4 м. В двух направлениях столбы следует связывать заанкеренными в стены балками. Устройство кирпичных столбов над чердачными перекрытиями не допускается.

Сейсмостойкость стен здания из штучной кладки следует повышать армированием кладки, введением железобетонных включений с созданием комплексных конструкций, сочетанием этих способов или другими экспериментально обоснованными методами.

Армирование кладки следует производить сетками в горизонтальных швах и вертикальными отдельными стержнями или каркасами, размещаемыми в теле кладки или в штукатурных слоях. Вертикальная арматура должна быть непрерывной и соединяться с антисейсмическими поясами. Соединение арматуры внахлест без сварки не допускается. В случае размещения вертикальной арматуры в штукатурных слоях, она должна быть связана с кладкой хомутами, расположенными в горизонтальных швах кладки.

Вертикальные железобетонные включения (сердечники) должны устраиваться открытыми не менее чем с одной стороны и соединяться с антисейсмическими поясами. Продольная арматура вертикальных обрамлений простенков должна быть соединена с горизонтальным армированием хомутами, уложенными в горизонтальных швах кладки. Класс бетона включений должен быть не ниже В12,5, а количество продольной арматуры не должно превышать 0,8% площади сечения бетона простенков.

Внутренний железобетонный слой трехслойных стен должен выполняться из бетона класса не ниже В15 и иметь толщину не менее 100 мм.

Армирование внутреннего железобетонного слоя принимается по расчету.

Внешние кирпичные слои трехслойных стен должны быть связаны между собой горизонтальным армированием, пропускаемым сквозь внутренний слой бетона и устанавливаемым по высоте с шагом не более 600 мм.

Перекрытия и покрытия должны опираться на внутренний железобетонный слой стен.

Перемычки должны устраиваться, как правило, на всю толщину стены и заделываться в кладку на глубину не менее 350 мм. При ширине проема до 1,5 м заделка перемычек допускается на 250 мм.

Дверные и оконные проемы в стенах лестничных клеток зданий из штучной кладки расчетной сейсмичности 8 - 9 баллов должны иметь железобетонное обрамление.

В зданиях на площадках сейсмичностью 9 баллов, высотой три и более этажей с несущими стенами из штучной кладки выходы из лестничных клеток следует устраивать по обе стороны здания.

Здания с несущими стенами из крупных блоков

Крупноблочные здания следует проектировать со стенами преимущественно двухрядной или трехрядной разрезки.

В зданиях высотой два и более этажей кроме наружных продольных стен должно быть не менее одной внутренней продольной стены. Расстояния между осями поперечных стен или заменяющих рам должны приниматься как для зданий из кирпичной кладки.

Вертикальные швы между простеночными блоками должны быть на каждом этаже перевязаны поясными блоками. Допускается не устраивать перевязку швов в местах примыкания стен различных направлений при обязательном устройстве горизонтальной арматурной связи между ними и наличии монолитных железобетонных элементов, воспринимающих расчетные усилия среза по неперевязанным швам.

Блоки могут быть выполнены из бетонов, в том числе легких бетонов класса не ниже В2,5, а также изготовлены из кирпича, других штучных материалов и раствора, удовлетворяющих п. 0. с использованием вибрирования в формах на вибростоле. Нормальное сцепление кирпича (камня) с раствором в блоках должно быть не менее 120 кПа.

Стеновые блоки должны иметь по торцевым вертикальным граням пазы или четверти. Конструкцией блоков могут быть предусмотрены вертикальные технологические пустоты или включения утеплителя. Блоки должны быть армированы пространственными каркасами. Вертикальная арматура в блоках устанавливается по расчету, но не менее 2∅8А-1 по каждой боковой грани.

Блоки должны соединяться между собой сваркой закладных деталей или выпусков арматуры. Вертикальная арматура по торцам простеночных блоков, в том числе на глухих участках стен, должна быть соединена с выпусками арматуры из фундамента, вертикальной арматурой вышележащих и нижележащих простеночных блоков, в том числе блоков смежных этажей и заанкерена в антисейсмическом поясе перекрытия верхнего этажа.

Продольная арматура соседних поясных блоков, в том числе и блоков примыкающих стен, должна быть соединена на сварке с последующим замоноличиванием стыков.

В поясных блоках должны быть предусмотрены отверстия для пропуска вертикальной арматуры, соединяющей простеночные блоки разных этажей, место для укладки бетона антисейсмического пояса и выпуски арматуры для связи бетона поясного блока с бетоном антисейсмического пояса.

В уровне перекрытий и покрытий, выполненных из сборных железобетонных плит, по всем стенам должны устраиваться антисейсмические пояса из монолитного бетона, объединяющие выпуски арматуры из торцов плит перекрытий и выпуски из поясных блоков.

Ширина пояса должна быть не менее 90 мм, высота - соответствовать толщине плит перекрытий, класс бетона не ниже В12,5. При подборе арматуры антисейсмических поясов допускается учитывать продольную арматуру поясных блоков.

Связи между продольными и поперечными стенами следует обеспечивать с помощью сварки закладных деталей или выпусков арматуры, замоноличиванием вертикальных стыков, укладкой арматурных сеток в каждом горизонтальном растворном шве и антисейсмическими поясами.

Для повышения сейсмостойкости зданий из крупных блоков следует устраивать вертикальные железобетонные включения в местах пересечения и по свободным торцевым граням стен. Для повышения горизонтальной жесткости глухих участков стен в вертикальных швах между простеночными блоками могут также устраиваться бетонные шпонки и сварные связи выпусков горизонтальной арматуры соседних блоков.

Деревянные здания

Деревянные здания допускается проектировать каркасными, панельными, брусчатыми и бревенчатыми.

В каркасных и панельных зданиях сейсмическую нагрузку воспринимают вертикальные и горизонтальные элементы каркаса в сочетании с раскосами и обшивками.

Шаг стоек рекомендуется принимать не более 3 м. Каждая стойка должны крепиться к фундаменту анкерными болтами и иметь металлические связи с соответствующими им стойками по высоте здания и элементами горизонтальных обвязок к уровне перекрытий.

Перекрытия каркасных зданий могут выполняться с балками из сплошных или клеевых брусьев, круглых или окантованных бревен. Перекрытия панельных зданий могут выполняться из панелей или отдельных балок. В уровне перекрытий каркасных и панельных зданий по всем несущим стенам должны быть устроены непрерывные обвязки. Элементы

обвязки должны соединяться между собой по всему контуру, включая угловые стыки металлическими накладками или стяжками. Каждая балка перекрытия должна крепиться металлическими связями с балками примыкающего участка перекрытия и горизонтальными обвязками по контуру стен здания.

Жесткость стен и перекрытий каркасных и панельных зданий должна обеспечиваться раскосами, обшивкой из конструктивной фанеры или диагональной обшивкой из шпунтованных досок.

Конструкция панелей должна включать контурную обвязку из брусьев с раскосами и обшивки из конструктивной фанеры или диагональные обшивки из шпунтованных досок. Каждая панель должна по всем углам быть связана с примыкающими панелями, и горизонтальными обвязками в уровне перекрытий. Должны быть выполнены связи между вертикальными элементами обвязок панелей соседних этажей. Допускается конструктивно объединять связи панелей соседних этажей и их связи с обвязками в уровне перекрытий. Панели нижнего ряда должны быть связаны с фундаментом анкерными болтами. Допускается устанавливать один анкерный болт на две примыкающие стойки обрамления соседних панелей. Связи панелей между собой следует выполнять на болтах. Рекомендуется увеличивать жесткость панельных зданий креплением участка обшивки, выпущенной за контур обвязки панели стены или перекрытия к обвязке примыкающей панели.

Жесткость стен из брусьев или бревен должна обеспечиваться постановкой стальных нагелей или шипов из древесины твердых пород по всей площади стен в шахматном порядке не реже 70 см по длине, а также у углов и в пересечениях стен, на участках, примыкающим к оконным и дверным проемам.

Оконные и дверные проемы следует обрамлять жесткими вертикальными элементами, рассчитанными на восприятие сейсмических нагрузок из плоскости стены.

Венцы выше чердачного перекрытия, на которые должны опираться стропила, следует скреплять сквозными нагелями. Верхние венцы в углах и пересечениях следует объединять угловыми балками на врезках и сквозных нагелях.

В углах и пересечениях стен следует устанавливать сжимы в виде вертикальных стоек с обеих сторон с объединением стяжными болтами с шагом по высоте не более 1,5 м. При этом отверстия под болты в сжимах следует выполнять продолговатыми, не препятствующими осадке срубов. Стойки рекомендуется выполнять неразрезными на всю высоту здания. Сжимы также должны ставиться у проемов с пролетом более 1,5 м и на участках стен длиной более 6 м.

Пригонка венцов должна быть плотной. При сейсмичности 8 и 9 баллов следует применять врубку в полдерева с остатком не менее 25 см или без остатка с усилением углов

плоскими уголками жесткости с прошивкой их гвоздями. В районах сейсмичностью 7 баллов допускается врубка в полдерева с прошивкой двумя нагелями в узле по осям брусьев или впритык.

В рубленых домах балки перекрытия следует соединять со стенами врубкой, а в районах сейсмичностью 9 баллов балки перекрытий должны скрепляться стальными гнутыми металлическими полосами с креплением к балке болтами, а к стене нагелями.

В районах сейсмичностью 7 и 8 баллов в брусчатых и бревенчатых зданиях анкерные болты крепления обвязки по верху фундамента дополнительно следует устанавливать в углах и пересечениях стен, а при сейсмичности 9 баллов и в местах расположения сжимов. При этом в целях обеспечения надежной связи стен с фундаментом основные анкера должны пропускаться в обруб на 1-2 венца выше промежуточных дополнительных. Шаг основных анкеров следует принимать не более 1,5 м при сейсмичности 9 баллов и не более 2 м при 7 и 8 баллах.

Конструкции крыш следует принимать безраспорными, преимущественно с легкой кровлей. Жесткость конструкций крыш должна обеспечиваться установкой раскосов между стойками в обоих направлениях плана здания.

Восстановление и усиление зданий

Требования настоящего раздела должны соблюдаться при разработке мероприятий по обеспечению сейсмостойкости эксплуатируемых зданий, восстанавливаемых после землетрясения, усиливаемых в связи с изменением сейсмичности площадки строительства или назначения объекта.

При выборе способов усиления несейсмостойких жилых, общественных и промышленных зданий необходимо руководствоваться общими принципами проектирования сооружений для сейсмических районов. Элементы здания с недостаточной несущей способностью выявляются расчетом.

В случаях, когда выполнение конструктивных требований норм в полном объеме невозможно, или их выполнение приводит к экономической нецелесообразности усиления, допускается реализация обоснованных расчетом технических решений усиления здания при неполном соответствии требованиям норм с их согласованием в установленном порядке.

Проектная документация по повышению сейсмостойкости зданий разрабатывается на основе анализа проектной документации и материалов детального обследования основания и конструктивных элементов здания.

В проекте рекомендуется использовать следующие технические мероприятия:

- изменение объемно-планировочных решений путем разделения зданий сложных конструктивных схем на отсеки простой формы антисейсмическими швами,

разборки верхних этажей здания, устройства дополнительных элементов жесткости для обеспечения симметричного расположения жесткостей в пределах отсека и уменьшения расстояния между ними;

- усиление стен, рам, вертикальных связей для обеспечения восприятия усилий от расчетных сейсмических воздействий;
- увеличение надежности соединения элементов сборных перекрытий, устройством или усилением антисейсмических поясов;
- обеспечение связей между стенами различных направлений, между стенами и перекрытиями;
- усиление элементов соединения сборных конструкций стен;
- изменение конструктивной схемы здания, в том числе путем введения системы дополнительных конструктивных элементов;
- снижение массы здания, использование сейсмоизоляции, пассивного демпфирования и других методов регулирования сейсмической реакции;
- изменение функционального назначения здания (снижение уровня ответственности).

Решения о восстановлении или усилении зданий должны приниматься с учетом их физического и морального износа, назначения и социально-экономической целесообразности мероприятий по восстановлению или усилению.