ГОСКОМАРХСТРОЙ РСФСР
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
„СТРОЙИЗЫСКАНИЯ"

МЕТОДИКА
СЕЙСМИЧЕСКОГО МИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ ЗАСТРАИВАЕМЫХ (ОСВАИВАЕМЫХ) ТЕРРИТОРИЙ РСФСР С УЧЕТОМ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ И ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

МОСКВА 1991 г.

gost.e-ecolog.ru

ГОСКОМАРХСТРОЙ РСФСР
Научно-производственное объединение **"Стройизыскания"**

М Е Т О Д И К А

сейсмического микрорайонирования застраиваемых (осваиваемых) территорий РСФСР с учетом региональных инженерно-сейсмологических особенностей и техногенных факторов

Москва 1991

Методика сейсмического микрорайонирования застраиваемых (осваиваемых) территорий РСФСР с учетом региональных инженерно-сейсмологических особенностей и техногенных факторов. Госкомархстрой РСФСР, МосЦТИСИЗ, Москва, 1991 г. - 44 с.

Разработана НПО "Стройизыскания" Госкомархстроя РСФСР с целью совершенствования методики проведения работ по составлению карт сейсмического микрорайонирования городов и населенных пунктов, а также оценки сейсмичности площадок строительства зданий и сооружений в различных регионах РСФСР.

Исполнители: канд. геол.-минерал. наук Ю.И.Баулин (руководитель темы), инж. Л.В.Заботкина (МосЦТИСИЗ); Б.А.Брызгалов, З.В.Прибыткова, В.И.Таборов (ВостсибТИСИЗ); В.В.Морозов, канд. геол.-минерал. наук В.Г. Шарапов (ККО СтавропольТИСИЗа); И.Н.Фитисов, канд. геол.-минерал. наук А.П.Щеглов (СевкавТИСИЗ)

В В Е Д Е Н И Е

В РСФСР районы с сейсмичностью 7 баллов и выше охватывают примерно 2,3 млн. км^2 площади, что составляет более 13% всей территории республики. В этих районах расположено свыше 1300 городов и населенных пунктов.

К наиболее опасным в сейсмическом отношении территориям РСФСР относятся Камчатка и Курильские острова (более 9 баллов) Забайкалье, Прибайкалье, южные районы Красноярского и Алтайского краев (8-9 баллов), Дагестан (8 баллов), а также курортные районы Черноморского побережья Кавказа и Кавказских минеральных вод (7-8 баллов).

К числу значительных сейсмических событий, отмеченных в последние годы на территории РСФСР, можно отнести Дагестанское (14 мая 1970 г., 8 баллов) и Камчатское (17 августа 1983 г., 7 баллов) землетрясения.

Сейсмические катастрофы сопровождаются многочисленными жертвами и разрушениями. Материальный ущерб от разрушительных землетрясений исчисляется сотнями миллионов рублей. Даже среднее по интенсивности землетрясение, зарегистрированное 3 января 1990 г. в районе пос. Дагестанские огни (6-7 баллов), нанесло ущерб около 50 млн. руб.

Особую остроту в последние годы приобретает проблема слабосейсмичных территорий РСФСР. Анализ Региональной схемы расселения на территории РСФСР на период до 2005 года, составленной институтом "Гипрогор" в 1990 г., и материалов по оценке сейсмичности Европейской части РСФСР в пределах Русской платформы показал, что в связи с концентрацией населения и увеличением числа сооружений повышенной опасности (атомная энергетика, гидростроительство, химическое производство и т.п.) в районах с сейсмичностью 5-6 баллов объемы возможных потерь от землетрясений будут возрастать. В особенности это относится к

районам Татарии, Башкирии, а также Южного Кузбасса и Горной Шории, где строительство захватывает подработанные территории (шахтные поля, выработанные нефтяные и газовые месторождения и т.п.), на которых наблюдается активизация сейсмических процессов. Если учесть, что площадь 6-балльной сейсмичности в РСФСР составляет около 2,5 млн. км^2, общая площадь сейсмоопасной зоны возрастает до 4,8 млн. км^2 (т.е. около 28% территории РСФСР).

За период с 1982 по 1989 гг. в соответствии с пятилетними и годовыми планами разработаны и утверждены в качестве региональных строительных норм карты сейсмического микрорайонирования территории 26 городов и поселков РСФСР, в том числе Большого Сочи, Южно-Сахалинска, Улан-Удэ, Иркутска, Новокузнецка, Махачкалы, Пятигорска, Кисловодска, Грозного и др.

В настоящее время работы по сейсмическому микрорайонированию на территории РСФСР (за исключением объектов атомной энергетики, гидростроительства и спецназначения) регламентируются республиканскими строительными нормами (РСН 60-86 "Нормы производства работ..." и РСН 65-87 "Технические требования к производству работ..."). В этих документах рассматриваются общие вопросы методики и техники сейсмического микрорайонирования.

Практика показывает, что существующие методы сейсмического микрорайонирования не всегда в состоянии обеспечить в полной мере получение необходимой информации о сейсмических условиях строительных площадок и их изменении при эксплуатации зданий и сооружений. Это связано как со сложностью изучаемых объектов, так и с недостаточной научной проработкой ряда теоретических и методических вопросов инженерной сейсмологии и сейсмического микрорайонирования.

Качество карт сейсмического микрорайонирования, на основании которых определяется сейсмичность строительных площадок, зависит как от полноты и достоверности исходной сейсмологической информации, полученной при общем и детальном сейсмическом районировании, так и от результатов специальных геолого-геофизических исследований, выполняемых при сейсмическом микрорайонировании.

Опыт изучения последствий сильных землетрясений в СССР и за рубежом, а также анализ результатов работ по сейсмическому микрорайонированию в различных природных условиях свидетельствуют о том, что величина и характер сейсмического воздействия определяются, помимо региональных, многочисленными локальными особенностями геологической среды (литологический состав и физико-механические свойства грунтов, строение геологического разреза, гидрогеологические условия, рельеф, физико-геологические процессы, наличие тектонических разрывов и т.д.).

Кроме того, под воздействием хозяйственного освоения, особенно на территориях городов и других населенных пунктов, происходит техническое изменение геологической среды, что, в свою очередь, приводит к изменению локальных сейсмических условий.

Анализ инженерно-геологических и сейсмологических условий различных сейсмических регионов РСФСР позволил выделить основные факторы природно-техногенной обстановки, определяющие методические особенности проведения сейсмического микрорайонирования территорий городов и других населенных пунктов в пределах этих регионов. К таким факторам относятся сложное структурно-тектоническое и геолого-литологическое строение территорий, развитие опасных геологических процессов. Геологические аспекты этой проблемы достаточно полно рассмотрены в существующей нормативно-методической литературе. Вопросы же, связанные с прогнозом активизации (развития) опасных геологических процессов и изменения инженерно-геологических и сейсмических свойств грунтов в результате техногенного воздействия, остаются в методическом плане не затронутыми. Актуальность этой проблемы в связи с интенсивным проведением сейсмического микрорайонирования городских территорий очевидна.

Для этих целей на основе анализа и обобщения литературных и фондовых материалов и с учетом инженерно-геологического районирования территории РСФСР составлена краткая инженерно-сейсмологическая характеристика основных сейсмических регионов РСФСР: Дальневосточного, Забайкальского, Алтае-Саянского, Кавказского и Волго-Уральского. Для каждого региона выделены характерные

инженерно-геологические и сейсмологические особенности, требующие специального методического подхода при проведении работ по сейсмическому микрорайонированию.

При составлении методики использованы материалы сейсмического микрорайонирования г.г. Иркутска, Петропавловска-Камчатского, Большого Сочи, Кисловодска, Пятигорска, Махачкалы, Грозного, Зеи и других.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Выбор оптимальных вариантов размещения объектов строительства и количественную оценку параметров сейсмических воздействий на площадках строительства, необходимых для расчета сейсмостойкости конкретных зданий и сооружений, обеспечивает система сейсмического районирования СССР. Эта система включает общее сейсмическое районирование (ОСР) страны в масштабе I:2500000, детальное сейсмическое районирование (ДСР) территорий перспективного хозяйственного освоения в масштабе I:500000-I:200000 и сейсмическое микрорайонирование (СМР) для оценки сейсмических условий территорий городов, населенных пунктов и площадок строительства в масштабе I:25000-I:5000, которое входит в состав инженерных изысканий и выполняется специализированными изыскательскими организациями.

Сейсмическое микрорайонирование, конечным результатом которого является разработка крупномасштабных карт, позволяющих с высокой степенью детальности оценивать локальные инженерно-сейсмические условия, является одним из важнейших элементов в комплексе защитных мероприятий, обеспечивающих повышение безопасности жилищно-гражданского, промышленного и сельского строительства в сейсмических районах.

Карты сейсмического микрорайонирования, утверждаемые Госкомархстроем РСФСР в качестве республиканских (региональных) нормативных документов, должны учитываться всеми организациями, ведущими изыскания, проектирование и строительство на территории РСФСР, независимо от их ведомственной подчиненности.

В основу сейсмического микрорайонирования положена технологическая схема, реализующая принцип комплексирования инженерно-геологических, инструментальных и расчетных методов, применяемых для построения карт сейсмического микрорайонирования с учетом социально-экономических последствий ожидаемых сильных землетрясений, категории сейсмической опасности зданий и сооружений, сложности инженерно-геологических условий и исходной сейсмичности территорий.

В соответствии с принципами крупномасштабного инженерно-геологического картирования, материалы исследований, составляющие инженерно-геологическую основу карты сейсмического микрорайонирования, должны представляться в виде набора карт, содержащих информацию, необходимую и достаточную для выделения однородных в инженерно-сейсмогеологическом отношении территориальных единиц.

Для инженерно-геологического обоснования сейсмического микрорайонирования составляются карты трех типов:

частные аналитические карты, отображающие закономерности пространственного распределения и изменения отдельных геологических факторов, влияющих на сейсмичность территории;

общие аналитические комплексные карты, на которых приводится совместное отображение нескольких инженерно-геологических факторов;

синтетические специальные карты, отображающие деление территории на таксономические единицы, однородные по реакции на сейсмические воздействия.

В состав инженерно-геологических исследований входит сбор и обобщение материалов прошлых лет, комплексная инженерно-геологическая съемка соответствующего масштаба, включающая инженерно-геологическое рекогносцировочное обследование территории, горно-буровые и геофизические работы, а также камеральные и картосоставительские работы.

Плотность выработок на 1 км^2 устанавливается в соответствии с существующими нормативными документами и кондициями, а также с учетом реальных инженерно-геологических условий. Глу-

бинность изучения геологического разреза определяется глубиной залегания коренных пород, но не более 20 м.

Особое внимание уделяется изучению разрывных тектонических нарушений, многолетнемерзлых грунтов, оползней и др. Геофизические методы привлекаются для определения глубин залегания кровли коренных пород, литологического расчленения грунтов, глубин залегания уровня подземных вод, выявления и прослеживания зон повышенной трещиноватости пород и трассирования разрывных тектонических нарушений, выявления и оконтуривания в плане участков многолетнемерзлых грунтов и т.д.

По результатам инженерно-геологических работ составляется комплект вспомогательных карт, состав и содержание которых изменяются в зависимости от местной инженерно-геологической обстановки территории и с учетом требований пп. 2.17-2.18 РСН 65-87. Итоговой является специальная карта инженерно-геологического районирования, являющаяся инженерно-геологической основой карты сейсмического микрорайонирования.

Инструментальные сейсмические исследования выполняются в соответствии с действующими нормативными документами по сейсмическому микрорайонированию.

На всех объектах (кроме отнесенных к классу Д) должны выполняться сейсмологические наблюдения по регистрации слабых землетрясений и промышленных взрывов на всех основных грунтовых комплексах, сейсморазведка КМПВ в виде отдельных сейсмозондирований и сейсмокаротаж скважин. В качестве дополнительного метода рекомендуется регистрация микросейсм. В целях прогноза поведения грунтов при возможном наиболее вероятном землетрясении выполняются теоретические расчеты амплитудно-частотного состава колебаний.

Для целей сейсмического микрорайонирования выполняются дифференцированные расчеты величин сейсмической интенсивности для дневной поверхности и для проектируемых глубин заложения фундаментов. При наличии вечной мерзлоты расчеты выполняются для двух состояний грунтов: мерзлого и талого с построением раздельных карт.

На карте сейсмического микрорайонирования выделяются зоны с различной сейсмической балльностью, как правило, соответству-

кшие границам таксономических единиц, установленных по инженерно-геологическим данным. Приводятся расчетные амплитудно-частотные характеристики грунтов. Выделяются участки, неблагоприятные в сейсмическом отношении.

2. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И СЕЙСМОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНОВ РСФСР

2.I. Дальневосточный регион

Дальневосточный регион относится к северо-западной части Тихоокеанского подвижного пояса и охватывает мезозоиды Северо-Востока, Приамурья, Сихотэ-Алиня, значительную часть Восточно-Азиатского вулканогенного пояса и мезозойско-кайнозойские складчатые системы Сахалина, Камчатки, Корякского нагорья и Курильских островов. Характерной особенностью этой горно-складчатой области является развитие по восточной периферии Тихоокеанского подвижного пояса современной геосинклинали и зоны молодой кайнозойской складчатости с активным проявлением молодого вулканизма. Таким образом, для Дальнего Востока тектонический фактор играет доминирующую роль в развитии многообразия типов и форм осадконакопления, магматизма, метаморфизма и создания складчатых структур различных порядков.

Среди структурных форм, возникших в результате проявления новейших движений, следует различать:

хребты - антиклинории с большими радиусами кривизны (Западно-Сахалинские горы, Сихотэ-Алинь и др.);

хребты - асимметричные сводовые поднятия или мегантиклинории (Верхоянский, система хребтов Черского и др.);

межгорные впадины, разделяющиеся в структурном отношении на грабенсинклинали (Средне-Амурская депрессия, Тымь-Поронайская депрессия на Сахалине и др.) и наложенные впадины (Эворон-Чукчагирская, Улыль-Кизинская и Амуро-Амгунская депрессия и др.).

В формировании рельефа региона участвуют отпрепарированные денудацией древние тектонические разрывы, контролирующие

простирание отдельных горных гряд, межгорных и предгорных впадин, определяющие направление речных долин и конфигурацию береговой линии окраинных морей и островов. Весьма значительна рельефообразующая роль молодых разрывных дислокаций.

Во всех горных странах Дальнего Востока наблюдаются также сравнительно небольшие внутригорные впадины. Некоторые из них с полным основанием могут быть отнесены к денудационным.

С проявлением вулканизма связано образование мощных толщ, вулканогенных пород в Курил амчатско-Олюторском регионе.

Среди четвертичных отложений преимущественным развитием пользуются континентальные осадки (аллювиальные, озерные, ледниковые и водно-ледниковые), выполняющие межгорные котловины, долины рек и обширные равнины. В горах широко развиты отложения склонового ряда. На побережье континентальные отложения сменяются морскими, ледниково-морскими и аллювиально-морскими (дельтовыми) осадками.

На значительной части территории Дальнего Востока распространены многолетнемерзлые породы, мощность которых варьируется от десятков до 1000 м и более. Они отсутствуют лишь на Сахалине, Курильских островах, в южных районах Камчатки и частично в Приморье.

Комплекс современных геологических процессов и явлений Дальнего Востока отмечается большим разнообразием. Ландшафтно-климатическая зональность обусловливает общую зональность современных процессов и их различную интенсивность. На северо-востоке преобладают физическое выветривание и процессы, обусловленные наличием многолетней мерзлоты (термокарст, термоабразия, солифлюкция и др.); на юге Дальнего Востока - заболачивание, эрозия. На Камчатке и Курильских островах развиты процессы, связанные с современным вулканизмом, повышенной сейсмичностью и воздействием цунами.

Расположение региона в пределах Тихоокеанского тектонического пояса обусловливает высокую сейсмичность территории. Наиболее активной в этом отношении является область "живущей" геосинклинали - Камчатка и Курильские острова, которые отличаются высокой энергией и частотой происходящих здесь земле-

трясений. Основная масса эпицентров протягивается полосой вдоль Тихоокеанского побережья. Гипоцентры землетрясений Курило-Камчатской зоны располагаются по некоторой фокальной зоне, погружающейся под континент. В пределах зоны выделяются чередующиеся области большего и меньшего выделения сейсмической энергии. Установлено, что почти все очаги глубокофокусных землетрясений сопряжены с глубоководными впадинами окраинных морей, а островным дугам свойственны мелкофокусные землетрясения. На Сахалине, где сейсмичность ниже, периодически происходят землетрясения, приуроченные к двум зонам повышенной активности. Наиболее крупная сейсмическая зона с магнитудами до восьми приурочена к зоне дифференцированных и высококонтрастных движений хр. Черского. Землетрясения с магнитудами пять-семь отмечены в районе Магадана и на Чукотке.

Очаговые зоны землетрясений Камчатско-Командорской части региона расположены в трех основных сейсмоактивных провинциях: Камчатском участке, Курило-Камчатской сейсмофокальной зоны, Командорском участке Алеутской сейсмофокальной зоны и по окраинам Командорской котловины Берингова моря.

Наиболее активна провинция Курило-Камчатской сейсмофокальной зоны, протянувшаяся вдоль восточного побережья Камчатки от мыса Лопатка до мыса Камчатского. Очаги землетрясений расположены в пределах достаточно тонкого слоя, подходящего к полуострову от западного склона Курило-Камчатского глубоководного желоба и погружающегося под Камчатский полуостров под углом 45^0 до глубин 300-600 км. Для этой провинции характерна высокая повторяемость сильных землетрясений, устойчивая фоновая сейсмичность вдоль всей сейсмофокальной зоны. Максимальное по силе землетрясение этого века имело M=8,5. Вблизи полуострова преобладают сбросовые подвижки в очагах землетрясений, далее на восток соотношение сбросовых и взбросовых подвижек примерно равное. Группирование землетрясений проявляется главным образом в виде последовательностей главный толчок - афтершоки, а также в виде роевых последовательностей.

Для Алеутской и Командорской провинции характерно отсутствие стабильной фоновой сейсмичности. Землетрясения происходят

большей частью в виде отдельных вспышек активности. Повторяемость сильных землетрясений здесь существенно меньше, чем в Курило-Камчатской провинции. Максимальные по силе землетрясения этого века имели магнитуду 7,7 (1969 г.) в Командорской провинции и 8,1 (1917 г.) в Алеутской. Глубины очагов находятся в пределах 0-60 км. Для окраины Командорской котловины характерны взбросо-сдвиговые подвижки в очагах землетрясений, для Алеутских очагов - преобладание сбросо-сдвигов. Для обеих провинций характерно возникновение сильных толчков с афтершоками.

В заключение следует отметить, что для Дальнего Востока тектонический фактор является определяющим в развитии многообразия типов и форм осадконакопления, магматизма, метаморфизма, созцания складчатых структур, то есть важнейших элементов инженерно-геологической и сейсмологической обстановки. Однако нельзя не учитывать фактор интенсивного освоения Дальневосточных районов, во многом влияющий на изменение природных условий региона и способствующий развитию подтопления и деградации вечной мерзлоты. В связи с этим к главным особенностям Дальневосточного региона можно отнести:

большую тектоническую подвижность в мезокайнозое;

развитие по восточной периферии Тихоокеанского подвижного пояса современной геосинклинали и зоны молодой кайнозойской складчатости с активным проявлением молодого вулканизма;

развитие на северо-востоке региона многолетнемерзлых грунтов.

2.2. Забайкальский регион

Почти вся территория Забайкалья принадлежит к числу сейсмичных районов. Наиболее сейсмоактивной морфоструктурой является Байкальское сводовое поднятие, а в нем - пояс рифтовых впадин. Показателем повышенной сейсмичности этой зоны являются следы грандиозных сейсмических катастроф недавнего геологического прошлого, а также землетрясения 1829, 1862, 1950, 1957, 1967 гг. силой в 9-10 баллов. Ежегодно здесь регистрируется большое количество землетрясений меньшей силы.

Основная часть эпицентров располагается в зонах активизированных глубинных разломов, ограничивающих рифтовые впадины. Эпицентры сильных землетрясений располагаются неравномерно. Они концентрируются в районе Тункинских впадин, на среднем и южном Байкале до Черской впадины, в Приолекминской части Станового разлома. Особенность этой территории в общей системе Байкальского рифта состоит в том, что область повышенной сейсмичности здесь наиболее широка и распадается на ряд (до пяти) параллельных полос северо-восточной ориентации. В частности, очень четко выражена линейная полоса эпицентров вдоль юго-восточного борта Баргузинской впадины.

"Живая" (голоценовая) тектоника и сейсмичность горного пояса Забайкалья контролируется активизированными разломами. Это крупные, частью глубинные, долго- и сложноживущие системы разрывов.

Морфологические зоны активизированных разломов представляют собой протяженные (сотни километров) линеаменты, состоящие из отдельных кулис (сбросы, взбросы с небольшой сдвиговой составляющей).

В геологическом строении Забайкалья принимают участие разновозрастные осадочные, вулканогенные и интрузивные образования, среди которых наиболее широко распространены гранитоиды. Здесь установлены геологические образования всех систем - от архея до голоцена включительно. Среди них площадь распространения осадочных пород, за исключением рыхлых четвертичных отложений, незначительна. Доля осадочных пород от Байкальской рефтовой зоны увеличивается в направлении с севера и северо-запада на юг и юго-восток и по направлению к Сибирской платформе. В этих же направлениях в общем меняется степень метаморфизма и дислоцированности пород.

В миогеосинклинальном поясе породы в целом менее метаморфизованы и представлены терригенно-карбонатной рифейской формацией. Магматические породы в этом поясе распространены незначительно. Рифтовые впадины вмещают толщи неогенового и четвертичного возраста, достигающие мощности 1500-4000 м и более, и подразделяются на два структурных яруса: неогеновый и четвер-

тичный. Неогеновый ярус сложен осадками миоцен-плиоценовой угленосной формации, в отдельных впадинах установлена плиоценовая красноцветная молассовая формация. Мощность четвертичного яруса, основная часть разреза которого сложена плейстоценовыми полигенетическими песками, достигает 400-500 м.

Среди экзогенных процессов наиболее существенное значение для инженерно-геологической оценки территории имеют мерзлотные, гравитационные, селевые явления и карст. Развитие многих из этих процессов предопределено выветриванием горных пород.

Рассматриваемая территория неоднородна по природным условиям. Отдельные ее районы существенно отличаются по геоморфологическим, ландшафтным, геологическим и другим особенностям, однако всю территорию можно рассматривать как единый природный комплекс, характеризующийся общими чертами, которые следует учитывать при проведении сейсмического микрорайонирования.

Большая часть территории имеет резко пересеченный горный рельеф. Равнинных участков мало и все они приурочены к межгорным впадинам. Наличие мощных толщ рыхлых отложений (более 400-500 м) способствует затуханию сейсмических колебаний и, как следствие этого, изменению интенсивности землетрясений на поверхности.

Повсеместно отмечается преобладание магматических пород над осадочными. Особенно большие площади заняты гранитоидами. Наиболее благоприятными в сейсмическом отношении являются невыветрелые и слабовыветрелые скальные грунты.

Широко распространены многолетнемерзлые породы, значительна глубина сезонного промерзания грунтов.

Для крупных промышленных центров региона характерно развитие на их территории процессов подтопления и затопления, связанных с влиянием активного хозяйственного освоения территории.

2.3. Алтае-Саянский регион

Территория Алтае-Саянской горной страны относится к областям повышенной тектонической активности. Она характеризуется частыми землетрясениями различной силы. Наибольшей активностью

характеризуются центральная и восточная части области, включающие крайние западные и восточные районы Тувы. Сейсмическая активность достигает здесь максимальных для области значений, равных 0,2-0,3. Что касается Центрального Алтая, то высокая сейсмичность (A_{IO} = 0,05 ... 0,I) наблюдается лишь в юго-восточных районах, тогда как остальная территория сравнительно малоактивна. В северо-западной равнинной части области сейсмическая активность довольно резко падает. Небольшое увеличение ее уровня (до A_{IO} = 0,0I) наблюдается здесь только в районе Каменного Приобья и в Кузнецкой и Минусинской котловинах.

Основная масса эпицентров зафиксированных землетрясений образует два сейсмических пояса: субмеридиональный, приуроченный к хребтам Цаган-Шибэту и Шапшальскому, и северо-восточный, включающий хребты Танну-Ола, Куртушибинский и Восточный Саян. Первый пояс характеризуется более частыми, но более слабыми землетрясениями. Наименьшей сейсмичностью обладают центральные части Западного Саяна и Минусинские впадины: здесь имеются лишь локальные скопления эпицентров землетрясений.

Алтае-Саянская страна представляет собой сложнопостроенную, преимущественно горную территорию. Наиболее крупные ее орографические единицы - Кузнецкий Алатау, Восточный и Западный Саяны, Минусинские и Тувинские впадины, Сангиленское нагорье, хребты Танну-Ола, Академика Обручева и другие, как правило, соответствуют крупным морфоструктурам и носят те же наименования.

Алтае-Саянский регион в инженерно-геологическом плане характеризуется тем, что различия наиболее отчетливо выступают при сравнении геосинклинальных зон, межгорных прогибов и наложенных мульд. Для складчатых сооружений типичны: полиминеральный состав и "многопородность" осадочных формаций; широкое распространение вулканогенных и вулканогенно-осадочных образований; весьма большая изменчивость разреза; существенно разное строение одновозрастных комплексов в различных структурно-фациальных зонах; обилие интрузивных пород, особенно гранитоидного состава, в том числе плутонов с обширными ореолами контактово-измененных пород; сложная дислоцированность как пликатив-

ная, так и дизъюнктивная, обусловливающая значительную тектоническую трещиноватость пород; неотектоническая мобильность структур и связанная с ней повышенная сейсмичность территории; преимущественно трещинные и трещинно-карстовые воды.

Для межгорных прогибов характерны: значительная роль в их геологическом строении эффузивных покровов, молассовых и молассово-подобных красноцветных формаций; отсутствие регионально-метаморфизованных пород; брахиформная складчатость и подчиненная ей своеобразная тектоническая трещиноватость массивов; однотипное строение всех межгорных впадин внутри прогибов, спокойный тектонический режим в кайнозое, с преобладанием слабых поднятий; артезианские бассейны трещинно-пластовых вод.

Наложенные мезозойские впадины выполнены спокойно залегающими, умеренно литифицированными терригенными отложениями. Территории их являются относительно погруженными по сравнению с обрамляющими плато, мощность четвертичных аккумулятивных осадков достигает 40-60 м. В гидрогеологическом отношении каждая впадина представляет артезианский бассейн пластово-поровых вод.

Развитие современных экзогенных процессов в пределах Алтае-Саянской горной страны тесно связано с ее геоморфологическим строением. В высокогорных крутосклонных районах преобладают обвально-осыпные, в среднегорных и низкогорных - преимущественно делювиальные и пролювиальные процессы. В целом на территории преобладают склоновые процессы, среди которых в порядке их значимости следует отметить делювиально-пролювиальные, обвально-осыпные и солифлюкционные. Локально развиты речная эрозия, карст, эоловые процессы и др.

Важной особенностью Алтае-Саянской горной страны является широкое развитие вечной мерзлоты. Многолетнемерзлые породы развиты на значительной части территории, причем в собственно горных ее частях мерзлота имеет преимущественно сплошное развитие. Мощность многолетнемерзлых пород достигает 50-300 м, увеличиваясь от долин к высоким водораздельным хребтам.

Существование многолетнемерзлых пород и слоя сезонного протаивания приводит к возникновению солифлюкционных процессов,

особенно широко развитых в высокогорье и среднегорье на пологих склонах и районах с неглубоким залеганием мерзлоты и сильным сезонным увлажнением.

На четвертичных отложениях различного генезиса залегают лёссовые породы, обладающие просадочными свойствами. Возникновение процесса облёссования пород может быть связано с климатическими особенностями территории, обусловленными многократными промерзанием и оттаиванием пород, близостью и непосредственным влиянием ледниковых зон. Просадочные лёссовые пороцы встречаются в верхней части разреза (до глубины 6 м) озерно-аллювиальных нижне-средне-четвертичных отложений, слагающих высокие водоразделы.

В Кузбассе повсеместно встречаются глинистые коры выветривания и лёссовые породы средне- и верхнечетвертичного возраста с погребенными почвами, достигающие мощности 45 м. Среди лёссовых пород на поверхности (до I0 м) встречаются просадочные разновидности. Особое место в Кузбассе занимает разработка угольных пластов, приводящая к изменению структуры горного массива.

Характерными особенностями этого региона, которые необходимо учитывать при проведении изысканий для целей сейсмического микрорайонирования, являются:

наличие многочисленных разрывных нарушений и повышенная тектоническая активность;

распространение многолетнемерзлых пород;

наличие просадочных лёссовых грунтов и погребенных почв в верхней части разреза;

нарушение структуры горных массивов в связи с активной разработкой угольных месторождений Кузбасса.

2.4. Кавказский регион

Кавказский регион в тектоническом отношении представляет собой сложно построенную систему альпийских складчатых сооружений вместе с прилегающей к ним южной частью молодой эпигерцинской плиты, лежащих между Черным и Каспийским морями.

Главными продольными тектоническими зонами Кавказского региона с севера на юг являются:

эпигерцинская (скифская) плита Предкавказья, на своем среднем участке (Ставропольское поднятие) наиболее приподнятая и непосредственно смыкающаяся с Большим Кавказом;

альпийский краевой (передовой) Терско-Каспийский прогиб;

внешний мегантиклинорий альпийской области – Большой Кавказ.

Большой Кавказ как альпийская складчатая структура характеризуется значительной сейсмичностью. По карте сейсмического районирования СР-78 большая часть территории Кавказа отнесена к 7-8-балльным зонам. Пояса различной сейсмической активности пересекают основные продольные тектонические зоны Кавказа в юго-западном направлении.

Особое место в системе Большого Кавказа занимает Черноморское побережье. Здесь за последнее время проявили себя три группы очагов землетрясений: Анапская, Сочинская и Сухумская. Анапская группа землетрясений связана с поперечным Анапским разломом и отделяет Новороссийский синклинорий от Таманской зоны грязевых вулканов. Наиболее значительные землетрясения Анапской группы: 1830 г. M = 4,8; 1905 г. M = 5,1; 1955 г. M = 6,4. В районе Сочи продольные структуры общекавказского направления пересекаются поперечной Цишинско-Курджинской шовной зоной. В зоне их пересечения зафиксированы очаги землетрясений: Сочинский 1898 г. M = 4,9; Краснополянский 1955 г. M = 4,1–4,4; Лазаревский 1959 г. M = 4,4.

В Терско-Каспийском прогибе четко выделяется складчатое и платформенное крыло. Ось прогиба проходит вдоль широтного отрезка долины Терека. Складчатое крыло характеризуется значительной сейсмичностью, платформенное – слабой. На участках пересечения Терской и Сунженской антиклинальных зон с правыми Гудермесским и Бенойско-Эльдаровским сдвигами известны землетрясения 1886 г. M = 5,8; 1955 г. M = 4,8; 1971 г. M = 4,1; 1912 г. M = 5,7.

Геологическое строение региона характеризуется значительным разнообразием. Древнейшими породами на исследуемой территории являются кристаллические сланцы докембрийского возраста. Наиболее распространение эти породы, среди которых преобла-

дают гнейсы, имеют в пределах зоны Главного Кавказского хребта.

К северу от Главного Кавказского хребта на поверхность выходят отложения юрской, меловой, палеогеновой и неогеновой системы. Отложения этого возраста представлены, как правило, переслаиванием в различном сочетании известняков, мергелей, песчаников, алевролитов, глин конгломератов.

Большую часть разреза региона слагают породы верхнетерригенной субплатформенной формации, олигоцен-миоценового возраста, объединяющей всю толщу майкопской серии. Майкопские отложения выходят на поверхность в южной части региона, примыкая к Ахтырской шовной зоне, отделяющей их от складчатых сооружений Большого Кавказа, вскрываются в ядрах диапировых складок Сунженского хребта и на склонах Черных гор. В центральной части прогиба майкопские отложения погружены на большую глубину. На Кавказе майкопская свита представлена преимущественно глинами. Четвертичные отложения, практически сплошным чехлом перекрывающие территорию региона, весьма разнообразны по генезису и литологическому составу.

На склонах Главного Кавказского хребта и в области передовых хребтов широким распространением пользуются коллювиальные, пролювиальные и селевые отложения, представленные пресвяно-щебнистым и глыбовым материалом с различным содержанием песчано-суглинистого заполнителя.

В полосе предгорий залегают пролювиально-делювиальные и аллювиально-пролювиальные отложения, представленные суглинками, гравием, галькой с включениями валунов. Мощность этих отложений достигает нескольких сот метров.

Северная часть территории сложена эолово-пролювиально-делювиальными суглинками и супесями, обладающими просадочными свойствами. Лёссовые породы распространены восточнее Ставропольского плато, на Закубанской равнине, на Кабардинской, Осетинской и Чеченской равнинах.

В долинах больших и малых рек повсеместно залегают аллювиальные гравийно-галечниковые отложения.

Морские и аллювиально-морские отложения связаны с побережьями Черного и Каспийского морей и представлены в основном разной крупности песчаными и галечниковыми отложениями.

Гидрогеологические условия региона весьма разнообразны. На территории Предкавказского прогиба для большей части равнинной территории характерно развитие довольно мощного горизонта грунтовых вод в четвертичных отложениях с зеркалом на глубине от 0,5 до 20 м. Минерализация грунтовых вод закономерно возрастает в направлении с запада на восток в сторону Каспийского моря, от 1 до 50 г/л. Грунтовые воды обладают сульфатной агрессивностью.

На Большом Кавказе чехол четвертичных отложений содержит поровые воды, большинство формаций содержит трещинные воды, карбонатные формации - карстовые и трещинно-карстовые воды. Гидрогеологические условия большей части территории благоприятны в инженерно-геологическом отношении.

Современные тектонические поднятия Большого Кавказа усиливают энергию экзогенных процессов, играющих большую роль в формировании рельефа.

В горной и высокогорной областях наиболее распространенными являются процессы физического выветривания с образованием сплошного шлейфа подвижных осыпей. Резко расчлененный рельеф с глубокими крутосклонными долинами и ущельями обусловливает широкое развитие здесь селевых процессов и схода лавин.

С горизонтами известковой толщи верхней юры и верхнего мела связано развитие карстовых процессов. Наибольшее распространение эти процессы имеют в районе известняковых хребтов.

Северные области предгорий, характеризующейся сильно расчлененным рельефом с мягкими, плавными очертаниями, преобладают гравитационные процессы, в основном, оползневые.

Территория предгорных наклонных равнин, начинающаяся у подножия Черных гор, перекрыта с поверхности пролювиально-делювиальными и эолово-пролювиально-делювиальными суглинками и супесями, обладающими просадочными свойствами. Лессовые породы в основном распространены восточнее Ставропольского плато, Осетинской и Чеченской равнинах.

Территории, подвергающиеся техногенному воздействию в результате хозяйственной деятельности человека, характеризуются развитием процессов подтопления и заболачивания.

Основными инженерно-геологическими факторами, определяющими специфику сейсмического микрорайонирования в регионе, являются:

сложное тектоническое строение, наличие активных разрывных зон, представляющих повышенную опасность для объектов строительства;

пестрое литологическое строение верхней толщи разреза и связанные с этим проблемы выбора эталонных грунтов;

развитие просадочных грунтов;

широкое распространение оползневых процессов, способных активизироваться в результате сейсмических воздействий.

2.5. Волго-Уральский регион

Волго-Уральский регион расположен в юго-восточной части Русской платформы и в тектоническом плане связан с Волго-Уральским сводом и западным крылом Уральского предгорного прогиба.

В геоморфологическом отношении территория представляет обширную денудационную равнину, образованную мозаикой многочисленных сводных структур и разделяющих их депрессий. Положительные структуры четко выражены в рельефе, подчеркивая тесную связь со структурно-тектоническим планом региона.

Денудационная равнина расчленена довольно густой сетью мелких речных долин, балок, оврагов. Глубина эрозионного расчленения достигает ста метров.

Реки региона в основном принадлежат бассейну Камы и частично Волги. Это типично равнинные реки с широкими асимметричными долинами преимущественно меридионального направления.

В геологическом строении осадочного чехла принимают участие породы палеозоя, мезозоя и кайнозоя, слагающие несколько структурных этажей.

Палеозойские отложения представлены плотными, аргеллитоподобными глинами, алевролитами, песчаниками; широко распространены карбонатные толщи. Наибольшее распространение на терри-

тории Волго-Уральского свода палеозоя имеют пермские отложения, сформировавшиеся в герцинский этап развития.

Пермские отложения в пределах Волго-Уральского региона представлены тремя формациями: галогенно-карбонатной ранней перми, карбонатно-терригенной и терригенной красноцветной поздней перми.

Галогенно-карбонатная формация ранней перми в нижней части представлена двумя типами разрезов: западным – известняково-доломитовым с подчиненными прослоями гипсов и ангидритов мощностью до 300 м и восточным – с преобладанием органогенных известняков и песчано-глинистых отложений мощностью 200-400 м.

В западной части Предуральского краевого прогиба рифтовые известняки переходят в песчано-глинистые отложения. В верхах разреза (кунгурский ярус) повсеместно проявляются прослои гипса и ангидрита мощностью до 80-100 м, галит, карналлит и другие легкорастворимые соли.

Отложения верхней перми (преимущественно татарского яруса) выходят на поверхность в пределах региона в среднем течении Волги .

Континентальная красноцветная формация татарского яруса поздней перми представлена глинами, алевролитами и песчаниками с подглинными прослоями аргиллитов, мергелей и известняков.

Мезозойские отложения представлены породами терригенной сероцветной формации средней и поздней юры и раннего мела, залегающими в виде мощной толщи (200-250 м), состоящей из темно-серых глин, алевролитов и песков. Отложения выходят на поверхность на территории Приволжья, а на остальной территории залегают на глубинах до 300 м.

Кайнозойская система в Поволжье сформирована терригенно-кремнистой формацией палеогена и состоит из опок, диатомитов и трепелов, переслаивающихся с кремнистыми глинами и опоковидными песчаниками. Породы формации образуют толщу мощностью 200 м, залегающую на глубине до 30 м. Диатомиты обладают свойствами, не характерными для тонкодисперсных грунтов. Так, с ростом дисперсности естественная влажность, пористость, пластичность и влагоемкость в отличие от глин не увеличиваются, а снижаются.

Четвертичные отложения представлены желто-бурыми супесями и песками различной крупности. В Нижнем Поволжье это верхнеплейстоценовые и голоценовые морские отложения, сложенные весьма характерными плотными тонкослоистыми глинами с редкими маломощными пропластками песков, которые выполняют понижения дохвалынского рельефа. Это достаточно прочные и малосжимаемые породы, в которых, однако, интенсивно проявляются процессы усадки-набухания.

В районах Казанского Поволжья покровные отложения имеют лёссовый облик и обладают просадочными свойствами, характеризующимися коэффициентом просадочности при нагрузке 0,3 МПа от 0,035 до 0,112.

В гидрогеологическом отношении для описываемого региона характерно неглубокое от поверхности залегание грунтовых вод и широкое распространение верховодки. Степень минерализации закономерно увеличивается в направлении к Азовскому и Каспийскому морям. Коэффициент фильтрации пород резко изменяется в зонах карбонатного и гипсового карста. Так, в Приуральской провинции, в зоне развития гипсового карста, приуроченного к районам приповерхностного залегания мощной гипсово-ангидритовой толщи нижней перми, коэффициент фильтрации изменяется от 0,09 до 102,5 м/сут.

Современные экзогенные геологические процессы имеют широкое развитие в пределах описываемого региона. В основном это заболоченность, карст, оползни, переработка берегов естественных и искусственных водоемов, речная и овражная эрозия, морская абразия, эоловые процессы, просадочные процессы.

Волго-Уральский регион является экономически развитым, что обусловливает широкое распространение антропогенных процессов, среди которых основным является подтопление городских территорий.

В сейсмическом отношении территория обычно считалась довольно спокойной. Принималось, что большинство землетрясений, ощущавшихся в регионе, носят транзитный характер. Для Предуралья допускалась возможность собственных слабых землетрясений карстового происхождения. В то же время, начиная с конца прошлого во-

ка, делались попытки связать отдельные землетрясения Русской платформы и Урала с тектоническими процессами.

При разработке карты СР-78 на основании анализа литературных и архивных материалов был составлен каталог землетрясений Русской платформы и Урала и карта эпицентров.

Большое число землетрясений каталога имеют магнитуды 3-4 и глубину очага от 3 до 10 км. При этом интенсивность в эпицентре колеблется от 3 до 5 баллов, достигая в отдельных случаях 6 баллов.

Наличие тектонических движений между р. Камой и Уралом, в частности в районе Татарского свода, подтверждается повторным нивелированием. Именно к этой обширной территории приурочено скопление эпицентров землетрясений.

На карте СР-78 в районе среднего течения р. Камы и Среднего Урала (включая район Свердловска) выделена 6-балльная зона.

В соответствии со схемой сейсмического районирования Европейской части СССР масштаба 1:500000, составленной в 1987 г. и согласованной с Мингео СССР и АН СССР в 1989 г., значительная часть территории Татарстана отнесена к зоне с максимальным расчетным землетрясением (МРЗ) для грунтов второй категории, равным 6 баллам.

За последнее столетие в пределах Татарского свода отмечено около 30 землетрясений интенсивностью свыше 4-5 баллов.

Наиболее значительные сейсмические события относятся к 1807 г. (Козьмодемьянск, 5-6 баллов), 1851 г. (Елабуга, 4-5 баллов), 1866 и 1909 гг. (Казань).

С 1982 г. отмечается возрастание сейсмической активности в районе г. Альметьевска, где были зарегистрированы серии землетрясений интенсивностью от 3-4 до 5-6 баллов. Последнее землетрясение в этом районе зафиксировано в январе 1989 г. (4-5 баллов).

17 апреля 1989 г. на территории Татарстана произошло землетрясение силой 5-6 баллов (по некоторым оценкам до 7 баллов), эпицентр которого находился в районе г. Менделеевска. Землетрясение ощущалось в г.г. Менделеевск, Набережные Челны, Елабуга, Нижнекамск и др.

Сейсмическая активность на территории обусловлена не только влиянием естественных тектонических причин (например, наличие Камского глубинного разлома), но и факторов искусственного происхождения (создание Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ, интенсивная разработка нефтяных месторождений).

Территории, предназначенные для строительства, разделяются на следующие группы с учетом категорий грунтов по сейсмическим свойствам:

I. Денудационные равнины, высокие террасы, сложенные глинистыми, песчано-глинистыми и полускальными грунтами, преимущественно II категории, со спорадическим распространением подземных вод на глубине от 2,5 до 10 м и более. При освоении не требуется инженерная подготовка, сейсмичность равна фоновой.

2. Пойменные террасы, сложенные песчано-глинистыми грунтами, иловатыми, заторфованными, относящимися ко II и III категориям, с высоким уровнем подземных вод (0,5-2 м). Требуется инженерная подготовка, сейсмичность увеличивается на один балл по сравнению с фоновой.

3. Территории развития эрозионной, балочной и овражной сети, склоны речных долин неблагоприятны в сейсмическом отношении и должны быть исключены из застройки.

При инженерных изысканиях особое внимание необходимо уделять современным экзогенным геологическим процессам и просадочности грунтов.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО МИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ С УЧЕТОМ РЕГИОНАЛЬНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

3.I. Прогноз подтопления

Наиболее распространенным и значимым по своим негативным последствиям фактором является подтопление территорий. Процессы подтопления широко развиты в городах и населенных пунктах Северного Кавказа, Сибири и Дальнего Востока. В зависимости от

конкретных инженерно-геологических условий территорий и степени эффективности инженерной защиты эти процессы могут происходить с различной интенсивностью или не проявляться вообще. Для большинства объектов сейсмического микрорайонирования степень инженерно-геологической изученности довольно высокая, причем изыскания проводятся в течение длительного времени. Поэтому о наличии или отсутствии процессов подтопления можно судить уже на первом этапе изысканий - на основании анализа материалов инженерных изысканий прошлых лет.

Анализ материалов бурения, выполненного в разные годы на одних и тех же территориях, позволяет не только однозначно выявить наличие подтопления, но и с достаточной точностью оценить скорость развития процесса. На основании такого анализа принимается решение о необходимости постановки работ по прогнозу подтопления.

Следует отметить, что причиной подтопления могут являться факторы, действующие как в пределах изучаемого объекта, так и за его пределами.

К первой группе относятся утечки из водонесущих коммуникаций, общее ухудшение поверхностного стока и испаряемости на застроенных территориях и другие причины. Ко второй - развитие орошаемого земледелия на окружающих города территориях, строительство каналов, водохранилищ и т.п.

Реально подтопление обусловливается воздействием обоих факторов, однако вторую группу можно рассматривать, наряду с инфильтрацией атмосферных осадков, как своего рода фон, на котором развивается подтопление собственно техногенного характера. Кроме того, изучение влияния второй группы факторов требует значительного увеличения площади исследований и, следовательно, стоимости работ.

Исходя из этого, для прогноза подъема уровня рекомендуется ограничиться учетом факторов, влияющих на гидрогеологическую обстановку только в пределах районируемых территорий.

Весь комплекс работ по прогнозу можно разделить на три этапа:

изучение геолого-гидрогеологического строения;

изучение техногенной нагрузки на районируемую территорию;

выполнение прогнозных расчетов и построение карты прогнозного уровня.

На первом этапе необходимо определить глубину залегания грунтовых вод, мощность водоносного горизонта, граничные условия пластов и их фильтрационные параметры.

Для определения глубины залегания грунтовых вод часть вновь буримых скважин размещается в местах проходки выработок прошлых лет, желательно там, где в непосредственной близости (при сходных геолого-гидрогеологических условиях) расположены скважины, пройденные в разные годы, и оборудуется режимная сеть с циклом наблюдений, охватывающим минимальное и максимальное положение уровня.

В этом случае можно, определив скорость подъема уровня, получить ориентировочную глубину УГВ на период проведения изысканий. Введя поправку на дату замера по результатам режимных наблюдений, получаем УГВ, приведенный к единому замеру, соответствующему максимуму на год изысканий.

Многолетние колебания уровня могут существенно изменить полученные результаты, но их учет возможен только при наличии длительного (не менее 15 лет) цикла режимных наблюдений непосредственно на изучаемой территории. В условиях развивающегося подтопления разделить техногенные и естественные составляющие изменения уровня вряд ли возможно, использование аналогий некорректно - для этого, кроме климатической и геолого-гидрогеологической идентичности участков (аналога и изучаемого), должны совпадать также плотность и типы застройки, густота и возраст водонесущих коммуникаций, что маловероятно.

Исходя из этого, на практике используется приведение к максимальному уровню на год проведения изысканий. На основании полученных таким образом значений приведенного УГВ по каждой из имеющихся скважин путем интерполяции строится вероятностная карта гидроизогипс грунтовых вод, являющаяся исходным материалом для дальнейшей работы.

Определение мощности водоносного горизонта при глубине залегания водоупора до 20-30 м не представляет сложности. При

большей глубине необходимо использование геофизических методов и глубоких скважин прошлых лет.

Фильтрационные параметры водонасыщенных грунтов определяются с помощью одиночных откачек численностью не менее трех для каждого из выделенных гидрогеологических элементов и наливов воды в шурфы.

Следующий этап - изучение техногенной нагрузки - наименее поддается точной оценке. Для этого необходимо фиксирование всех водонесущих коммуникаций с замером объема воды на их входе и выходе. Однако и при этом необходимо учитывать, что только часть теряемой воды идет на питание водоносного горизонта, а остальная расходуется на испарение, транспирацию, насыщение грунтов зоны аэрации. Без постановки длительных и дорогостоящих лизиметрических наблюдений достаточно точно установить величину инфильтрационного питания невозможно.

Определение питания водоносного горизонта по данным режимных наблюдений значительно проще методически, учитывая наличие соответствующих программ обработки данных наблюдений на ЭВМ. Дополнительным преимуществом в этом случае является то, что отпадает необходимость расчета всех составляющих баланса, так как учитывается только та его часть, которая идет непосредственно на пополнение подземного потока. Однако информативность этого метода в значительной мере зависит от плотности режимной сети и охвата всех типов застройки и геолого-гидрогеологических условий районируемой территории.

Кроме того, кратковременность цикла наблюдений при СМР (как правило, не более одного года) делает полученную величину в значительной степени случайной. Тем не менее этот метод определения дополнительного питания представляется наиболее предпочтительным.

После получения всех исходных данных территория делится на участки, однородные по геофильтрационным параметрам, типам пластовых условий и техногенной нагрузке.

Полученные таким образом данные о вероятностно-статистическом поле уровня грунтовых вод, приведенного к единому замеру, схематизированных пластовых и граничных условиях и расчет-

ной величине инфильтрационного питания позволяют прогнозировать возможность подтопления.

Существуют три основных метода прогноза: метод обобщенных аналогий, метод математического моделирования и метод аналитических расчетов.

Первый из перечисленных методов наиболее прост и позволяет получить прогнозный уровень путем простой экстраполяции скорости подъема уровня, полученной указанной выше методикой, на любой промежуток времени. Однако из-за того, что по мере насыщения пласта меняются его гидродинамические характеристики, скорость подъема уровня уменьшается со временем. Отсюда следует, что этот метод можно применять только для предварительной оценки подтопления.

Метод математического моделирования является наиболее точным, но и наиболее трудоемким и выполняется на аналоговых вычислительных машинах (АВМ) или ЭВМ типа СМ. Точность расчетов здесь повышается тем более, чем на большее количество квазиоднородных участков разделяется территория. При этом возрастает значение точности и детальности определения всех исходных параметров, в том числе и источников техногенной нагрузки.

Метод аналитических расчетов, генерализируя исходные параметры, в значительной степени нивелирует погрешности в их определении, что делает точность расчетов вполне приемлемой.

Предварительная подготовка исходных данных заключается в разделении территории на квазиоднородные в геолого-гидрогеологическом отношении, а также по величине дополнительного питания участки и линейной аппроксимации гидрогеологических границ.

Затем территорию разделяют условной сеткой на расчетные блоки, располагаемые параллельно границам. Густота сетки определяется размерами однородных участков, наиболее оптимальный шаг сетки составляет 200-250 м. В случае однородного строения пласта он может увеличиться до 500 м.

Рассматривая пересечения сетки в качестве расчетных точек, по каждой из них производятся расчет подъема уровня с учетом принципа суперпозиции. Расчеты ведут по методике, раз-

работанной для источника инфильтрации, приведенного к групповой форме с центром в расчетной точке.

Просуммировав затем значения величины подъема уровня в каждой точке, строят карту гидроизогипс прогнозного уровня грунтовых вод. С учетом отмеченных выше погрешностей в определении исходных параметров карта носит прогнозно-оценочный характер, что необходимо отразить в ее названии.

Выполнение прогноза по описанной схеме имеет смысл только в том случае, когда подъем уровня может вызвать реальное изменение сейсмогеологических условий районируемой территории, то есть при исходном УГВ в пределах 5–I5 м. Если территория в исходном состоянии подтоплена или же вода залегает на больших глубинах (более I5–20 м), в прогнозных расчетах нет необходимости. Срок действия прогноза соответствует нормативному сроку действия карты СМР, то есть составляет I0 лет. При большем сроке прогноза его достоверность значительно понижается.

3.2. Прогноз изменения мерзлотных условий

Для территорий распространения вечномерзлых грунтов сейсмическое микрорайонирование проводится с учетом прогнозного изменения свойств мерзлых грунтов. При проектировании строительства с учетом оттаивания грунтов в основаниях зданий (для II принципа строительства) карты сейсмического микрорайонирования составляются для естественных и прогнозируемых условий.

Схема прогноза изменения мерзлотных условий включает:

прогноз изменения основных геокриологических характеристик мерзлой толщи (изменение температуры, влажности или льдистости, мощности мерзлой толщи), геокриологических процессов и явлений;

прогноз изменения скоростей распространения сейсмических волн при новом температурно-влажностном режиме грунтов и расчет новых приращений балльности по спрогнозированным значениям сейсмических жесткостей;

прогноз спектров колебаний грунтов при ожидаемом сильном землетрясении, осуществляемый путем построения математических моделей и расчет на их основе синтетических акселерограмм и теоретических спектров.

Прогноз изменения мерзлотных условий осуществляется в процессе инженерно-геологической съемки, проводимой в соответствии с требованиями пп. 3.95-3.106 СНиП I.02.07-87. При интерпретации получаемых результатов следует учитывать требования табл. I СНиП II-7-81 к выделению категорий грунтов по сейсмическим свойствам.

В результате мерзлотной инженерно-геологической съемки должны быть определены:

закономерности распространения вечномерзлых толщ, характер сезонного протаивания и промерзания;

особенности криогенного строения мерзлых толщ, криогенных текстур, влажности и льдистости рыхлых и коренных пород;

закономерности формирования температурного режима мерзлых и талых грунтов (с учетом требований табл. I СНиП II-7-81);

особенности формирования и развития таликов в зависимости от их генезиса, распространения и характера проявления;

закономерности распространения и динамики мерзлотных процессов;

особенности взаимодействия мерзлых толщ с поверхностными и подземными водами.

Итогом проведенных работ является комплект вспомогательных карт (согласно требованиям п. 2.17 РСН 65-87) и карта инженерно-геологического районирования, содержащая прогнозную оценку мерзлотных условий в зависимости от природных условий и от характера существующей и проектируемой застройки, с учетом изложенных выше рекомендаций.

Прогноз изменения скоростей сейсмических волн от температуры и влажности мерзлых грунтов осуществляется по результатам полевых и лабораторных исследований. Для изучения динамики сейсмических свойств мерзлых грунтов при нарушении равновесного состояния и обоснования методики расчета их сейсмической опасности необходимо установить определенные взаимосвязи между физико-механическими свойствами (объемный вес, пористость, влажность (льдистость), температура, динамические модули упругости, коэффициент Пуассона, пределы прочности при кратковременном сжатии и растяжении) и сейсмическими параметрами (скорости распространения сейсмических волн).

Прогноз спектров колебаний грунтов проводится с помощью математических моделей. В качестве модельных сред выбираются грунты разновидностей, находящихся в мерзлом и талом состоянии. Расчеты приращения балльности проводятся относительно эталонных грунтов. Для эталонных грунтов составляется самостоятельная модель.

Расчеты выполняются по способу сейсмических жесткостей для слоистой толщи многолетнемерзлых нескальных отложений общей мощностью до 100 м. Приращения балльности рассчитываются для дневной поверхности и для мерзлой толщи со снятым слоем сезонного промерзания-протаивания.

В целях оценки преобладающих периодов колебаний грунтов, их спектрального состава и интенсивности колебаний при возможных сильных землетрясениях, выполняются теоретические расчеты для описанных выше моделей. Как показывает опыт выполнения подобных расчетов, различие в плотности песков и разная степень обводнения грунтов в расчетном 10-метровом слое практически не оказывают влияния на частотный состав и амплитуду горизонтальной составляющей колебаний грунтов. Разница в спектральном составе колебаний грунтов наблюдается при различной мощности нескальных отложений. При мощности нескальных отложений 100 м собственные периоды колебаний грунтов составляют 0,64-1,12 с, при мощности нескальных отложений 50 м - 0,24-0,54 с. Амплитуда горизонтальной составляющей колебаний грунтов как для 50 м, так и для 100 м составляет 4-4,6 усл. ед.

При подтоплении таких типов грунтов как пески, супеси, суглинки, когда уровень подземных вод выше 5 м и мощность нескальных отложений 10 м, частотный состав их также практически не меняется: собственные периоды колебаний грунтов составляют 0,16-0,24 с, амплитуда горизонтальной составляющей - 4,7-5,5 усл. ед. При понижении уровня подземных вод до 10 м амплитуда горизонтальной составляющей остается практически такой же - 4,8-5,7 усл. ед., а диапазон собственных периодов колебаний грунтов несколько расширяется и составляет 0,14-0,26 с.

Частотные характеристики крупнообломочных грунтов несколько отличаются от песчано-глинистых. При уровне подземных вод

5 м и выше их периоды собственных колебаний составляют 0,18–0,2 с, а амплитуда горизонтальной составляющей – 3,3 усл. ед. Для маловлажных крупнообломочных грунтов их период собственных колебаний незначительно сдвинут в сторону высоких частот и составляет 0,16–0,18 с.

Все виды твердомерзлых грунтов не имеют четко выраженных резонансных пиков. Максимальные значения горизонтальной составляющей такие же, как у скальных грунтов, а собственные периоды колебаний находятся в диапазоне 0,3–0,46 с. С повышением температуры многолетнемерзлых грунтов диапазон периодов собственных колебаний увеличивается, а резонансные периоды сдвигаются в сторону низких частот.

Для сыпучемерзлых песчано-глинистых грунтов период собственных колебаний в 1,7–2 раза больше по сравнению с пластичномерзлыми. При одинаковой мощности нескальных отложений сыпучемерзлые и оттаявшие многолетнемерзлые грунты, а также многолетнемерзлые грунты мощностью 25 м, подстилаемые водонасыщенными грунтами, имеют одни и те же периоды собственных колебаний, причем диапазон их достаточно широкий – 0,6–0,9 с на периодах 0,7–1,85 с.

Исходя из опыта использования расчетного метода сейсмического микрорайонирования для обводненных разрезов при уровне подземных вод 5 м и выше, сейсмическую балльность, полученную по максимальным ускорениям расчетных акселерограмм, необходимо увеличивать на 1 балл. Поэтому с учетом введенной поправки сейсмическая балльность, полученная по расчетному методу и по способу сейсмических жесткостей, совпадает для всех моделей, кроме пластичномерзлых и сыпучемерзлых грунтов, для которых сейсмическая балльность по расчетному методу на один балл выше.

3.3. Прогноз изменения инженерно-геологических и сейсмических свойств грунтов

П о д т о п л е н и е. В наибольшей степени инженерно-геологические условия территории меняются в результате развития процессов подтопления. При этом происходит ухудшение условий

строительства и эксплуатации зданий и сооружений, связанное с изменением свойств грунтов.

Наиболее устойчивыми к техногенным изменениям под воздействием процесса подтопления являются скальные и крупнообломочные грунты. Изменение сейсмических свойств этих грунтов при водонасыщении незначительно меняются при любом их петрографическом и гранулометрическом составе.

Пески пылеватые и мелкие, рыхлые и средней плотности при обводнении могут переходить в категорию динамически неустойчивых, то есть приобретать способность к разжижению при сильных динамических воздействиях. Для изучения возможности развития этих явлений, при наличии в разрезе изучаемой территории песков, необходимо проведение динамического зондирования.

Влияние подтопления на изменение свойств глинистых грунтов существенно шире. Происходит изменение их прочностных и деформационных свойств. Интенсивность этих изменений зависит от состава, строения, напряженного состояния грунтов, а также от состава и минерализации техногенных вод.

В наибольшей степени эти изменения выражены в лёссовых грунтах. При обводнении они утрачивают просадочные свойства, приобретают текучепластичную и текучую консистенцию и переходят в категорию слабых грунтов. Одновременно зафиксировано уплотнение грунтов даже в условиях I типа просадочности. Происходит разбухание глинистых минералов, отложение солей в макропорах и кольматация части пор в результате переноса глинистых частиц.

В самом начале развития процесса подтопления изменяется консистенция грунтов, а спустя 3–5 лет с момента обводнения начинаются изменения в минералогическом составе, пористости и плотности грунтов.

Изучение сейсмических свойств грунтов инструментальными методами показало, что скорости поперечных сейсмических волн в просадочных породах несколько выше скоростей в аналогичных породах, находящихся в замоченном состоянии. Сейсмологические наблюдения за колебаниями грунтов от взрывов показывают наибольшие приращения сейсмической интенсивности на водонасыщенных грунтах и просадочных суглинках. Приращения на этих грунтах составляют от +0,5 до I балла по отношению к грунтам II категории

по сейсмическим свойствам. После подтопления лёссовых пород отмечаются изменение частотных характеристик и смещение максимумов частотных спектров в область более низких частот.

Установлено, что при подтоплении лёссовых пород самым неблагоприятным периодом, когда приращение сейсмической интенсивности имеют наибольшие значения, является период неустановившегося значения влажности. В это время отсутствует термодинамическое равновесие между влажностью породы и окружающей средой. Даже незначительная примесь пузырьков воздуха, исчезающих с течением времени, сильно влияет на сейсмические характеристики воды и заключающей ее породы. Поэтому режимные наблюдения за влажностью лёссовых пород могут являться важной составной частью исследований по прогнозу сейсмических свойств лессовых грунтов.

Прогнозные свойства грунтов в зоне подтопления, границы которых определяется прогнозно-оценочной картой грунтовых вод, с достаточной точностью могут быть получены экстраполяцией свойств аналогичных грунтов, замоченных в исходном состоянии.

В случае, если подтопление в начале прогнозного периода отсутствует и прямая аналогия невозможна, свойства грунтов в замоченном состоянии определяются расчетными методами. При строительстве на лёссовых грунтах, характеризующихся фильтрационной анизотропией (проницаемость в вертикальном направлении может быть в 5-6 раз больше, чем в горизонтальном), под зданиями образуются "купола" инфильтрационных вод. Изменение свойств грунтов здесь может носить локальный характер, что также следует учитывать при сейсмическом микрорайонировании. При выявлении такого "дискретного" подтопления этот факт необходимо оговаривать в тексте отчета и показывать условным знаком на карте инженерно-геологического районирования.

О с у ш е н и е . Для территорий, сложенных гравийно-галечниковыми грунтами, осушение является благоприятным процессом, так как при общем улучшении условий застройки происходит также быстрое улучшение сейсмических свойств грунтов.

Улучшение сейсмических свойств пролювиально-делювиальных суглинков и глин при осушении происходит значительно медленнее вследствие невысокой проницаемости.

При осушении лёссов, подвергавшихся длительному увлажнению, вследствие изменения их минералогического состава и разрушения структурных связей могут происходить значительные деформации, носящие в ряде случаев "провальный" характер. Строительные свойства осушенных грунтов при этом не улучшаются, а сейсмические характеристики в течение длительного (до 15-20 лет) периода сохраняются такими же, как и при подтоплении. После полного оттока подземных вод и консолидации грунта в новом состоянии – более плотном и менее пористом – сейсмические свойства улучшаются. Прогноз инженерно-геологических свойств таких грунтов весьма проблематичен и их оценка может проводиться только по аналогии.

Изменение свойств грунтов в результате планировочных работ прогнозируется наиболее однозначно. При понижении отметок рельефа на поверхность выходят грунты, залегающие на планировочных от тках, свойства которых изучались при проведении изысканий на этих площадках до их планировки.

В случае, если при планировке территории происходит поднятие отметок рельефа, проектами обычно предусматривается доведение плотности отсыпаемых грунтов до определенных параметров. Именно эти значения и принимаются в качестве расчетных при проведении дальнейшей обработки материалов. Такой подход полностью оправдан в случае проведения работ по сейсмическому микрорайонированию на территориях, где планировочные работы только проектируются.

Обычно планировочные работы носят локальный характер и выражаются в засыпке балок, оврагов и других понижений в рельефе грунтов из отрываемых котлованов строительным мусором и пр. Уплотнение отсыпаемого грунта при этом, как правило, не производится. Прогнозирование свойств таких грунтов практически невозможно, однако их обнаружение и оконтуривание весьма важно, учитывая, что насыпные грунты, согласно РСН 60-86, РСН 65-87 , являются неблагоприятными в сейсмическом отношении.

Нарушение природной обстановки под влиянием инженерно-хозяйственной деятельности активизирует процессы химического

и физического выветривания, что приводит к увеличению мощности элювиального слоя и соответственно к изменению инженерно-геологических и сейсмических свойств грунтов.

Как показали специальные исследования, начальная скорость выветривания в основном контролируется петрографическим типом и генезисом пород и колеблется от 0,2 м/год у известковистых мергелей до 0,6 м/год у глин морского генезиса, причем со временем процесс затухает. Эти процессы чаще носят локальный характер и связаны только с неудовлетворительной организацией строительства. Поэтому прогноз изменения свойств грунтов под воздействием выветривания вряд ли осуществим, хотя аналогия с существующим разрезом кор выветривания вполне допустима. Из-за неопределенности развития процесса, отражение его на картах нецелесообразно, но в тексте отчета необходимо оговаривать возможность изменения свойств грунтов в котлованах, длительное время находящихся в открытом состоянии.

Для обоснованного прогноза изменения сейсмических свойств грунтов в результате воздействия техногенеза рекомендуется проведение комплексных исследований на специальных полигонах. В состав этих исследований должны включаться инженерно-геологические, инструментальные методы, в том числе регистрация землетрясений и взрывов, а также расчетные методы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Величина характер сейсмических колебаний грунтов на дневной поверхности определяются параметрами возмущающего воздействия землетрясения и реакцией геологической среды.

Землетрясения следует рассматривать как физический процесс, представляющий последовательность явлений, управляемых определенными временными и пространственными закономерностями. Этот процесс может быть описан в виде динамических и стохастических моделей.

Реакция геологической среды может быть также смоделирована, если известны исходные сейсмические характеристики грунтов и заданы соответствующие параметры возмущения.

Помимо сейсмических возмущений, геологическая среда может быть подвержена влиянию современных экзогенных геологических процессов природного или техногенного характера. Эти процессы, в свою очередь, могут активизироваться во времени и пространстве под влиянием сейсмических возмущений.

К числу наиболее опасных геологических процессов, прямо или косвенно влияющих на сейсмичность застраиваемых территорий, относятся гравитационные (оползни, обвалы и т.п.), температурные (деградация вечной мерзлоты), гидрогеологические (подтопление и осушение территорий), динамические (тиксотропия, просадочность), гидрохимические (выщелачивание, кольматация) и т.д. Сюда же можно отнести такие техногенные мероприятия, как планирование рельефа площадок строительства и различные способы мелиорации грунтов оснований зданий и сооружений.

Особое место занимает учет влияния тектоники и резонансных явлений.

Таким образом, в общем виде сейсмологическая модель территории сейсмического микрорайонирования должна состоять из следующих блоков:

блок входных параметров возмущающего воздействия (задается в виде расчетной реальной или синтетической акселерограммы, либо

численных значений смещений, скоростей, ускорений, либо спектральных характеристик);

блок геометрических параметров исследуемой территории и исходных сейсмических характеристик грунтов (задается в виде численных значений скоростей распространения и параметров поглощения упругих волн, плотностных характеристик грунтов и мощностей слоев);

блок количественных или качественных характеристик влияния природных и техногенных факторов (задается в виде предельных значений сейсмических параметров грунтов, либо качественных характеристик изменений состояния массива грунтов).

Для застраиваемых (осваиваемых) территорий первоочередное значение имеет оценка влияния техногенных процессов на изменение сейсмичности площадок строительства.

Технологическая схема прогноза изменения сейсмических параметров грунтов (сейсмических воздействий) осваиваемых территорий сводится к следующему:

выявление региональных инженерно-геологических и сейсмических условий осваиваемой территории;

прогноз развития инженерно-геологических процессов и явлений под воздействием техногенеза;

прогноз изменения инженерно-геологических свойств грунтов под влиянием техногенеза;

сейсмологические наблюдения на участках техногенно измененных грунтов и участках естественного сложения грунтов;

прогноз изменения сейсмических свойств грунтов;

лабораторные определения динамической устойчивости грунтов естественного сложения и техногенно измененных грунтов при максимально возможных для данной территории сейсмических воздействиях;

расчет ожидаемых спектральных характеристик колебаний коренной основы при наиболее опасных землетрясениях;

расчет спектральных характеристик колебаний рыхлой осадочной толщи и техногенно измененных грунтов;

анализ данных по динамической устойчивости грунтов, теоретическим расчетам и сейсмологическим наблюдениям и составление прогноза по ожидаемым сейсмическим колебаниям и устойчивости грунтов оснований.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Воляник Н.В., Ананьев В.П. Влияние подтопления на состав и свойства лессовых грунтов. – В сб.: Режимные инженерно-геологические и гидрогеологические наблюдения в городах. – М.: Наука, 1983.

2. Гранит Б.А., Балаев А.Л. Результаты режимных наблюдений изменением инженерно-геологических и сейсмических свойств ...есса в процессе опытного замачивания. – В сб.: Режимные инженерно-геологические и гидрогеологические наблюдения в городах. М.: Наука, 1983.

3. Гр...ит Б.А. О сейсмических характеристиках майкопских глин в районе Кавказских Минеральных вод. – Сб.: Сейсмическое микрорайонирование территорий со сложными инженерно-геологическими условиями. – М.: Стройиздат, 1985.

4. Дзекцер Е.С., Казеннов С.М. Альбом расчетных графиков для определения уровня грунтовых вод на застраиваемых территориях. – М.: ПНИИИС, 1981.

5. Инженерная геология СССР. – М.: МГУ, 1978, т. 4, 8.

6. Касымов С.М. Факторы, влияющие на изменение сейсмической интенсивности на поверхности Земли. – Инженерная геология. – М.: Наука, 1980, № 2.

7. Клименко В.С., Асадов Н.С. Карта распространения открытой коры выветривания глинисто-мергелистых пород для предгорного района Кавказских Минеральных Вод с рекомендациями по учету динамики техногенного выветривания глинисто-мергелистых пород в открытых котлованах и выработках при проектировании оснований. – Ставрополь: СКО ПНИИИС, 1989.

8. Котлов Ф.В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека. – М.: Недра, 1978.

9. Кригер Н.И., Кожевников А.Д. и др. Изменение инженерно-сейсмической обстановки на территории городов (по данным много-

численных наблюдений в Алма-Ате, Чимкенте, Душанбе и др).- В сб.: Режимные инженерно-геологические и гидрогеологические наблюдения в городах. - М.: Наука, 1983.

10. Медведев С.В. Инженерная сейсмология. - М.: Госстройиздат, 1962.

11. Мельничук Н.Л. и др. Геокриологические инженерно-геологические условия Муйских впадин. - Улан-Удэ, 1984.

12. Мироненко В.А., Гречищев С.Е. и др. Проблемы прогнозирования изменений геологической среды под влиянием техногенных воздействий. - Сб.: Проблемы рационального использования геологической среды. - М.: Наука, 1988.

13. Монюшко А.М. Роль техногенеза в формировании инженерно-геологических свойств глин. - М.: Недра, 1985.

14. Муфтахов А.Ж. Методы прогноза уровенного режима подземных вод на городских территориях. - Сб.: Современные проблемы инженерной геологии и гидрогеологии территории городов и городских агломераций. - М.: Наука, 1987.

15. Некрасов И.А. Вечная мерзлота БАМа. - Новосибирск, 1978.

16. Огильви А.Н. Изменение гидрогеологических условий на застраиваемых территориях и меры борьбы с подтоплением сооружений. - Сб.: Оценка и прогноз гидрогеологических условий на застраиваемых территориях. - М.: Наука, 1987.

17. Оценка влияния грунтовых условий на сейсмическую опасность. - М.: Наука, 1988.

18. Оценка влияния грунтовых условий на сейсмическую опасность. Методическое руководство по сейсмическому микрорайонированию. М.: Наука, 1988.

19. Павленов В.А., Павлов О.В. и др. Методика сейсмического микрорайонирования в условиях вечной мерзлоты. - В сб.: Тезисы докладов Всесоюзного совещания на тему: "Сейсмическое районирование территории СССР и изучение сильных землетрясений". - Кишинев, 1984.

20. Петренко С.И. Инженерно-геологическая типизация геологической среды - основа для прогноза ее изменений. - Сб.: Современные проблемы инженерной геологии и гидрогеологии территории городов и городских агломераций. - М.: Наука, 1987.

21. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83). - М., 1986.

22. Рекомендации по методике оценки и прогноза гидрогеологических условий при подтоплении городских территорий. - М.: ПНИИИС, 1983.

23. Рекомендации по прогнозам подтопления промышленных площадок грунтовыми водами. - М.: ПНИИИС, 1976.

24. Сафохина И.А., Гунешян О.Г. и др. Закономерности изменения физико-механических свойств глинистых и пылеватых грунтов на подтопленных территориях. - Сб.: Всесоюзное совещание "Процессы подтопления застроенных территорий грунтовыми водами". - Новосибирск, 1984.

25. Сафохина И.А., Гунешян О.Г. Прогноз изменения инженерно-геологических свойств глинистых грунтов при подтоплении. - Сб.: Изменения свойств грунтов под влиянием природных и антропогенных воздействий. - М.: ПНИИИС, 1981.

26. Сейсмический риск и инженерные решения. Под ред. Ц.Ломнитца, Э.Розенблюта. - М.: Недра, 1981.

27. Сейсмическое районирование территории СССР. Методические основы и региональное описание карт, 1978. - М.: Наука, 1980.

28. Байченко М.И., Шарапов В.Г. Отчет о сейсмическом микрорайонировании г. Пятигорска. - Пятигорск, 1984.

29. Гайфуллин З.Г., Отморский Н.В. Отчет о сейсмическом микрорайонировании основных сооружений Ирганской ГЭС в ДАССР. - Пятигорск, 1989.

30. Морозов В.В., Шарапов В.Г. Отчет о сейсмическом микрорайонировании территории г. Грозного. - Пятигорск, 1985.

31. Морозов В.В., Шарапова С.А. и др. Отчет о сейсмическом микрорайонировании территории г. Черкесска. - Пятигорск, 1986.

32. Морозов В.В., Шарапова С.А. Отчет о сейсмическом микрорайонировании территории перспективной застройки г. Махачкалы. - Пятигорск, 1988.

33. Отчет об изысканиях для разработки ТЭР инженерной защиты территории от подтопления жилого района автозавода в г. Иркутске. - Иркутск: ВостсибТИСИЗ, 1988.

34. Отчет по сейсмическому микрорайонированию территории первоочередной застройки г. Зеи Амурской обл. - Иркутск: ВостсибТИСИЗ, 1987.

35. Отчет по сейсмическому микрорайонированию территории перспективной застройки г. Иркутска. - Иркутск: ВостсибТИСИЗ, 1988.

36. Отчет по сейсмическому микрорайонированию территории перспективной застройки п. Таксимо в Баунтовском районе Бурятской АССР. - Иркутск: ВостсибТИСИЗ, 1989.

37. Отчет по теме: "Методика проведения СМР с учетом региональных инженерно-геологических и сейсмических особенностей территории СССР". Отв. исполнитель Ю.И.Баулин. - М.: МосЦТИСИЗ, 1989.

38. Отчет по теме: "Оказание технической и методической помощи ВостсибТИСИЗу при оценке сейсмичности площадок строительства зданий и сооружений с учетом инженерно-сейсмологических особенностей застроенных территорий". Отв. исполнитель Ю.И.Баулин. - М.: МосЦТИСИЗ, 1990.

39. Отчет по теме: "Технология прогноза изменения сейсмических параметров грунтов застраиваемых (осваиваемых) территорий на основании математического моделирования и экспериментальных данных". Отв. исполнитель Ю.И.Баулин. - М.: МосЦТИСИЗ, 1990.

40. Шарапов В.Г., Морозов В.В. и др. Отчет о сейсмическом микрорайонировании г. Железноводска. - Пятигорск, 1986.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Введение 3
I. Общие положения 6
2. Инженерно-геологическая и сейсмологическая характеристика сейсмических районов РСФСР 9
2.I. Дальневосточный регион 9
2.2. Забайкальский регион I2
2.3. Алтае-Саянский регион I4
2.4. Кавказский регион I7
2.5. Волго-Уральский регион 2I
3. Методические особенности проведения сейомического микрорайонирования с учетом региональных и техногенных факторов 25
3.I. Прогноз подтопления 25
3.2. Прогноз изменения мерзлотных условий 30
3.3. Прогноз изменения инженерно-геологических и сейсмических свойств грунтов 33
Заключение 38
Литература 40

НПО "Стройизыскания"

Отдел технической документации
Подписано в печать 18.06.91
Зак. 299 Объем 3 п.л. Тир. 200

gost.e-ecolog.ru