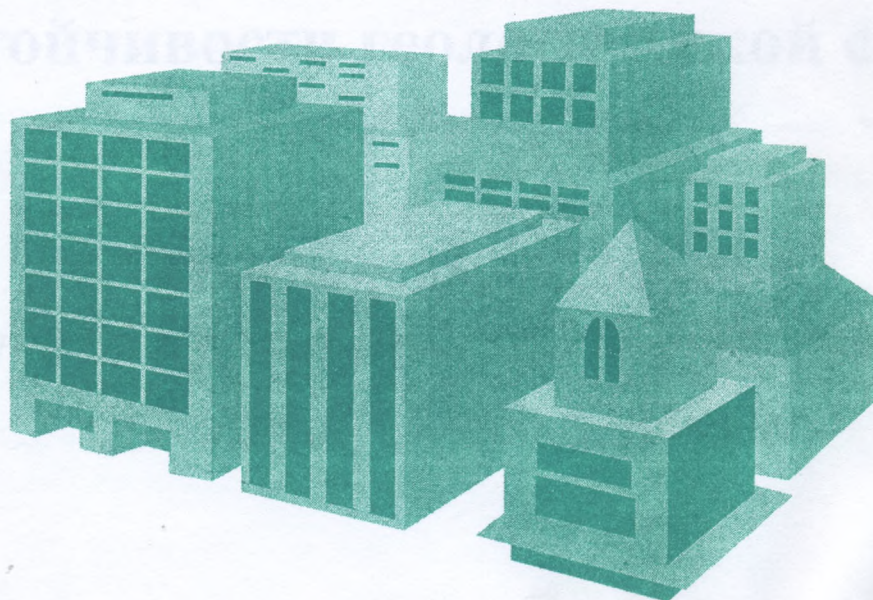


19
178
153318

Министерство образования и
профессионального образования РФ
Иркутский Государственный университет

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗА УСТОЙЧИВОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ г. ИРКУТСКА

Проблемы оценки и прогноза
устойчивости геологической среды



Иркутск 1997

плексный подход: оценку амплитудного уровня колебаний, определение пределов прочности грунтов, их несущей способности и др. Скорости сейсмических волн и коэффициенты Пуассона грунтов являются основными параметрами, определяющими их динамические свойства.

Картирование территории городов по уровням динамической устойчивости должно проводиться, таким образом, не только (и не столько) по величинам экспертных (в том числе макросейсмических) баллов, а по уровням прочности грунтов, по величинам прогнозируемых колебательных амплитуд при сильных землетрясениях, степени повреждаемости сооружений и др.

Предлагаемый подход обеспечит:

- задание воздействий в форме аналога таблицы 1 СНиП-II-7-81, синтетических сигналов (акселерограмм, велосиграмм) с учетом пределов прочности грунтов, спектральных особенностей колебаний, длительности воздействий и других параметров;

- прогноз изменения сейсмических воздействий и интенсивности землетрясений при естественном и техногенном изменении физических свойств грунтов;

- возможность оценки сейсмического риска, его прогноз при техногенном изменении среды урбанизированных территорий и планирование превентивных мероприятий;

- рациональное планирование и проектирование с заданной степенью сейсмобезопасности сооружений.

Литература:

1. Потапов В.А. Инженерно-сейсмологический анализ объемных и поверхностных волн. - Новосибирск, Наука, 1992. - 136 с.
2. Распределение и корреляция показателей физических свойств горных пород. - М., Недра, 1981. - 192 с.
3. Ионов В.Н., Огибалов П.М. Напряжения в телах при импульсивном нагружении. - М., Высшая школа, 1975. - 463 с.
4. Новацкий В.К. Волновые задачи теории упругости. - М., Мир, 1978. - 308 с.
5. Миронов П.С. Взрывы и сейсмобезопасность сооружений. - М., Недра, 1973. - 168 с.
6. Васильев Ю.И. Изучение нелинейных характеристик и прочностных свойств мягкого грунта в условиях его естественного залегания с целью решения задач инженерной сейсмологии // Оценка влияния грунтовых условий на сейсмическую опасность. - М., Наука, 1988. - С.138-147.
7. Иванов Ф.И., Потапов В.А. Введение в инженерную сейсмологию (нелинейные приближения). - Иркутск. Изд-во Иркутского университета, 1994 - 84 с.
8. Окамото Ш. Сейсмостойкость инженерных сооружений. - М., Стройиздат, 1980. - 342 с.

О СОГЛАСОВАНИИ МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИХ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ПОСТРОЕНИИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ШКАЛЫ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ДЛЯ ПРИБАЙКАЛЬЯ

Шерман С.И., Рашутина Н.В., Демьянович Н.И., Бержинский Ю.А., Павленов В.А., Институт земной коры СО РАН

Международная шкала сейсмической интенсивности MSK-64 [1], имеющая как макросейсмическую, так и инструментальную части, перестала удовлетворять современным требованиям, поскольку имеет устаревшую классификацию типов

зданий без учета сооружений с различным уровнем сейсмоусиления, не отражает изменений в строительных технологиях, а также последних достижений в области сейсмостойкого строительства и результатов инженерного анализа последствий

землетрясений за последние 20-30 лет. Ни одна из модифицированных версий этой шкалы, предложенных в эти годы, не была узаконена ввиду их несовершенства. Определенным шагом вперед явилась Европейская макросейсмическая шкала EMS-92 [2], разработанная рабочей группой Европейской макросейсмической комиссии и рекомендованная для опытного применения в течение трехлетнего испытательного срока.

Внимательное изучение шкалы и анализ ее возможностей показал, что применение ее к условиям конкретных регионов без корректировки нецелесообразно [3,4]. В особенности это относится к Прибайкалью - сейсмоактивному региону с разнообразными инженерно-геологическими условиями, разнотипными зданиями и сооружениями и с другими контрастными характеристиками. Перечисленное послужило достаточным основанием для разработки региональной версии шкалы сейсмической интенсивности (РШСИ), базирующейся на EMS-92 и использующей ее базовые понятия и принципы построения, но учитывающей основные региональные особенности Прибайкалья. Они сводятся к трем принципиальным положениям.

1. Расположение Прибайкалья в рифтовой зоне, для которой характерны высокие скорости современных движений коры и ее значительное напряженное состояние, а также высокая степень тектонической раздробленности.

2. Сложные инженерно-геологические условия большинства урбанизированных территорий Прибайкалья, обусловленные как природными факторами, так и антропогенной деятельностью.

3. Своеобразие строительно-климатических условий Прибайкалья, для которых характерно сочетание низких расчетных температур наружного воздуха, продолжительного зимнего периода, наличия вечной мерзлоты с высокой сейсмичностью территории, наложившее отпеча-

ток как на типы применяемых в застройке зданий, так и на условия их эксплуатации.

Кроме того, при разработке РШСИ приняты во внимание следующие требования:

- РШСИ должна учитывать прежде всего те аспекты региональной ситуации, которые не отражает общестандартная шкала, т.к. известно, что вариации локальных полей всегда более контрастны, чем средние вариации относительно больших полей;

- РШСИ должна принимать во внимание максимально возможную магнитуду землетрясения в регионе;

- РШСИ должна учитывать региональные сейсмогеологические и инженерно-геологические условия и инструментальные характеристики ускорений, скоростей и смещений в верхней части геологического разреза, зафиксированные при землетрясениях или определенные расчетным путем.

Широкий по специализации набор факторов требует участия специалистов различного профиля и соответствующих методов исследований: макросейсмических, инструментальных, сейсмогеологических. Интегральные оценки сейсмической интенсивности получаются путем совокупного рассмотрения всех факторов. При этом, если инструментальные методы дают оценку интенсивности в отдельном пункте, то оценки, полученные с применением макросейсмических методов, относятся к рассматриваемой площади. Что касается инструментальной части региональной шкалы (в EMS-92 она отсутствует), то наиболее перспективен, по нашему мнению, подход к этой проблеме Ф.Ф.Аптикаева [5], предложившего введение разных уровней обеспеченности для различных интервалов вероятных ускорений.

В основу макросейсмической части региональной шкалы положена классификация зданий по классам повреждаемости, объединяющим в едином понятии типы зданий, в том числе с различным уров-

нем сейсмоусиления, уровни регулярности и качества возведения зданий, а также анализ количества и степеней повреждения 100% зданий и сооружений. В отношении распределения числа зданий по степени их повреждения принят нормальный закон в интервале 7-9 баллов; для интенсивности менее 7 и более 9 баллов законы распределения отличаются от нормального. Для землетрясений интенсивностью до 6 баллов основой для оценки служат, как обычно, данные опроса населения, оформленные в виде анкеты стандартного образца. При интенсивности более 6 баллов основой анализа становится реакция зданий и сооружений на сейсмическое воздействие.

Материальным отображением макросейсмической части РШСИ является опорная сеть зданий-представителей, типы (классы повреждаемости) которых выбраны в соответствии с требованиями шкалы EMS-92. Эти здания размещаются на характерных грунтовых комплексах, выделенных при сейсмическом микрорайонировании городских территорий. Здания были подвергнуты предварительному ин-

женерно-техническому обследованию с инструментальными замерами параметров собственных колебаний при микросейсмических воздействиях и составлением паспорта единого образца. Цель этих мероприятий - обеспечить надежную идентификацию сейсмогенных повреждений в условиях пестроты инженерно-геологических ситуаций населенных пунктов, расположенных в поймах рек и на первых надпойменных террасах, сократить время и затраты на проведение обследования последствий землетрясений за счет ведения направленного поиска информации. Естественно, наличие опорной сети не исключает при необходимости проведения сплошного обследования, особенно после разрушительного землетрясения.

К настоящему времени создана опорная сеть зданий-представителей в г.Иркутске (160 объектов), Ангарске (100 объектов) и начато формирование опорной сети в г.Шелехове. С использованием опорной сети было проведено обследование последствий Тункинского землетрясения 30.06.95 г., наглядно показавшего ее эффективность.

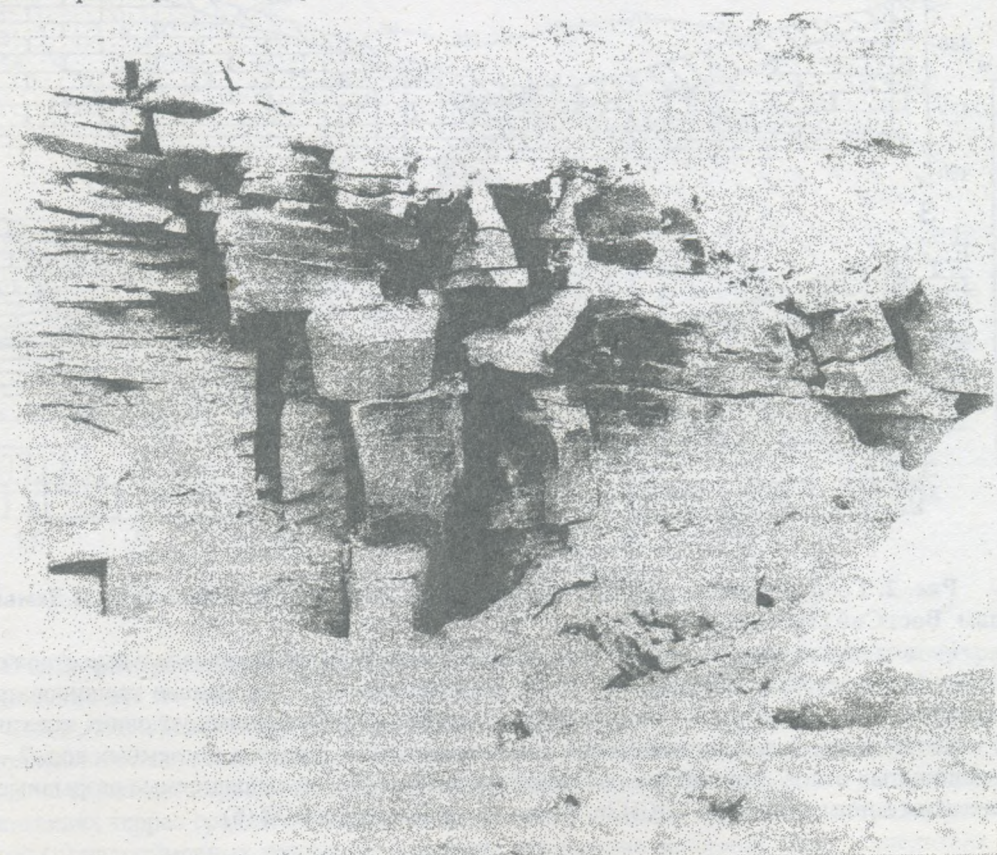


Рис. 1. Зона отрыва древнего оползня (микрорайон Топкинский, г.Иркутск)

Инженерно-геологической основой для макросейсмической части РШСИ являются результаты исследований свойств грунтовых массивов с различной или сходной реакцией на техногенные и динамические воздействия. Обоснование критериев подобной типизации грунтовых массивов, несомненно разных для стратиграфо-генетических и геолого-генетических комплексов пород, находится в начальной стадии разработки. Иркутск является наиболее представительным полигоном для решения этой задачи в связи с (а) разнообразием грунтовых условий в зоне освоения, (б) длительной эволюции геологической среды (ГС) и (в) близостью к сейсмически активной Байкальской рифтовой зоне. Последнее обстоятельство предоставляет возможность текущей корректировки разрабатываемых положений. Рассмотрим направленность типизации грунтовых комплексов на примере пород юрской угленосной формации, слагающей

площади современного и перспективного освоения крупнейших городов Прибайкалья (Иркутск, Ангарск и др.). Особенно актуальна эта ситуация для Иркутска, на примере которого видны особенности инженерно-геологических условий, определяющих локальные ситуации проявления макросейсмических эффектов.

Неоднородность инженерно-геологической обстановки в пределах одного стратиграфо-генетического комплекса осадочных пород может определяться фациальной изменчивостью, тектонической раздробленностью, осложненностью экзогенными процессами и т.д. Перечисленные факторы характерны для отложений юрской угленосной формации, на которой расположен Иркутск. Ритмичное строение последней обусловило нахождение близких по составу и свойствам пород в разных частях геологического разреза. Однако дестабилизирующая роль этого фактора отчетливо выражена лишь на

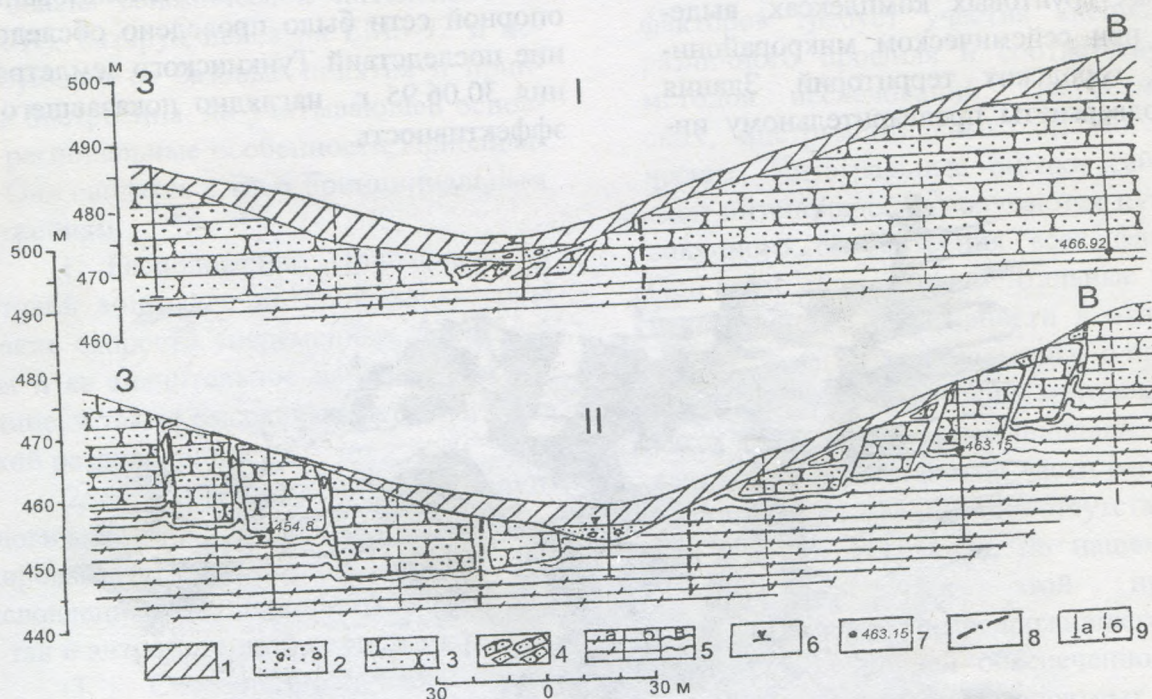


Рис. 2. Геологические разрезы поперек пади М.Топка (Составила Н.И.Демьянович по материалам ВостСибТИСИЗа).

1 - покровные четвертичные образования; 2 - аллювиально-пролювиальные отложения; 3-5 - породы юрской угленосной формации: 3 - песчаники, 4 - интенсивно трещиноватые песчаники в зоне эрозионного расчленения, 5 - алевролиты, аргиллиты в неизменных условиях залегания (а), размятые в днище пади (б), пластически деформированные (в); 6 - уровень подземных вод, 7 - контакт песчанников и глинистых отложений, цифра - абсолютная отметка; 8 - предполагаемые разрывные нарушения по геофизическим данным ВостСибТИСИЗа, 9 - скважина (а), линия ВЭЗ (б).

склонах, с чем связана резкая изменчивость состояния пород как в пределах строительной площадки, так и в основании отдельных сооружений, что, естественно, сказывается на интенсивности проявления макросейсмических эффектов.

Тектоническая нарушенность толщ юрских пород общеизвестна. К региональным разломам часто приурочены днища речных долин и падей. Реже, иногда предположительно, разломы выделяются на склонах. Нельзя исключать развитие экзогенных процессов в связи с разломной тектоникой на склонах. Возможность отнесения оползневых нарушений к тектоническим предполагалась Л.А. Сироткиным, изучавшим в 1961-1964 гг. инженерно-сейсмологические условия г.Иркутска. Так, встреченные впервые на Топкинском косогоре нарушения (зоны высокой раздробленности со следами сжа-

тия и растяжения, вдавленность блоков песчаников в подстилающие глинистые образования и т.д.) являются следствием развития склона по оползневому типу [6]. Наличие в разрезе склона нескольких глинистых горизонтов, венчающих обычно седиментационные ритмы, способствовало формированию здесь ярусных оползней. В связи с преобладанием денудационных процессов в развитии склона после приращения к нему третьей надпойменной террасы р. Ангары, оползневые формы оказались сnivelированными за исключением приподошвенных частей, осложняющих строение юрских отложений. Оползневое происхождение деформаций на склоне подтверждается особенностями их морфологической выраженности, полойным распространением, затуханием структурной выраженности оползней с глубиной и т.д. Наблюдаемые здесь зоны

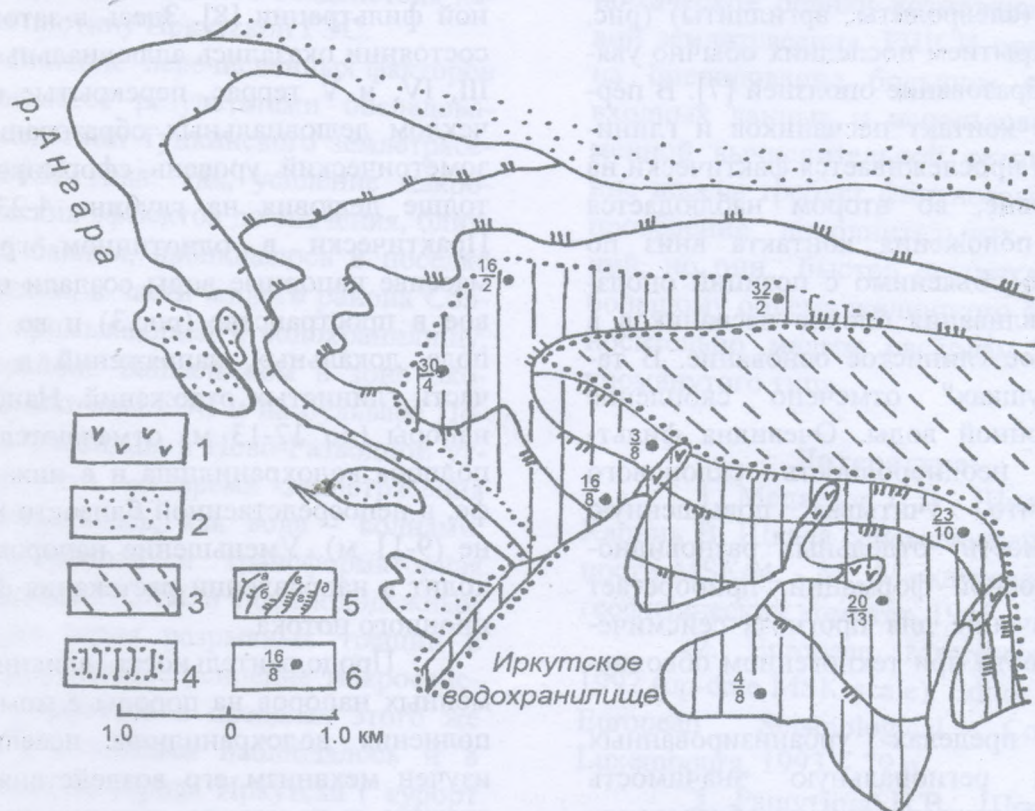


Рис. 3. Схема распространения напорных вод в зоне влияния Иркутского водохранилища (Составила Н.И.Демьянович по материалам Иркутского геологического управления и Института земной коры СО АН СССР, 1964, Института "Гидропроект", 1964).

1 - пролювиальные отложения падей; 2 - аллювиальные отложения низкой и высокой поймы; 3 - делювиальные отложения на коренных породах пологих склонов и водоразделов; 4 - площадь с напорными водами в аллювиальных отложениях террас среднего и высокого уровня; 5 - границы первой (а), второй (б), третьей (в), четвертой (г) и пятой (д) надпойменных террас; 6 - скважины, вскрывшие напорные воды: в числителе - глубина залегания напорных вод, м., в знаменателе - величина напора в м.

высокой трещиноватости связаны с зонами растяжения и отрыва (рис. 1) оползневого массива, наследующими ориентировку тектонических трещин. Таким образом, зоны раздробленности пород различного происхождения могут существовать совместно или изолированно друг от друга, усиливая или ослабляя макросейсмические эффекты. Выявление и генетическая диагностика таких нарушений имеют принципиальный характер с позиции оценки чувствительности пород к сейсмическим воздействиям.

Аналогичная ситуация отмечается в долине пади М. Топка, днище которой по геофизическим данным ВостСибТИСИЗа оконтурено разрывными нарушениями. Однако анализ строения бортов пади указывает на осложнение склонов оползевым процессом. Об этом свидетельствует сравнение геологических разрезов (рис.2), пересекающих долину на участках заложения в песчаниках (рис. 2. I) и глинистых разновидностях (алевролиты, аргиллиты) (рис. 2. II). С вскрытием последних обычно увязывается образование оползней [7]. В первом случае контакт песчаников и глинистых пород прослеживается фактически на одном уровне, во втором наблюдается снижение положения контакта вниз по склону. Это объяснимо с позиций оползневого вдавливания блоков песчаников в размягченное глинистое основание. В таких "ловушках" отмечено скопление фильтрационной воды. Очевидна фильтрационная неоднородность склонового массива, что, учитывая повышенную "размягчаемость" отдельных разновидностей угленосной формации, приобретает важное значение для прогноза сейсмической опасности при техногенном обводнении.

В пределах урбанизированных территорий региональную значимость приобретает техногенное преобразование ГС. Ведущее значение для г.Иркутска имеет процесс формирования напорных вод на площадях развития дренированных пород и грунтовых вод со свободной поверхно-

стью. Напорные воды формируются как на подтопляемых ныне территориях, так и на площадях с глубоким залеганием грунтовых вод. Соответственно, территория города будет дифференцироваться по влиянию напоров на состояние ГС и ее чувствительности к сейсмическим воздействиям. Ситуация, когда на фоне неглубокого залегания грунтовых вод отмечаются очаги напорных вод, предопределенные локальными изменениями "живого" сечения водного потока, вызванными как природными, так и техногенными факторами, наблюдается в пределах поймы и низких надпойменных террас в нижнем бьефе плотины. Кроме влияния на формирование очагового подтопления и затопления очевиден их взвешивающий эффект на грунты.

Действие напоров в пределах территорий с глубоким залеганием грунтовых вод отмечается на правом берегу, в зоне подпора водохранилища и влияния обходной фильтрации [8]. Здесь в затопленном состоянии оказались аллювиальные толщи III, IV, и V террас, перекрытые мощным чехлом делювиальных образований. Пьезометрический уровень сформировался в толще делювия на глубине 4-23 метра. Практически в однотипном грунтовом массиве напорные воды создали изменчивое в пространстве (рис.3) и во времени поле локальных напряжений в нижней части глинистых отложений. Наибольшие напоры (до 12-13 м) отмечаются в зоне подпора водохранилища и в нижнем бьефе, в непосредственной близости к плотине (9-11 м). Уменьшение напоров происходит в направлении растекания фильтрационного потока.

Продолжительность влияния переменных напоров на породы с момента заполнения водохранилища невелика, не изучен механизм его воздействия на состояние и прочность глинистых отложений. Теоретически здесь происходит разуплотнение, увлажнение и разупрочнение части разреза, испытывающей дополнительное давление. Устойчивость перекры-

вающей толщии, очевидно, будет определяться ее соотношением с разупрочненной частью разреза. В настоящее время удалось заметить, что наибольшие макросейсмические эффекты наблюдались в районе Иркутского сельскохозяйственного института (ИСХИ), где при общей мощности делювиально-аллювиальных суглинков 30-33 м влияние напоров испытывает нижняя (8-13 м) часть толщии.

Таким образом, при выделении грунтовых массивов в зоне подпора и обходной фильтрации необходимо учитывать не только изменение пород в условиях скрытого подтопления (сверху), но и изменения пород в нижней части разреза в условиях переменного напряженного состояния. Факторы, его определяющие (величина и динамика напорных вод) и последствия воздействия в настоящее время слабо изучены. Особого внимания заслуживает изучение силового воздействия напоров на плотину Иркутской ГЭС.

Влияние перечисленных факторов подтверждается результатами обследования последствий Тункинского землетрясения 30.06.95 года. Так, усиление макросейсмических эффектов до значения, близкого к 6 баллам, наблюдалось в поселке Молодежном, в части жилого района Солнечный, примыкающей к водохранилищу, в микрорайоне Байкальском в зоне оконечности плотины ГЭС и на бульваре Постышева. очевидцы в Ново-Разводной утверждают, что во время землетрясения "земля шевелилась, как вода - волнами, качались провода и трансформаторная будка"; между ИСХИ и пос. Молодежным обнаружена серия разрывных трещин в грунте. Аналогичное усиление макросейсмических эффектов в пределах этого же грунтового комплекса наблюдалось и в других районах города Иркутска (курорт "Ангара", Студгородок, ИВВАИУ).

Перечисленные макросейсмические и инженерно-геологические данные, влияющие на чувствительность геологической среды к сейсмическим воздействиям, учет традиций и приемов местного строи-

тельства, сложившихся условий общественно-экономического уклада, градостроительной и бытовой культуры, а также региональных сейсмологических данных в рамках РШСИ являются определяющими. В других городах и населенных пунктах Прибайкалья действуют те же факторы, но ситуация там проще. Тем не менее, все данные свидетельствуют о том, что РШСИ не может быть составлена без их учета. Созданные для зданий опорной сети электронная карта и база данных позволяют получить необходимые выборки как для оценки макросейсмических эффектов, так и при проведении сплошной паспортизации объектов городской застройки в целях определения фактического уровня их сейсмостойкости. Региональная шкала сейсмической интенсивности позволяет легко осуществить переход к оценке сейсмического риска или к другой форме экономической оценки возможных последствий землетрясения. РШСИ ориентирована на оперирование большим количеством входных данных и использование современной вычислительной техники. Создание шкалы требует финансовых затрат на проведение дополнительных исследований, но они быстро окупятся благодаря большому объему жилищного фонда и относительно малым расходам на работы упомянутого типа.

Литература:

1. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Шкала сейсмической интенсивности MSK64. - М., Междугосударственный геофизический комитет, 1965. - 11 с.
2. European Macroseismic Scale 1992 (up-date MSK-scale). Editor G.Grunthal European Seismological Commission.- Luxembourg, 1993. - 79 p.
3. Рашутина Н.В., Шерман С.И., Бержинский Ю.А., Павленов В.А. О принципах построения региональной шкалы сейсмической интенсивности/ В сб. "Геофизические исследования в Восточной Сибири на рубеже XXI века". - Наука, Си-

бирская издательская фирма РАН, Новосибирск, 1996.- С.165-167.

4. Rashutina N.V., Shermam S.I., Berzhinsky Yu.A., Pavlenov V.A. The basic principles of scale for assessing earthquake intensity in the Baikal seismic zone / Proceedings of the fifth international conference on SEISMIC ZONATION. - Nice, France 1995. - p.1106-1114.

5. Aptikaev F.F. Development of Detailed Seismic Zoning / Journal of Earthquake Prediction Research, volume 2, number 1, 1993.- p.115-123. Sponsored by State Seismological Bureau, China Academy of Sciences, Beijing.

6. Демьянович Н.И. О четвертичной псевдотектонике на склонах / Всероссийское совещание по изучению четвертичного периода. - М.1994. - С. 130-131.

7. Пальшин Г.Б. Оползни / Братское водохранилище. Инженерная геология территории. - Изд-во АН СССР. М. 1963.- С.130-149.

8. Сироткин Л.А. Изменение режима подземных в зоне Иркутского водохранилища и их влияние на геологические процессы / Материалы по Инженерной геологии Сибири и Дальнего Востока. - Издание Института земной коры СО АН СССР, Иркутск - М., 1964.- С.114-126.