

СЕЙСМИЧЕСКОЕ МИКРОРАЙОНИРОВАНИЕ – ОСНОВА СЕЙСМОСТОЙКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Худобердин И.Р.,

научный руководитель канд. техн. наук. Палагушкин В.И.

*Инженерно-строительный институт
Сибирский федеральный университет*

Сейсмическое микрорайонирование (СМР) выполняется с целью количественной оценки влияния местных условий (состав грунтов, особенности рельефа, наличие сейсмоактивных разломов и др.) на исходную сейсмичность территории, определяемую на основе комплекта карт ОСР-97 (А, Б, В) в зависимости от ответственности проектируемых сооружений. Выделение участков с различной сейсмичностью проводится на основе комплексного изучения сейсмических свойств грунтов, инженерно-геологических, гидрогеологических и сейсмотектонических особенностей территорий. В комплекс работ по СМР входят следующие основные виды исследований:

- сейсмологическая регистрация землетрясений и взрывов;
- регистрация микросейсм;
- метод акустических жесткостей;
- электроразведка методом вертикального электрического зондирования;
- расчетные методы;

В настоящей статье приводятся результаты исследований выполненных в рамках инновационного проекта №106 «Разработка системы геотехнологии для сейсмостойкого строительства в различных геодинамических сложных грунтовых условиях» Сибирского федерального университета – ИП-2008. Одна из целей проекта заключалась в разработке схемы районирования территории г. Красноярска по сейсмической опасности с учетом геодинамических факторов (далее - схема). Актуальность обусловлена необходимостью пересмотра отношения к сейсмическому районированию территории г. Красноярска в условиях повышения сейсмической активности в течение последнего десятилетия. В связи с увеличением объемов строительства, в том числе и ростом количества возводимых высотных зданий, назрела проблема обеспечения безопасности создаваемых инфраструктур. Один из путей повышения надежности сооружений и безопасности населения г. Красноярска - внедрение сейсмостойкого строительства с учетом возможных негативных геодинамических процессов.

При составлении схемы, на территории г. Красноярска проведены инструментальные исследования из комплекса работ по СМР - метод акустических жесткостей, а также выполнено математическое моделирование сотрясаемости. Результаты данных оценок были обобщены с данными полученными в ходе определения сейсмической опасности на основе экспертной оценки геодинамических факторов - методики, разработанной научным коллективом ИФЗ СО РАН (Шерман С.И. и др., 2003). Прежде чем приступить к описанию исследований необходимо отметить, что все виды работ базируются на информации о составе геологического разреза и физико-механических свойствах грунтов, слагающих разрез. С этой целью были собраны и обработаны материалы инженерно-геологических изысканий - бурения скважин, исходя из следующих требований: скважина глубиной не менее 20 м с привязкой к местности; Литологическое описание слоев вскрытых данной скважиной; мощность и глубина залегания каждого слоя; физико-механические свойства грунтов

(плотность в естественном состоянии) для каждого слоя; уровень грунтовых вод; глубина сезонного промерзания.

Это необходимо для создания инженерно-геологической основы схемы сейсмического районирования и являлось опережающими по отношению к другим видам работ. В результате были собраны и объединены в единую базу данных инженерно-геологические материалы по 109 строительным объектам на территории г. Красноярска. Что позволило провести инженерно-геофизические исследования и математическое моделирование по 85 из них. Для составления схемы на основе экспертной оценки территории по геодинамическим факторам были задействованы данные по всем 109 объектам.

Определение сейсмической опасности на основе экспертной оценки геодинамических факторов

В настоящее время оценка сейсмической опасности территории Российской Федерации проводится по картам сейсмического районирования, составленным под научным руководством и под редакцией В.Н. Страхова и В.И. Уломова [Комплект карт ОСР-97, 1999]. Они позволяют определить вероятный сейсмический балл для конкретно выбранной площади в зависимости от заданного времени и требований обеспечения надежности и сейсмобезопасности объекта. Однако, такой подход не учитывает изменение сотрясаемости по территории города. Корректное решение проблемы – выполнить сейсмическое микрорайонирование города, но это требует значительных средств и времени. Поэтому использован подход, который применялся иркутскими исследователями (Шерман С.И. и др., 2003) для создания схемы микросейсмического районирования г. Иркутска и его окрестностей по геодинамическим факторам.

Для изучения процессов в литосфере составляются карты геодинамики или активности, возбуждения верхней мантии. Например, Н.А. Логачевым, С.И. Шерманом и К. Г. Леви [1991] предложено строить карты геодинамической активности литосферы по интегральному показателю, который отражает взаимосвязь между основными геолого-геофизическими параметрами на поверхности земли. Величина последних прямо отражает энергию глубинных процессов.

Именно сейсмичность является результатом деформации верхней, преимущественно хрупкой части литосферы. Она несет информацию об образовании очага землетрясения как результата движений и деформаций определенного объема литосферы, а также резких подвижек по разрывам в очаговой области. Магнитуда землетрясения при прочих равных условиях пропорциональна скорости деформаций, размерам области накопления напряжений, мощности деформируемого слоя, размерам структур, глубине очага и некоторым другим параметрам. Важно, что потенциальная магнитуда землетрясений пропорциональна интенсивности тектонического процесса в литосфере. Поэтому зафиксированную за историческое время максимальную магнитуду землетрясения в определенном районе можно рассматривать в качестве одной из комплексных физических характеристик геодинамики литосферы - как его сейсмический потенциал [Логачев и др., 1987]. Основные геодинамические факторы и их экспертные оценки можно условно разделить на две генетические группы, существенно влияющие на региональные проявления сейсмичности и ее социальные последствия: 1) геолого-геофизические и 2) инженерно-геологические и гидрогеологические.

Региональные геолого-геофизические факторы объединяют тектонические, неотектонические и геоморфологические параметры. В основе этой группы факторов лежат типы пород, их комплексы или отдельные породы, крепость пород, структура геологического разреза, наличие разломов и их ранговая принадлежность. Каждому из названных факторов придана экспертная оценка, подобранная опытным путем по инженерно-геологическим изысканиям при строительстве в городе Красноярске и его

окрестностях. Исключение составляет показатель крепости горных пород (f). Как известно, крепость горных пород f определяется по таблицам М.М. Протодьяконова [1955; Справочник (кадастр), 1975].

Наличие прямой пропорциональности между безразмерным коэффициентом крепости М.М. Протодьяконова и удельной энергией разрушения - важный фактор, объясняющий, почему коэффициенты крепости f хорошо отражают различные механические свойства горных пород при разрушении и прочно укоренились в практике. Экспертная оценка интересующего комплекса пород принималась как $10/f$, т. е. чем слабее порода, тем выше ее экспертная оценка .

Таблица 3 - Горные породы и их экспертная оценка (по М.М. Протодьяконову [1955]; с дополнениями) [Шерман С.И., 2003]

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

Особая роль в группе обсуждаемых факторов придается структуре вертикального разреза, для чего вводится показатель, отражающий вертикальную структуру разреза. Он учитывает два принципиальных типа разрезов: однородный и слоистый, причем в последнем случае экспертные оценки предусматривают варианты переслаивания пород высокой, низкой или разной степеней прочности. Наиболее низкая экспертная оценка принята для максимально устойчивого разреза, образуемого однородным прочным массивом. Не меньшее значение имеет и угол наклона земной поверхности. С его увеличением изменяется динамическая устойчивость пород в разрезе и повышается вероятность их смещений при воздействии сейсмических колебаний, что и в определенной мере учтено.

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

На основе изложенных принципов выполнена оценка потенциальной сейсмической опасности территории г. Красноярска и его окрестностей в соответствии с вышеперечисленными геодинамическими факторами. Для этого территория города разбита на 247 прямоугольных ячеек. В результате составлена схема сейсмического районирования по геодинамическим факторам. По величине интенсивности вся территория разделена на районы с сейсмичностью 6.0, 6.5, 7.0, 7.5 баллов.