

Ш. Г. НАПЕТВАРИДЗЕ, Б. Н. САМКОВ, С. С. КАЛМАХЕЛИДЗЕ, А. В. ОДИШАРИЯ

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ МЕТОДИКИ СЕЙСМИЧЕСКОГО МИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ ГИДРОУЗЛОВ

ВВЕДЕНИЕ

Первые шаги в направлении разработки методики сейсмического микрорайонирования в Грузии были предприняты еще в 1944 г. в связи с проектированием Руставского металлургического завода, и начиная с этого времени соответствующие исследования велись до 1960 г. Д. И. Добровольским, И. А. Гзелишвили и А. Н. Сафаряном [1, 2, 9] и авторами настоящей работы [3—8].

Выполнено сейсмическое микрорайонирование территорий всех основных городов и промышленных центров, а также ряда гидроузлов Грузинской ССР и других республик. Начиная с 1950 г. осуществлено сейсмическое микрорайонирование территорий нижеследующих гидроузлов, расположенных на территории Кавказа и Средней Азии.

На территории Грузии: Снонского в 1951 г.; Дариальского на р. Терек в 1955—1956 гг.; Намахванского на р. Риони в 1956—1957 гг.; каскада ГЭС на р. Ингури в 1958 г.; каскада ГЭС на р. Бзыби в 1961—1962 гг.

На территории Узбекистана: Чарвакского и Каскада ГЭС на р. Нарын в 1957—1959 гг.

В Киргизии: Папанского водохранилища на р. Ак-бура в 1960 г.

В Дагестане: Чиркейского на р. Сулак в 1965 г.

В Азербайджане проведено сейсмическое микрорайонирование территорий следующих гидроузлов: Нахичеванского и Мильско-Муганской водозаборной плотины р. Аракс в 1966 г.; Сарсанского на р. Тертер в 1966 г.; Шамхорского на р. Кура в 1967 г.; «Гирдани» на р. Гирдани в 1968 г.

О СОВРЕМЕННОМ СОСТОЯНИИ МЕТОДИКИ СЕЙСМИЧЕСКОГО МИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ

Сейсмическое макро- и микрорайонирование служит целям прогноза мест возникновения и максимальной интенсивности проявления разрушительных землетрясений (7, 8 и 9 баллов). Под сейсмическим микрорайонированием понимаем районирование в масштабе территории всей страны, а под сейсмическим микрорайонированием — районирование территории конкретного населенного пункта в целом или площадки особо ответственного здания или сооружения.

Вопрос о третьем основном элементе прогноза, а именно, о времени возникновения разрушительного землетрясения, остается открытым ввиду его недостаточной изученности.

Результаты выполнения сейсмического макрорайонирования (проще—сейсмического районирования), фигурирующего в СНиП П-А 12—62 в виде карты мелкого масштаба и списка сейсмичности главных населенных пунктов сейсмических районов СССР, служат юридическим документом для назначения сейсмичности в баллах участка строительства, и такую сейсмичность разрешается уточнять на основе осуществления сейсмического микрорайонирования (СНиП П-А 12—62).

Методика сейсмического районирования разрабатывается для целого сейсмического региона на основе анализа комплекса данных геологии, сейсмотектоники, сейсмометрии и визуального изучения разрушительных последствий землетрясений. Методика же сейсмического микрорайонирования разрабатывается на основе анализа комплекса тех же данных и кроме того: инженерной геологии, гидрогеологии и геоморфологии, но теперь уже в масштабе территории, ограниченной радиусом 50÷100 км с центром в пределах районируемого участка строительства.

До 40-х годов проектирование зданий и сооружений велось главным образом эмпирическим методом с применением статической теории сейсмостойкости, при котором было достаточно знать только лишь сейсмичность территории в баллах (коэффициент сейсмичности). На современном же этапе развития теории сейсмостойкости и электронной вычислительной техники стало возможным применять динамически-спектральный метод расчета зданий и сооружений на сейсмостойкость. В такой методике, наряду с коэффициентом сейсмичности, необходимо иметь спектральную кривую коэффициента динамичности, построить которую возможно при знании спектра сейсмического движения основания, подразумевая при этом, что частоты и формы собственных колебаний зданий или сооружений уже известны.

С другой стороны, установлено, что как максимальная сила проявления землетрясения (балл сейсмичности), так и спектр сейсмических движений грунта основания зависят в первую очередь от следующих конкретных характеристик верхнего слоя грунта, в пределах которого располагается фундамент сооружения: типа грунта, и в частности деформационных свойств (скорости распространения сейсмической волны); мощности слоя; уровня стояния грунтовых вод; степени пересеченности дневной поверхности грунта. Интересующие нас величины зависят от инженерно-геологического строения местности (чередования отдельных слоев грунтов, их литологического состава и мощности залегания).

Наконец, важны и такие факторы, как глубина очага землетрясения, особенности строения земной коры под районируемой территорией, а также механизм возникновения землетрясения.

На современном этапе методика сейсмического микрорайонирования по существу удовлетворяется учетом факторов только первой вышеописанной группы, причем ставится относительно скромная, хотя и достаточно сложная для своего решения задача—учесть такие факторы для уточнения только балла сейсмичности. Дело в том, что указанная задача все еще решается эмпирически, исходя из нижеследующих принципов, установленных обобщением результатов анализа разрушительных последствий землетрясений.

Так, считается, что разрушительное землетрясение повторяется примерно с прежней интенсивностью при небольшой миграции очага в пространстве.

Далее принимается, что балл проявления землетрясения тем больше, чем деформативнее грунт основания (чем меньше скорость распространения сейсмических волн), чем ближе к дневной поверхности

уровень стояния грунтовых вод и чем больше степень неровности рельефа местности. Также эмпирически удалось оценить приращение балла соответственно с вышеперечисленными принципами.

Однако в литературе до сего времени дискутируется вопрос о способе сопряжения сейсмического микрорайонирования со сейсмическим районированием в смысле выбора тех грунтовых условий, которые отвечают исходной сейсмичности в баллах, увеличение или уменьшение которой происходит в результате сейсмического микрорайонирования территории строительства.

Одни считают, что среднему баллу соответствуют средние же грунтовые условия (суглинки или песчаные грунты при глубоком стоянии уровня грунтовых вод).

По мнению ИСМиС АН Грузинской ССР [2, 9], при сейсмическом районировании должны исходить из максимального балла проявления землетрясения и соответственно с этим на карте сейсмического микрорайонирования такому исходному баллу (фону сейсмичности) будут отвечать наихудшие грунтовые условия в пределах районизируемой территории.

Изложенное позволяет заключить, что сейсмическое микрорайонирование все еще, и почти целиком, сводится к районированию на инженерно-геологической основе и поэтому каждая карта сейсмического микрорайонирования по существу подобна инженерно-геологической карте той же местности. А элементы так называемого инструментального метода сейсмического микрорайонирования, внесенные в последние годы в общую методику, фактически корректируются вышеописанным эмпирическим методом из-за недостаточной уверенности пользования в целях сейсмического микрорайонирования инструментальными данными, фактически получаемыми при очень слабых землетрясениях.

Из изложенного видно, что методика сейсмического микрорайонирования в некоторой степени отстала от современного уровня развития теории сейсмостойкости в том смысле, что она все еще не в состоянии предоставлять численные данные, по которым можно было бы строить спектральную кривую коэффициента динамичности для районизируемой территории.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ СЕЙСМИЧЕСКОГО МИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ГИДРОУЗЛОВ

Исследования по сейсмическому микрорайонированию в ИСМиСе АН ГССР выполняются в два этапа: на первом этапе районирование осуществляется инженерно-геологическим методом, а на втором этапе получаемые результаты проверяются и уточняются инструментальным способом—изучением акустической жесткости грунтов, залегающих на районизируемой территории.

Сейсмическое микрорайонирование инженерно-геологическим методом со своей стороны включает выполнение двух следующих этапов: уточнение фона сейсмичности (исходного балла) районизируемой территории; выделение на ней зон с различной сейсмичностью.

Уточнение исходного балла производится на основе: изучения материалов по сейсмометрии, макросейсмике, инженерной геологии и геоморфологии районизируемой территории; сбора дополнительных и уточненных макросейсмических данных на основании опроса местных жителей; обследования зданий и сооружений с целью установления влияния грунтов оснований на степень деформации зданий и сооружений при прошедших землетрясениях.

В результате анализа всех данных в первую очередь уточняется исходная сейсмичность района в целом и, что главное, устанавливаются грунтовые условия, к которым относится эта сейсмичность. При проведении сейсмического микрорайонирования территории городов и гидроузлов в одних случаях по данным происшедших землетрясений исходная сейсмичность приписывалась худшим грунтам районируемой территории, так, например: в г. Батуми, находящемся в 7-балльной сейсмической зоне, исходная сейсмичность была приписана водоносным галечникам; в г. Красноводске в Туркменской ССР, в 9-балльной сейсмической зоне—водонасыщенным пескам; в г. Цхалтубо Грузинской ССР—суглинкам пластично-текучей консистенции; при сейсмическом микрорайонировании территории строительства каскада ГЭС на р. Бзыби—водонасыщенным галечникам и пластичным глинам.

Однако встречались случаи, когда обследованием районируемой территории устанавливалось, что исходная сейсмичность не обязательно относилась к наихудшим грунтовым условиям. Так, при сейсмическом микрорайонировании гидроузлов Шамхорского, Сарсанского и Чиркейского исходная сейсмичность была приписана средним грунтовым условиям—глинистым грунтам при низком стоянии уровня грунтовых вод, и в указанных целях, например, для уточнения исходной сейсмичности Чиркейского гидроузла на р. Сулак, расположенного в Дагестанской АССР, была детально изучена вся эпицентрально-эпифокальная зона 8-балльного землетрясения, происшедшего в 1831 г. Были осмотрены древние архитектурные памятники и здания в селениях Андри-аул, Ихю и Тарки, с установлением инженерно-геологических и гидрогеологических условий фундаментирования зданий, перенесших упомянутое 8-балльное землетрясение. В результате проведения такого комплексного изучения типов зданий и условий их фундаментирования было установлено, что при том же землетрясении 1831 г. 8-балльная сейсмичность проявилась на территории, сложенной суглинистыми грунтами, при уровне горизонта грунтовых вод ниже 10 м.

Как было отмечено выше, хотя ИСМиС АН Грузинской ССР сейсмическое микрорайонирование территории гидроузлов осуществляет применением инженерно-геологического и инструментального методов, тем не менее им при сейсмическом микрорайонировании территорий гидроузлов учитываются особенности, которые отличают такое районирование от сейсмического микрорайонирования участков промышленного, общественного и жилого строительства. Такими особенностями являются: значительные сроки эксплуатации гидротехнических сооружений, которые повышают вероятность повторения разрушительных землетрясений; отдаленность территории строительства от крупных населенных пунктов, что вызывает необходимость увеличения обследуемой площади и в этом случае обоснование исходной сейсмичности производится методом аналогии; возможность повышения сейсмичности участков бортов водохранилища, откосов каналов и прилегающих к ним зон из-за обводнения грунтов; более повышенное требование к сейсмическому микрорайонированию из-за особой ответственности гидросооружений.

В целях изучения сейсмических свойств грунтов в ИСМиС АН Грузинской ССР с 1968 г. используется мощный вибратор с возмущающей силой 27 т. Были проведены первые опыты на полигоне АН Грузинской ССР в Лило, с целью выяснения возможности использования такого вибратора для проведения сейсмического микрорайонирования территории городов и гидроузлов.

Основная задача сейсмического микрорайонирования будет считаться автоматически решенной, когда удастся рассчитать современным методом теории сейсмостойкости не только отдельно взятое здание или сооружение (при заданной акселерограмме движения грунта основания), но и более сложную механическую систему «толща скальных пород—толща покровных грунтов—здание или сооружение».

Для этого необходимо иметь акселерограмму разрушительного землетрясения, полученную для толщи скальных пород, а также методику расчета сейсмического воздействия на систему «толща покровных грунтов—здание или сооружение».

Дело в том, что спектр акселерограммы, полученной для толщи скальных пород, практически не зависит от других факторов, кроме как от особенностей строения земной коры под районируемой территорией, глубины очага землетрясения и механизма его возникновения. А эти факторы, по-видимому, влияют на спектр сейсмических движений грунта основания в гораздо меньшей степени, чем геологическое строение покровных грунтов. Практически будет достаточно иметь набор нескольких акселерограмм, полученных для толщи скальных грунтов, однако для различных сейсмических регионов.

При выходе скального основания на дневную поверхность земли, как это имеет место почти во всех случаях фундирования плотин в сейсмических районах, будем иметь дело с обычной механической системой «основание—сооружение», опыт расчета которой на сейсмическое воздействие уже имеется на основе математического моделирования сейсмического воздействия (с применением акселерограммы при помощи ЭЦВМ).

Теперь рассмотрим вопрос о том, насколько мы готовы к расчету на сейсмическое воздействие вышеописанной сложной механической системы. Следует заметить, что почти все имеющиеся акселерограммы разрушительных землетрясений оказались записанными акселерографами, постаменты которых располагались на нескальных и даже относительно слабых грунтах. Однако в ИСМиСе АН Грузинской ССР показана возможность применения численного метода теории сейсмостойкости [4, 5], и наиболее удачно методом волновой механики [5] для акселерограммы сейсмических движений толщи скальных пород, исходя из акселерограмм, полученных для нескальных грунтов при предположении, что в инженерных целях для эпицентральной зоны представляют практический интерес ускорения в глубинных сейсмических продольных или поперечных волнах, поляризованных в горизонтальной плоскости.

Ранее было показано [4, 5], что при этих предположениях грунтовую среду, состоящую из достаточно подлого расположенных слоев покровных грунтов, можно рассматривать как многомассовую систему (при ограниченной ширине вертикальной полосы, мысленно вырезанной из грунтовой среды). Рассчитывая такую систему на сейсмическое воздействие по уже запрограммированной на ЭЦВМ методике, можно получить акселерограмму сейсмических движений грунта основания и далее с помощью той же методики рассчитать на сейсмостойкость и само здание или сооружение.

В настоящее время в ИСМиСе АН Грузинской ССР ведутся исследования по учету влияния рельефа местности на вид акселерограммы, получаемой вышеупомянутым численным методом.

Изложенное не означает, что при применении элементов численного

метода удастся обойтись без использования инженерно-геологического и инструментального методов сейсмического микрорайонирования. Все эти методы следует одинаково развивать, так как они будут дополнять друг друга при решении проблемы сейсмического микрорайонирования.

Институт строительной механики и
сейсмостойкости АН Грузинской ССР

ЛИТЕРАТУРА

1. Добровольский Д. И. Материалы к сейсмическому микрорайонированию территории соц. города Закавказского металлургического завода. Архив Института строит. дела АН ГССР. 1946.
2. Гзелишвили И. А. и Сафарян А. Н. Влияние микрогеологии на сейсмостойкость сооружений по данным Ашхабадского землетрясения 5—6 октября 1948 г. Тр. Института строительного дела АН ГССР, т. 2, 1948.
3. Калмахелидзе С. С. и Самков Б. Н. О влиянии местных условий территории на выбор метода сейсмического микрорайонирования. Сб. «Сейсмостойкость сооружений», Тбилиси, 1965.
4. Напетваридзе Ш. Г. Обратная задача теории сейсмостойкости. Сб. «Сейсмостойкость сооружений». ИСМиС АН ГССР, Тбилиси, 1968.
5. Одишария А. В. Построение численным методом акселерограммы сейсмического движения свободной поверхности скального основания. Сб. «Сейсмостойкость сооружений», ИСМиС АН ГССР, Тбилиси, 1968.
6. Самков Б. Н. и Калмахелидзе С. С. Основные результаты сейсмического микрорайонирования территории г. Цхалтубо. Тр. Института строительной механики и сейсмостойкости АН ГССР, т. X, Тбилиси, 1963.
7. Самков Б. Н., Калмахелидзе С. С. и Одишария А. В. Опыт сейсмического микрорайонирования территорий строительства гидроузлов на Кавказе и в Средней Азии. Сб. докладов Всесоюзной конференции в г. Алма-Ата 1967 г. Изд. «Мещинереба», Тбилиси, 1967.
8. Сафарян А. Н., Напетваридзе Ш. Г. и Гзелишвили И. А. Сейсмическое микрорайонирование территории гидроузлов, «Гидротехническое строительство», № 1, 1957.
9. Сафарян А. Н. К методике сейсмического микрорайонирования. Тр. Института строительного дела АН ГССР, т. VII, 1959.