

О МНИМОМ И ДЕЙСТВИТЕЛЬНОМ ОБНОВЛЕНИИ НОРМ СТРОИТЕЛЬСТВА В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ РОССИИ

Более половины населения сейсмоопасных районов России, по данным МЧС РФ, проживает в зданиях, которые не соответствуют нормам сейсмостойкого строительства. Это стало следствием того, что строительство многих домов и объектов другого назначения не всегда велось с учетом сейсмической опасности. Усугубляет проблему несовершенство нормативной базы, в настоящее время регулирующей строительство в условиях повышенной сейсмичности.

Недостатки норм строительства в сейсмических районах

В прошлом столетии при общем сейсмическом районировании геологические и геофизические критерии сейсмичности имели вспомогательное значение. Карты сейсмического районирования составлялись преимущественно на основе описаний очевидцами землетрясений прошлого и экономических соображений. Отсутствие в наблюдениях редких катастрофических событий приводило к занижению сейсмической опасности и сопровождалось рядом сейсмических катастроф в СССР и в России: Ашхабад (1948 г.), Армения (1988 г.), Нефтегорск (1995 г.) и другие.

В связи с этим в 1991–1997 годах ИФЗ РАН при участии многих научно-исследовательских организаций был разработан комплект карт общего сейсмического районирования ОСР-97, включенных в гл. СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах» (издание 2000 года). Упомянутые нормы строительства в сейсмических районах отличались от всех предыдущих правилами учета сейсмичности территорий, а именно: по ним сейсмичность участков строительства, сложенных средними по сейсмическим свойствам грунтами, следовало находить, в зависимости от категории ответственности сооружения, по одной из трех карт ОСР-97, на которых в первом приближении была указана сила землетрясений в баллах, повторяющихся с периодичностью 500, 1000 и 5000 лет. Такой подход в принципе позволял оптимизировать антисейсмические мероприятия по целевым функциям (надежности сооружений и стоимости

антисейсмических мероприятий). Однако по нижеперечисленным причинам этого сделать не удалось.

К основным недостаткам карт ОСР-97 относится значительная погрешность определения силы землетрясения, соответствующей вероятности превышения расчетного сейсмического воздействия за 50 лет эксплуатации объекта (10% для объектов массового строительства, 5% – для сооружений повышенной ответственности и 1% – для сооружений особой ответственности). Эта погрешность в основном обусловлена принятой мерой силы землетрясения в целых баллах шкалы MSK-64. Отметим также, что установленная для объектов первой категории ответственности 1-процентная вероятность значительно меньше, чем допускаемая при проектировании наиболее значительных гражданских сооружений за рубежом. В результате принятия при построении карты ОСР-97-С упомянутой вероятности произошло увеличение более чем в пять раз площади районов сейсмичностью 9 и более баллов на территории России, по сравнению с предыдущей картой ОСР-78.

Альтернативный вариант СНиП II-7-81* разработан в 2010 году Центром исследований сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко (руководитель работы – д-р техн. наук, проф. Я.М. Айзенберг, ответственный исполнитель – канд. техн. наук, доц. В.И. Смирнов). Документ утвержден приказом Минрегионразвития России от 27 декабря 2010 года № 779 и введен в действие с 20 мая 2011 года как

свод правил СП 14.13330.2011 под названием «актуализированная редакция СНиП II-7-81*» (далее будем называть этот документ «новые нормы»).

О методах расчета сооружений на сейсмостойкость, регламентированных в новых нормах

В новых нормах расчет сооружений на сейсмостойкость предлагается выполнять двумя методами: спектрально-модальным и по акселерограммам. Оба метода применялись ранее согласно предыдущей редакции СНиП II-7-81*. В актуализированной редакции эти методы подверглись радикальным изменениям в части задания расчетного сейсмического воздействия. В результате во многих населенных пунктах, расположенных в сейсмических районах, вообще стало невозможно определить сейсмическую нагрузку из-за отсутствия в новых нормах указаний по определению некоторых коэффициентов.

В других пунктах, для которых все справочные коэффициенты имеются, сейсмическая нагрузка при их использовании получается избыточной или недостаточной для обеспечения требуемой надежности объектов. Таким образом, в новых нормах не исправлены, а усугублены недостатки СНиП II-7-81*, что требует критического рассмотрения сложившейся кризисной ситуации с целью разработки предложений по ее исправлению.

Об изменениях спектрально-модального метода

По новым нормам сейсмическая нагрузка определяется спектрально-модальным методом по формуле:

$$S_{ik} = K_0 K_A A K_I K_{\psi} \beta_i \eta_{ik} Q_k \quad (1)$$

с введением двух новых коэффициентов K_0 и K_A , из которых первый коэффициент предназначен для учета ответственности сооружений, а второй, по существу, призван учесть особенности макросейсмического режима в

районе строительства. Для объектов первых двух категорий ответственности величина коэффициента K_0 установлена равной 2,0 и 1,5. Для остальных капитальных зданий и сооружений $K_0 = 1,0$.

Введением коэффициента K_0 отменена принципиальная установка СНиП II-7-81*, где учет ответственности зданий и сооружений выполнялся посредством выбора одной из трех карт общего сейсмического районирования ОСР-97-А, В, С, предназначенных соответственно для проектирования объектов массового строительства, повышенной и особой ответственности. По новым нормам, расчет зданий и сооружений всех категорий ответственности на сейсмостойкость должен выполняться на так называемое проектное землетрясение (ПЗ). Сила ПЗ принимается по карте ОСР-97-А с поправкой на местные инженерно-геологические условия, а нагрузку находят с учетом дополнительного коэффициента K_0 . Механизм учета ответственности зданий и сооружений, по существу, представляет собой возврат к требованиям СНиП II-А.12.62 и последующих норм, не оправдавших себя на практике и обоснованно замененных на СНиП II-7-81*.

Другой введенный в формулу (1) коэффициент K_A предложено находить в зависимости от баллов, указанных на картах А, В и С для данного населенного пункта. Исходя из этих данных, коэффициент K_A принимает одно из следующих значений: 1,0; 1,2; 1,4 и 1,5. При проведении сейсмического микрорайонирования $K_A = 1,0$ во всех случаях.

Данное требование означает введение вместо обоснованной сейсмологическими данными и широко применяемой при изысканиях и проектировании транспортных и других сооружений методики уточнения исходной сейсмичности (МДС 22-1.2004) примитивного по форме и не отражающего существа дела способа учета макросейсмического режима территорий. Вопрос о погрешностях этого способа будет рассмотрен ниже.

О расчете по акселерограммам

При расчете по акселерограммам, согласно прим. 3 к табл. 3 новых норм, предлагается максимальные ускорения

колебаний грунта принимать не менее 0,1 g, 0,2 g и 0,4 g (g – ускорение силы тяжести) при сейсмичности площадок 7, 8 и 9 баллов, с умножением упомянутых значений ускорения на коэффициент ответственности $K_0 = 2$ для особо ответственных сооружений и 1,5 – для сооружений повышенной ответственности. При таком задании расчетного сейсмического воздействия фактор ответственности объекта учитывается дважды (первый раз – за счет использования одной из карт ОСР-97-В или ОСР-97-С, как это выполнялось согласно предыдущей редакции СНиП II-7-81*, второй раз – за счет коэффициента ответственности K_0 , то есть примерно так, как это было принято в СНиП II-А.12.62 и СНиП II-А.12.69). Необоснованность такого подхода к учету ответственности сооружений очевидна.

В результате ускорение колебаний грунта при сейсмичности площадки 9 баллов получается 0,6g для сооружений повышенной ответственности и 0,8g – для сооружений особой ответственности. По шкале MSK-64 такие ускорения соответствуют 10-балльным сотрясениям. Проектирование антисейсмических мероприятий на 10-балльное сейсмическое воздействие вместо 9-балльного для всех сооружений повышенной и особой ответственности на участках сейсмичностью 9 баллов приведет к громадным избыточным расходам на антисейсмические мероприятия.

Следует также отметить, что, согласно примечаниям к п. 5.2 новых норм, выполнение расчетов по акселерограммам следует осуществлять по специальным техническим условиям (СТУ). Данное примечание распространяется на все объекты повышенной и особой ответственности, проектируемые на участках сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов.

Согласно распорядительным документам Минрегиона, СТУ разрабатываются, рассматриваются и утверждаются для каждого конкретного объекта в случаях отсутствия или недостаточности в действующих нормах требований, обеспечивающих его надежность и безопасность. Таким образом, включенные в новые нормы требования к расчету

по акселерограммам являются недостаточными для практического применения, а составление СТУ на такой расчет для каждого сооружения повышенной или особой ответственности вряд ли осуществимо из-за большого числа таких объектов. В связи с этим данный метод ниже не рассматривается.

О невозможности выполнить в отдельных пунктах по новым нормам расчет сооружений первого уровня ответственности спектрально-модальным методом

Пусть требуется определить сейсмическую нагрузку для объекта наивысшего уровня ответственности в г. Владивостоке ($I_A = 6$ баллов, $I_B = 6$ баллов, $I_C = 7$ баллов). По данным сейсмического микрорайонирования, участок строительства сложен грунтами категории II по сейсмическим свойствам. При расчете объекта спектрально-модальным методом нужно воспользоваться картой ОСР-97-А, то есть принять сейсмичность участка равной шести баллам ($I_A = 6$ баллам по шкале MSK-64), после чего определить сейсмическую нагрузку по формуле (1), принимая коэффициенты $K_0 = 2$ и $K_A = 1$.

В нормах не приведено значение коэффициента А для сейсмичности участка 6 баллов. Следовательно, определить нагрузку по формуле (1) и рассчитать объект по обязательному для проектирования спектрально-модальному методу невозможно. По неактуализированным нормам такой расчет осуществим, так как в этом случае сейсмичность участка $I = 7$ баллов. То есть все исходные данные для обоснования расчетом антисейсмических мероприятий имеются.

Помимо Владивостока расчет по новым нормам спектрально-модальным методом сооружений первого уровня ответственности неосуществим более чем в 20 других административных центрах областей, краев, республик и автономных округов, включая Архангельск (6, 6, 8), Барнаул (6, 7, 8), Благовещенск (6, 6, 7), Казань (6, 6, 7), Кемерово (6, 6, 7), Красноярск (6, 6, 8), Новосибирск (6, 6, 7), Ростов-на-Дону (6, 6, 7), Томск (6, 6, 7), Хабаровск (6, 6, 7), Чебоксары (6, 6, 7), Чита (6, 7, 8), Якутск (6, 7, 8). Во всех этих городах расчет упомянутых объектов по неактуализированным

нормам следовало выполнять на сейсмическое воздействие силой от 7 до 8 баллов, указанную на карте ОСР-97-С.

Если участок строительства сложен грунтами категории I по сейсмическим свойствам, то сейсмичность основания объекта снижается на один балл, т.е. до 5 баллов при исходной сейсмичности 6 баллов по карте ОСР-97-А и до 6 баллов при исходной сейсмичности 7 баллов. Для сейсмичности 5 и 6 баллов коэффициент А в нормах не приводится. Поэтому для объектов особой ответственности, возводимых на грунтах категории I, сейсмическая нагрузка по новым нормам не может быть найдена в таких городах, как Абакан (7, 7, 8), Архангельск (6, 6, 8), Барнаул (6, 7, 8), Биробиджан (7, 8, 9), Кизляр (7, 8, 8), Комсомольск-на-Амуре (6, 7, 8), Краснодар (7, 8, 9), Красноярск (6, 6, 8), Майкоп (7, 8, 9), Ставрополь (7, 7, 8), Чита (6, 7, 8), Якутск (6, 7, 8) и других.

О невозможности выполнить в отдельных пунктах по новым нормам расчет сооружений второго уровня ответственности спектрально-модальным методом

Пусть требуется определить сейсмическую нагрузку для объекта второго уровня ответственности в Комсомольске-на-Амуре. По данным общих инженерно-геологических изысканий, участок строительства сложен грунтами категории II по сейсмическим свойствам. Сейсмичность участка по карте ОСР-97-А равна 6 баллов. Для Комсомольска-на-Амуре при строке балльности ($I_A=6$ баллов, $I_B=7$ баллов, $I_C=8$ баллов) коэффициент K_A не регламентирован. Для данного случая ($I_A=6$ баллов) в новых нормах не определен также коэффициент А. Поэтому расчет объекта спектрально-модальным методом выполнить невозможно.

По той же причине расчет спектрально-модальным методом не может быть выполнен для сооружений второго уровня ответственности в Алдане (6, 7, 7), Барнауле (6, 7, 8), Буденновске (6, 7, 7), Камне-на-Оби (6, 7, 8), Нерчинске (6, 7, 8), Чите (6, 7, 8), Якутске (6, 7, 8). Всего на территории Российской Федерации имеется не менее нескольких сотен населенных пунктов, в которых невозможно рассчитать на сейсмостойкость конструкции объек-

тов второго уровня ответственности по актуализированной редакции СНиП II-7-81*. Особенно много таких мест в Читинской области, где 319 населенных пунктов расположены в районах с сейсмичностью от 7 до 9 баллов по карте ОСР-97-В. Указаний новых норм недостаточно для проектирования зданий и сооружений в 260 городах и поселках этой области, то есть примерно в 80% от их общего числа.

О невозможности выполнить в отдельных пунктах по новым нормам расчет сооружений третьего уровня ответственности спектрально-модальным методом

Пусть требуется определить сейсмическую нагрузку для объекта третьего уровня ответственности в г. Нерюнгри. По данным общих инженерно-геологических изысканий, участок сложен грунтами категории II по сейсмическим свойствам. Сейсмичность участка по карте ОСР-97-А равна 8 баллов. Для Нерюнгри при строке балльности ($I_A=8$ баллов, $I_B=8$ баллов, $I_C=10$ баллов) в новых нормах коэффициент K_A не регламентирован. Таким образом, расчет объекта по актуализированной редакции норм не может быть выполнен. По той же причине расчет сейсмической нагрузки не удастся выполнить для Биры (8, 8, 10), Малокурильского (10, 10, 10), Омсукчана (7, 7, 9), Усть-Камчатского (10, 10, 10) и многих других населенных пунктов Якутии, Магаданской, Камчатской, Сахалинской областей и других субъектов Российской Федерации.

О сейсмическом риске для объектов, рассчитанных спектрально-модальным методом по актуализированной редакции СНиП II-7-81*

Приведем данные о сейсмическом риске, то есть о вероятности превышения расчетного сейсмического воздействия за интервал времени 50 лет, для сооружений трех уровней ответственности, получаемом при расчете объектов по нормам гл. СНиП II-7-81* и по новым нормам (в последнем случае рассматриваются те населенные пункты, для которых регламентированы коэффициенты А и K_A).

В качестве первого примера рассмотрим г. Иркутск. Строка балльности для этого города ($I_A=8$ баллов, $I_B=9$ баллов, $I_C=9$ баллов). На участках строи-

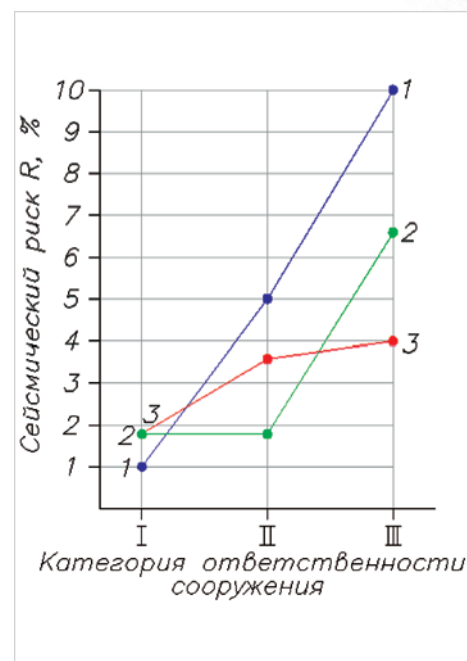


Рис. 1. Графики сейсмического риска для сооружений в Иркутске. Где: 1-1 – предельные значения сейсмического риска, допускаемые нормами; 2-2 – расчетные значения сейсмического риска при проектировании по неактуализированной редакции СНиП II-7-81*; 3-3 – расчетные значения сейсмического риска при проектировании по актуализированной редакции СНиП II-7-81*

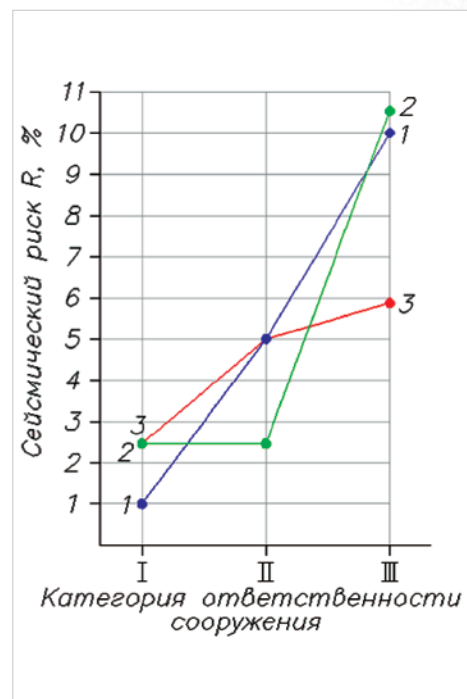


Рис. 2. Графики сейсмического риска для сооружений в Адлере. Где: 1-1 – предельные значения сейсмического риска, допускаемые нормами; 2-2 – расчетные значения сейсмического риска при проектировании по неактуализированной редакции СНиП II-7-81*; 3-3 – расчетные значения сейсмического риска при проектировании по актуализированной редакции СНиП II-7-81*

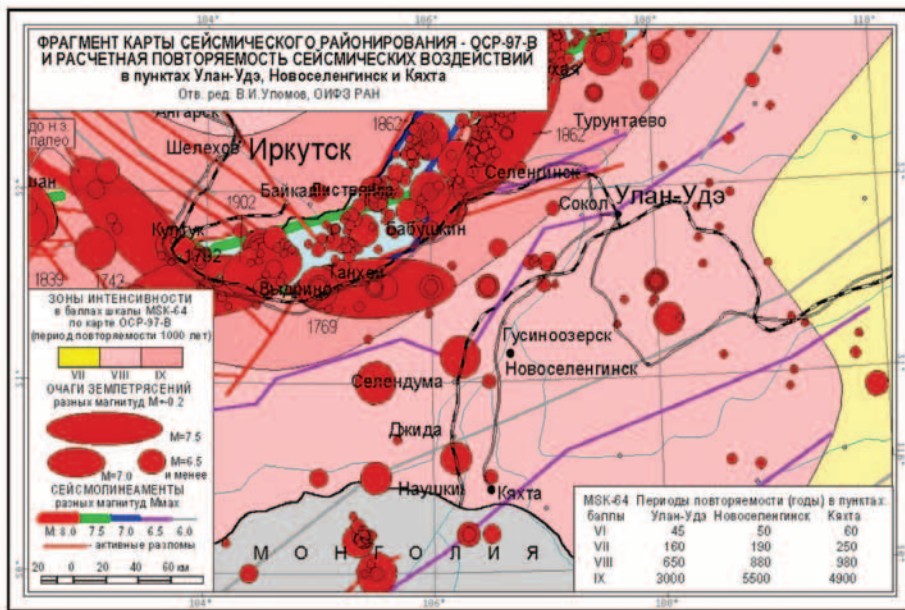


Рис. 3. Сейсмотектонические данные, использованные при уточнении опасности землетрясений в г. Иркутске

тельства сооружений первого и второго уровней ответственности выполнено сейсмическое микрорайонирование. Для сооружения третьего уровня ответственности категория грунтов участка найдена по данным общих инженерно-геологических изысканий. В итоге грунты на всех участках отнесены к категории II по сейсмическим свойствам.

Этим исходным данным, согласно указаниям новых норм, соответствуют поправочные коэффициенты $K_o = 2,0; 1,5; 1,0$ и $K_A = 1,0; 1,0; 1,4$ для объектов первого, второго и третьего уровней ответственности. С учетом коррекции исходного сейсмического ускорения грунта $0,2g$ ($I_A = 8$ баллов) получаем для упомянутых сооружений расчетную силу землетрясения равной 9,0; 8,5 и 8,4 балла. Эти значения балльности за интервал времени 50 лет превышаются с вероятностью 1,8%, 3,5% и 4%. Аналогичные расчеты сейсмического риска могут быть выполнены для сооружений, запроектированных по требованиям СНиП II-7-81*. Результаты расчетов показаны на рис. 1.

Приведем данные о сейсмическом риске в г. Адлер. Строка балльностей для этого города такая же, как в Иркутске ($I_A = 8$ баллов, $I_B = 9$ баллов, $I_C = 9$ баллов). Однако детализированные оценки дают повышенное значение сейсмичности в Адлере по сравнению с Иркутском, а именно: силе толчков 9,0; 8,5 и 8,4

балла соответствуют вероятности превышения за 50 лет, равные 2,4%, 5,0% и 5,8%. Графики рисков показаны на рис. 2.

Как видим, для сооружений всех уровней ответственности в Иркутске и Адлере расчетный риск отличается от предельного риска, допускаемого действующими нормами. При этом для наиболее ответственных объектов риск оказывается больше предельно допустимого значения 1% примерно в два раза, то есть сейсмическая нагрузка занижена. Для объектов категорий II и III риск близок к предельно допустимым значениям или меньше их в 1,5–2 раза. В последнем случае нагрузка получена завышенной, а объем антисейсмических мероприятий избыточен.

Следовательно, для Иркутска и Адлера требования СНиП II-7-81* не позволяют оптимизировать объем антисейсмических мероприятий. Предложенные в новых нормах изменения спектрально-модального метода также не позволяют проектировать сооружения в соответствии с требуемыми значениями сейсмического риска. Поэтому методику актуализированных норм по учету ответственности объектов и сейсмического режима территорий нужно признать неудачной и вернуться к проектированию на основе трех карт ОСР-97 с их уточнением по специальной методике (рис. 3).

Перспективы улучшения норм

1. В настоящее время решение о выборе карты общего сейсмического районирования при проектировании конкретного объекта принимается заказчиком по представлению генерального проектировщика. При этом заказчиком могут быть как государственные организации федерального, регионального и муниципального уровня, так и негосударственные акционерные общества и другие субъекты хозяйственной деятельности. В сложившихся условиях сейсмостойкость объектов и безопасность населения в сейсмоопасных районах в сильной степени зависят от квалификации участников строительного производства, а также от их экономических интересов.

Для обеспечения безопасности населения, что является основной функцией государства, необходимо усилить влияние федеральных органов на процесс обеспечения надежности сооружений в сейсмических районах посредством включения в СНиП указаний о предельном сейсмическом риске, допустимом при проектировании объектов разных категорий ответственности.

На основании мировой практики проектирования, строительства и эксплуатации сооружений применительно к транспортному комплексу можно рекомендовать следующие значения предельно допустимого риска: 10% – для сооружений массового строительства, 5% – для сооружений повышенной ответственности, 2,5% – для объектов особой ответственности, то есть предлагается для объектов особой ответственности увеличить предельно допустимый риск в 2,5 раза. Эти указания должны быть дополнены таблицей распределения объектов транспортного комплекса по классам ответственности, исходя из возможных последствий их отказа при землетрясениях.

2. Показанная на картах ОСР-97-А, ОСР-97-В и ОСР-97-С балльность для многих населенных пунктов одинакова. В результате объекты разной ответственности в одном и том же населенном пункте нередко проектируются с учетом землетрясений одинаковой силы. Например, список населенных пунктов Краснодарского края, прило-

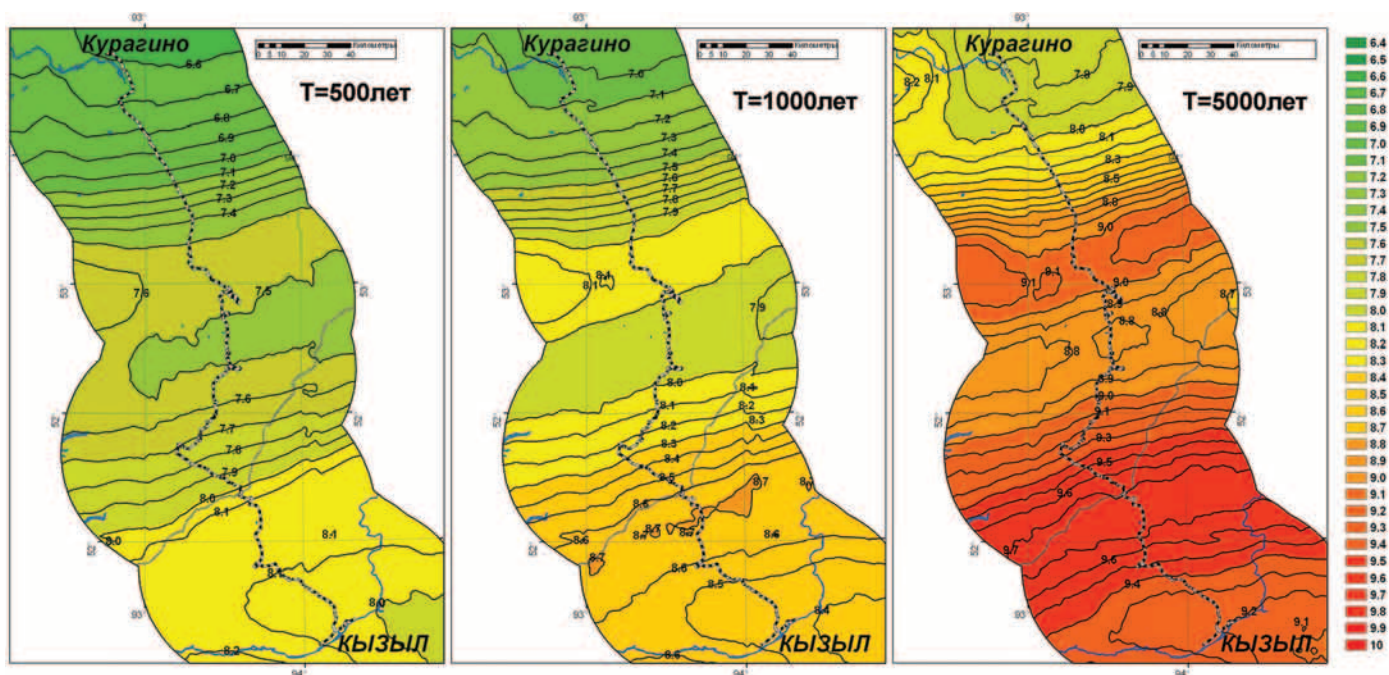


Рис. 4. Детализированная карта сейсмической опасности для района строительства железной дороги Кызыл – Курагино, соответствующая периодам повторения землетрясений 500, 1000 и 5000 лет (автор С.А. Перетокин)

женный к СНиП II-7-81*, включает 75 наименований. Из них только для 6 пунктов (8% от их общего числа) указана различная сейсмическая опасность применительно к сооружениям трех категорий ответственности. В остальных 69 пунктах (92%) сооружения двух (в отдельных пунктах – трех) категорий ответственности проектируются исходя из одинаковой балльности. К этим пунктам, в частности, относятся города Новороссийск, Туапсе и Сочи.

Следовательно, показанная на картах ОСР-97 балльность не позволяет в большинстве населенных пунктов распределять выделяемые на антисейсмические мероприятия ресурсы с учетом возможных социально-экономических последствий землетрясений, повышая сейсмические нагрузки при проектировании сооружений особой ответственности и снижая их при проектировании наименее ответственных сооружений. Несмотря на это, указание на необходимость уточнения исходной сейсмичности в действующих нормах отсутствует.

Для исправления положения необходимо введение поправок к балльности, указанной на картах ОСР-97. В актуализированную редакцию СНиП II-7-81* следует включить указание о необходимости уточнения исходной

сейсмичности с учетом поправки на сейсмический режим, а также основные требования к вычислению этой поправки, или привести в приложении к СНиП значения сейсмичности для населенных пунктов в дробных значениях балла шкалы MSK-64. Рекомендуется также включить в нормы положение об использовании при проектировании новых дорог в сейсмических районах детализированных карт сейсмического районирования с шагом между изолиниями сейсмической опасности в 0,1 балла вместо целого балла (рис.4).

3. Зарубежные нормы существенно отличаются от требований СНиП II-7-81* и их актуализированной редакции в части учета влияния свойств грунта на характер его колебаний при землетрясениях, а именно: в нормах США, Японии и европейских стран применяются количественные критерии для классификации грунтов по сейсмическим свойствам и более гибкая система коррекции исходных параметров колебаний грунта за счет местных инженерно-геологических условий.

С учетом макросейсмических и инструментальных данных о влиянии грунтов, включая мощность толщи покровных отложений, на интенсивность и спектр сейсмического воздействия, рекомендуется внести в

нормы соответствующие исправления и дополнения.

4. Раздел «Транспортные сооружения» актуализированной редакции не отличается от соответствующего раздела СНиП II-7-81*, разработанного более 30 лет назад и не содержащего требований к проектированию многих современных конструкций транспортных сооружений (вантовых мостов, труб под насыпями из гофрированных стальных оболочек и т. п.). В связи с этим предстоит существенно обновить и расширить этот раздел в части применения инновационных конструктивных решений, включая современные конструкции опорных частей, деформационных швов, систем сейсмоизоляции и гашения колебаний.

Учитывая специфику транспортных сооружений, нередко возводимых на пересечении или вблизи активных разломов, на подверженных при землетрясениях оползням и обвалам склонах, на цунамиопасных участках побережий и на участках проявления других вторичных эффектов землетрясений, представляется правильным включить в данный раздел требования планировочного, расчетного и конструктивного характера по учету этих воздействий.

Г.С. Шестоперов,
д-р геол.-минерал. наук, проф.