

Сәулет, қала құрылысы және құрылыс  
саласындағы мемлекеттік нормативтер  
**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ӘДІСТЕМЕЛІК ҚҰЖАТ**

---

Государственные нормативы в области  
архитектуры, градостроительства и строительства  
**МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**ЕУРОКОД 8 ҒЫЛЫМИ-ӘДІСТЕМЕЛІК НЕГІЗДЕРІНЕ САЙ  
КЕЛЕТІН, ҚР АУМАҒЫН СЕЙСМИКАЛЫҚ АЙМАҚТАНДЫРУ  
КАРТАЛАРЫНЫҢ МАЗМҰНЫНА ҚАТЫСТЫ ҰСЫНЫСТАР**

---

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОДЕРЖАНИЮ КАРТЫ  
СЕЙСМИЧЕСКОГО ЗОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН, СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ  
НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИМ ОСНОВАМ ЕВРОКОДА 8**

**Ресми басылым  
Издание официальное**

**Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің  
Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер  
ресурстарын басқару комитеті**

**Комитет по делам строительства, жилищно-коммунального  
хозяйства и управления земельными ресурсами  
Министерства национальной экономики Республики Казахстан**

**Астана 2015**

## АЛҒЫ СӨЗ

- 1 **ӘЗІРЛЕГЕН:** «ҚазҒЗСТҚСИ» РМК
- 2 **ҰСЫНҒАН:** Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитетінің Техникалық реттеу және нормалау басқармасы
- 3
- 4 **ҚАБЫЛДАНҒАН ЖӘНЕ ҚОЛДАНЫСҚА ЕНГІЗІЛГЕН МЕРЗІМІ:** Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитетінің 2014 жылғы 29-желтоқсандағы № 156-НҚ бұйрығымен 2015 жылғы 1-шілдеден бастап

## ПРЕДИСЛОВИЕ

- 1 **РАЗРАБОТАН:** РГП «КазНИИССА»
- 2 **ПРЕДСТАВЛЕН:** Управлением технического регулирования и нормирования Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан
- 3 **ПРИНЯТ И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ:** Приказом Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства Национальной экономики Республики Казахстан от 29.12.2014 № 156-НҚ с 1 июля 2015 года

Осы мемлекеттік нормативті Қазақстан Республикасының сәулет, қала құрылысы және құрылыс істері жөніндегі уәкілетті мемлекеттік органының рұқсатысыз ресми басылым ретінде толық немесе ішінара қайта басуға, көбейтуге және таратуға болмайды

Настоящий государственный норматив не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения уполномоченного государственного органа по делам архитектуры, градостроительства и строительства Республики Казахстан

## СОДЕРЖАНИЕ

### Часть 1.

ВВЕДЕНИЕ.....	IV
1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ЕВРОКОДА 8 К КАРТАМ ОБЩЕГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ЗОНИРОВАНИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ.....	7
2. АНАЛИЗ ПОЛОЖЕНИЙ ЕВРОКОДА 8, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ТРЕБОВАНИЯ К КАРТАМ ОБЩЕГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ЗОНИРОВАНИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ.....	16
2.1. Грунты, к которым следует относить оценки сейсмической опасности на картах общего сейсмического зонирования Республики Казахстан.....	18
2.2. Показатели сейсмической опасности на картах общего сейсмического зонирования.....	35
2.3. О количественных значениях показателей сейсмической опасности на картах сейсмического зонирования.....	45
2.4. Уровни риска возможного превышения расчетных сейсмических воздействий и референтные периоды повторяемости сейсмических воздействий.....	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	72
ЛИТЕРАТУРА.....	73
Часть 2.	
ВВЕДЕНИЕ.....	79
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	80
2. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	81
3. ТРЕБОВАНИЯ К КАРТАМ СЕЙСМИЧЕСКОГО ЗОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН.....	82

ДЛЯ ЗАМЕТОК

---

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОДЕРЖАНИЮ КАРТЫ СЕЙСМИЧЕСКОГО  
ЗОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН,  
СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИМ ОСНОВАМ ЕВРОКОДА 8.  
Часть 1**

**ВВЕДЕНИЕ**

Настоящая работа выполнена на основании договора № 003-3-М/4 от 23.02.2011 г. с Агентством по делам строительства и жилищного хозяйства Республики Казахстан и является составной частью научно-исследовательских работ, выполняемых РГП «КазНИИССА» по республиканской бюджетной программе 003 «Совершенствование нормативно-технических документов в сфере архитектурной, градостроительной и строительной деятельности».

**Основная цель настоящей работы** – обоснование положений, приведенных в «Рекомендациях по составлению карт общего сейсмического зонирования территории Республики Казахстан, соответствующих обязательным положениям Еврокода 8».

В рамках настоящей работы проведен инженерный анализ зарубежного опыта сейсмического зонирования территорий стран Европейского Союза, США, Канады, Австралии, Новой Зеландии, Японии, Российской Федерации и ряда других стран.

По результатам анализа:

- выделены общие черты, присущие большинству современных карт общего сейсмического районирования;
- разработаны «Рекомендации по содержанию карты сейсмического зонирования территории Республики Казахстан, соответствующей научно-методическим основам Еврокода 8».

Обоснование положений, приведенных в «Рекомендациях по содержанию карт ОСЗ территории Республики Казахстан, соответствующей научно-методическим основам Еврокода 8», дано в Пояснительной записке.

**Состояние вопроса**

Районы Республики Казахстан, подверженные землетрясениям интенсивностью 6 и более баллов, занимают около 20 % от общей площади территории страны. В настоящее время в сейсмических районах Казахстана проживает примерно 35% общей численности населения (более 6 миллионов человек). В том числе в районах сейсмичностью 9 баллов проживает 1,8 млн. человек (из них в г. Алматы – 1,4 млн.), 8 баллов – 1,1 млн., 7 баллов – 2,0 млн. и 6 баллов – 1,2 млн.

За последние 125 лет на территории Казахстана произошло довольно много сильных землетрясений: Верненское (9 июня 1887 г., М=7,3), Чиликское (12 июля 1889 г., М=8,3), Кеминское (4 января 1911 г., М=8,2), Джамбульское (10 мая 1971 г., М=5,7), Жаланаш-Тюпское (25 марта 1978 г., М=7,1), Зайсанское (14 июня 1990 г., М=6,9), Байсорунское (12 ноября 1990 г., М=6,5), Шалгинское (22 августа 2001 г., М=5,4), Луговское (23 мая 2003 г., М=5,3), Шалкарское (26.04.2008 г., М=5,0), Текелийское (13 июня 2009 г., М=5,1) и ряд других. Большинство из перечисленных землетрясений сопровождалось большим материальным ущербом и требовало значительных затрат на ликвидацию их последствий.

Несмотря на то, что землетрясения по своим неблагоприятным экономическим, социальным и экологическим последствиям занимают ведущее место среди природных катастроф, численность населения в сейсмически опасных районах Казахстана постоянно

увеличивается. Так, например, только с 1999 года население г. Алматы увеличилось на 27% (на 305 тыс. человек), Талдыкоргана – на 29%, Шымкента – на 40%, Тараза – на 15%.

Постоянный прирост населения в сейсмических районах Казахстана можно объяснить сосредоточением в них крупных культурных и производственных центров, а также благоприятными для проживания природно-климатическими условиями.

Защита населения Казахстана, проживающего в сейсмически опасных районах, относится к одной из приоритетных задач государства. В соответствии с Законом Республики Казахстан "О Гражданской обороне" (от 07.05.1997 N 100-І) в целях защиты населения, территорий и объектов хозяйствования от возможных землетрясений, наряду с другими мероприятиями, заблаговременно должны осуществляться:

- научное прогнозирование землетрясений, оценка сейсмической опасности и сейсмическое микрорайонирование территории Республики;
- разработка строительных норм и правил с учетом сейсмической опасности.

Современная наука не может дать надежный прогноз силы, места и времени землетрясений, но это не означает, что на последствия сейсмических событий нельзя влиять.

Мероприятия, обеспечивающие минимизацию последствий сильных землетрясений, в наиболее сконцентрированном виде содержатся в нормах по проектированию и строительству зданий и сооружений в сейсмических районах. Неотъемлемыми частями этих норм являются карты сейсмического районирования (зонирования), характеризующие сейсмическую опасность территорий, для которых эти карты составлены.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

1. Под сейсмической опасностью здесь и далее понимаются – вероятность проявления сейсмических воздействий определенной силы на заданной площади в течение заданного интервала времени. Сейсмические воздействия выражаются в баллах шкалы сейсмической интенсивности, амплитудах колебаний грунта или иных характеристиках, используемых при проектировании зданий и сооружений.

2. Термины карты «общего сейсмического районирования» и карты «сейсмического зонирования» идентичны по своему смыслу. Первый термин нашел применение в нормах СССР и большинства стран СНГ, второй (Seismic Zoning Maps) – в нормах стран дальнего зарубежья. В настоящей пояснительной записке термин карты(а) «общего сейсмического районирования» (ОСР) будет использоваться, как правило, при описании особенностей карт СНГ, а термин карты(а) «сейсмического зонирования» или «общего сейсмического зонирования» (ОСЗ) – при описании особенностей карт стран дальнего зарубежья.

Наличие карт общего сейсмического районирования позволяет:

- оценивать степень сейсмической опасности разных регионов страны;
- планировать развитие регионов с учетом степени их сейсмической опасности;
- планировать затраты на проведение антисейсмических мероприятий в масштабе страны;
- назначать, с учетом некоторых дополнительных показателей, параметры расчетных моделей сейсмических воздействий на проектируемые или реконструируемые здания и сооружения.

Чем более достоверные оценки сейсмической опасности будут даны на картах общего сейсмического районирования, тем более обоснованные решения могут быть приняты для минимизации ущерба от землетрясений.

В настоящее время действующей картой ОСР территории Республики Казахстан является карта, составленная коллективом авторов Института сейсмологии МОН РК в 2003 году и включенная в СНиП РК 2.03-30-2006 «Строительство в сейсмических районах». На этой карте, по результатам анализа геофизических, геологических, тектонических и сейсмологических данных, выделены основные сейсмогенерирующие зоны, к

которым могут быть приурочены очаги сильных землетрясений, оценен их сейсмический потенциал в единицах магнитуд и рассчитаны области возможных сотрясений с разной степенью сейсмической интенсивности в целочисленных баллах по шкале MSK-64 /1/.

Показатели сейсмической опасности, приведенные на действующей карте ОСР, отнесены к средним грунтовым условиям по сейсмическим свойствам (категория II по СНиП РК 2.03-30-2006) и позволяют определять фоновую сейсмичность района.

Действующая карта общего сейсмического районирования территории Республики Казахстан, разработанная почти 10 лет назад, по существу, имеет детерминистскую основу. В этой карте, как и в ранее действовавшей карте ОСР территории СССР, присутствуют вероятностные показатели, характеризующие периоды средней повторяемости землетрясений (5, 0,5 и 0,05 раз в 500 лет), но это не меняет ее детерминистской сущности.

ПРИМЕЧАНИЕ При детерминистском анализе сейсмической опасности (ДАСО) неопределенности обычно не рассматриваются, а лишь рассчитывается экстремальный сейсмический эффект на конкретной площадке от самых близких к ней очагов землетрясений фиксированных магнитуд.

При составлении действующей карты ОСР территории РК ее авторы базировались на данных и методиках, имевшихся в их распоряжении к 2003 году. Сейсмические события последних лет показали, что, несмотря на довольно длительный период инструментальных наблюдений и многочисленные исследования, предшествовавшие составлению карты ОСРРК-2003, существовавшие ранее представления о сейсмической опасности некоторых регионов Казахстана, в том числе считавшихся асейсмичными, нуждаются в уточнении /2, 16, 17/.

В работе В.И. Уломова /3/, ведущего специалиста РФ в области сейсмического районирования и прогноза сейсмической опасности, отмечается: «...Сейсмическое районирование – одна из наиболее сложных и чрезвычайно ответственных проблем современной сейсмологии. О социальной, экономической и экологической её значимости говорить не приходится. Научная же сложность этой проблемы состоит, прежде всего, в том, что она принадлежит к категории прогнозов, базирующихся на неполной информации, скудном и не всегда удачном опыте и на недостаточно четких методологических позициях».

Одну из основных причин недостаточной надежности карт общего сейсмического районирования, принятых в СССР и в большинстве стран СНГ, многие отечественные и зарубежные специалисты усматривают в детерминистском подходе к их составлению.

По современным представлениям /12/: «...Условия неопределенностей, которые в природе всегда существуют, делают неправомочным детерминистский подход к сейсмическому районированию. Оно может быть осуществлено лишь на вероятностной основе. Иными словами, риск всегда будет иметь место, но он должен быть оценен и сведен к минимуму».

ПРИМЕЧАНИЕ Вероятностный анализ сейсмической опасности (ВАСО) сочетает в себе альтернативные модели сейсмических очагов, периоды повторяемости землетрясений, зависимости затухания сейсмического эффекта с расстоянием, а также целый ряд неопределенностей, обусловленных как нечетким знанием тех или иных параметров, так и случайным характером возникновения самих сейсмических событий.

Абсолютное большинство развитых стран, территории которых подвержены землетрясениям, в настоящее время имеют нормы сейсмостойкого строительства, ориентированные на карты общего сейсмического зонирования, составленные на вероятностной основе.

Из стран СНГ только Российская федерация, Армения, Украина и Молдова обладают в настоящее время картами ОСР (ОСЗ), имеющими вероятностную основу. Все остальные страны СНГ пользуются картами общего сейсмического районирования, имеющими детерминистскую основу.

### **Основополагающее требование к новым картам ОСЗ территории РК**

Согласно технической спецификации к теме «Разработать рекомендации по содержанию карты сейсмического зонирования территории Республики Казахстан, соответствующей научно-методическим основам Еврокода 8» и общей направленности работ по совершенствованию нормативно-технических документов Казахстана в сфере архитектурной, градостроительной и строительной деятельности, новые карты ОСЗ территории РК должны в максимально возможной степени соответствовать нормам сейсмостойкого строительства, принятым в странах Европейского Союза.

Одна из основных целей гармонизации норм Республики Казахстан с нормами Европейского Союза – обеспечение надежности, в т.ч. сейсмостойкости объектов строительства.

В отношении сейсмической опасности территорий стран Евросоюза коротко отметим следующее. В Европе расположено много стран, территории которых подвержены сильным землетрясениям: Турция, Греция, Португалия, Испания, Италия, Болгария, Румыния, Сербия, Хорватия, Македония, Словения. Территории таких стран как Бельгия, Франция, Германия и Кипр рассматриваются европейскими экспертами как территории со средней сейсмической опасностью. К странам с низкой сейсмической опасностью относятся Чехия, Эстония, Венгрия, Литва, Польша, Словакия и некоторые другие. Для ряда стран, например, Латвии, землетрясения не отнесены к приоритетным опасностям.

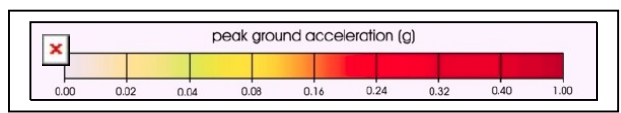
Общее представление о степени сейсмической опасности территории Европы можно получить из рис. 1.

Правила проектирования и строительства зданий и сооружений в сейсмических районах стран Европейского Союза содержатся в Еврокоде 8 «Проектирование сейсмостойких конструкций». В этом же документе оговорены основные принципы нормирования сейсмической опасности национальных территорий.

В соответствии с положениями Еврокода 8 при составлении карт сейсмического зонирования национальных территорий и назначении уровней их сейсмической опасности должны соблюдаться определенные условия. Некоторые из этих условий могут быть регламентированы в Национальных Приложениях к Еврокоду 8, но его принципиальные научно-методические основы изменениям не подлежат.

Основополагающим требованием Еврокода 8 к картам общего сейсмического зонирования является требование, согласно которому карты ОСЗ должны быть составлены в терминах вероятности превышения сейсмической опасности в заданные интервалы времени. Из этого требования следует, что *гармонизация норм сейсмостойкого строительства Республики Казахстан с Еврокодом 8 должна сопровождаться обязательным переходом от ныне действующих карт общего сейсмического районирования, имеющих детерминистскую основу, к новым картам, составленным в терминах вероятности превышения сейсмической опасности в заданные интервалы времени.*

Как будет показано далее, все обязательные и многие рекомендуемые положения по составлению карт сейсмического зонирования, приведенные в Еврокоде 8, соблюдаются абсолютным большинством стран Евросоюза. Это не исключает нестыковок в оценках сейсмической опасности территорий на границах между разными странами, но позволяет устранить их в обозримом будущем.



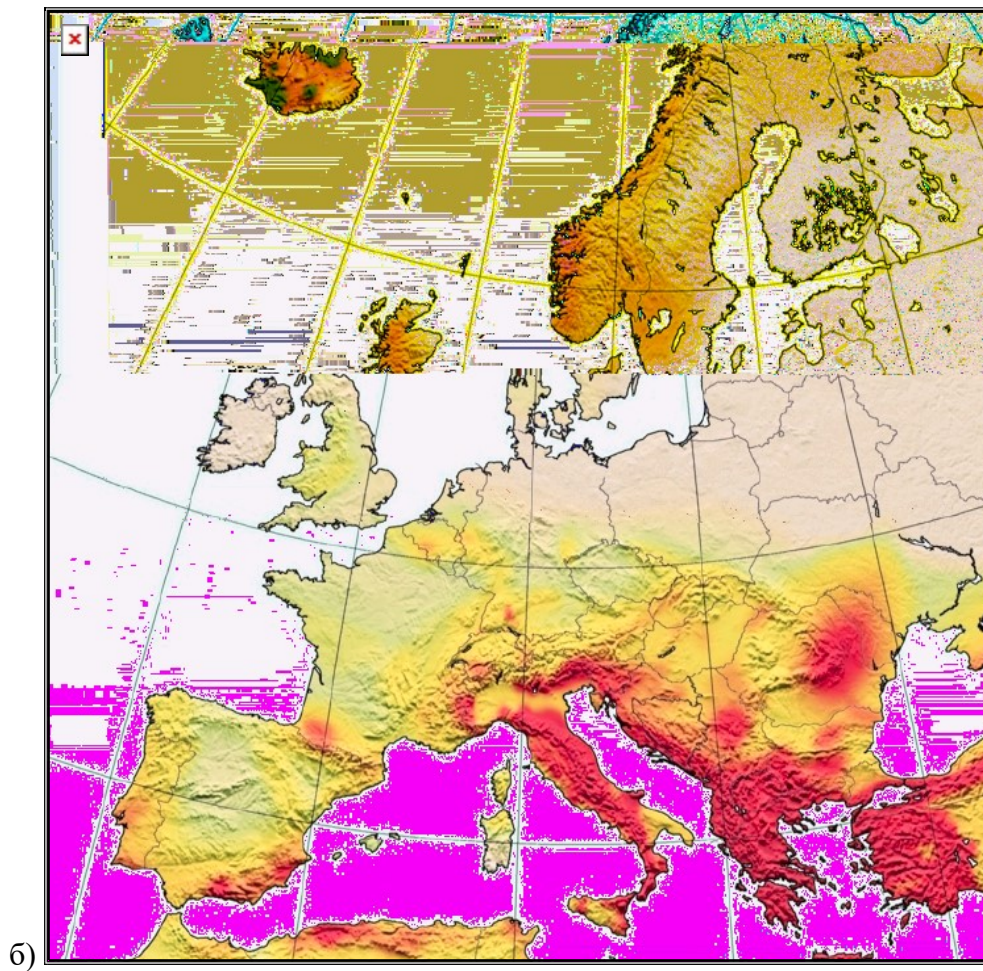


Рис. 1. Карты сейсмической опасности территорий Европы в описательных терминах (а) и в пиковых ускорениях, вероятность превышения которых составляет 10% за 50 лет

В отношении ряда других положений Еврокода 8, относящихся к нормированию сейсмических нагрузок на проектируемые объекты, ситуация существенно иная. Большинство Европейских стран, территории которых подвержены сильным землетрясениям (например, Италия, Испания, Португалия), не принимают в своих нормах или национальных приложениях к Еврокоду 8 многие параметры, предложенные в этом документе /4/.

В полном объеме рекомендации Еврокода 8, как правило, соблюдают страны, территории которых характеризуются средней или низкой сейсмической опасностью или страны, не уделявшие ранее особого внимания проблемам сейсмостойкого строительства.

К настоящему времени странам Евросоюза не удалось достичь полной гармонизации своих норм сейсмостойкого строительства. Кардинальные различия между расчетными положениями национальных норм разных европейских стран противоречат философии Европейского экономического сообщества, но на сегодняшний день не устранены.

Составление принципиально новых по своим научно-методическим основам карт ОСЗ территории Республики Казахстан, предпочтительно осуществлять в условиях тесного сотрудничества специалистов в области сейсмологии и сейсмического районирования со специалистами в области сейсмостойкого строительства.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Под сотрудничеством в данном случае понимается участие специалистов по сейсмостойкому строительству (потребителей карт) в обсуждении содержания новых карт ОСЗ и порядка их применения на практике.

Необходимость такого сотрудничества обусловлена также тем обстоятельством, что карты ОСЗ территории РК должны быть гармонизированы не только с картами стран Европейского экономического сообщества, но и с картами сейсмического районирования (зонирования) стран СНГ, входящих в зоны ЕврАзЭС и Таможенного союза. В противном случае устранение одних проблем в нормативной базе Республики Казахстан вызовет появление других.

## **1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ЕВРОКОДА 8 К КАРТАМ ОБЩЕГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ЗОНИРОВАНИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

Основные требования Еврокода 8 к картам общего сейсмического зонирования национальных территорий изложены в EN 1998-1:2004 «Общие правила, сейсмические воздействия и правила для зданий» и в EN 1998-3:2005 «Оценка и модернизация зданий».

Ниже приведены:

- положения Еврокода 8, которые следует учитывать при составлении карт общего сейсмического зонирования национальных территорий;
- комментарии и пояснения к положениям Еврокода 8, регламентирующим принципы составления карт общего сейсмического зонирования национальных территорий.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Положения, заимствованные из Еврокода 8 без изменений и дополнений, здесь и далее выделены в тексте рамками. 2. Наиболее важные фрагменты заимствованных положений выделены голубым фоном.

Область и основная цель применения Еврокода 8 оговорены в пункте 1.1.1 EN 1998-1:2004 «Общие правила, сейсмические воздействия и правила для зданий».

## EN 1998-1 «Общие правила, сейсмические воздействия и правила для зданий»

### 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

#### 1.1 Область применения

##### 1.1.1 Область применения EN 1998

(1)Р EN 1998 применяется при проектировании и строительстве зданий и инженерных сооружений в сейсмических регионах. Данный документ устанавливает правила проектирования и строительства, целью которых является обеспечение в случае землетрясения:

- защиты жизни людей;
- ограничения ущерба;
- сохранения эксплуатационной пригодности структур, важных для гражданской защиты.

Примечание. Случайный характер сейсмических событий и ограниченные возможности противостояния их последствиям делают достижение вышеуказанной цели возможным лишь частично и измеримым лишь в вероятностном смысле. Степень защиты, которая может быть обеспечена для различных категорий зданий, является измеримой только в вероятностном смысле и зависит от оптимального распределения ресурсов и поэтому, как следствие, оказывается различной для разных стран в зависимости от относительной значимости сейсмических рисков, относительно рисков другой природы, а также от экономических ресурсов в целом.

(2)Р Положения EN 1998 не распространяется на специальные сооружения типа атомных электростанций, морских платформ, крупных дамб.

Для достижения цели, указанной в пункте 1.1.1(1)Р EN 1998-1:2004, в Еврокоде 8 предлагается два подхода, несколько различающихся по своим концептуальным основам.

В соответствии с первым подходом, изложенным в пункте 2.1 EN 1998-1:2004, объекты, возводимые в сейсмических районах и не относящиеся к особо ответственным (см. пункт 1.1.1(2)Р EN 1998-1:2004), должны отвечать *двум фундаментальным требованиям*, ограничивающим допустимые повреждения строений после землетрясений.

## EN 1998-1 «Общие правила, сейсмические воздействия и правила для зданий»

### 2.1 Основные требования

(1)Р Конструктивные системы в сейсмических регионах должны быть запроектированы и построены таким образом, чтобы все ниже перечисленные требования были выполнены с адекватной степенью надежности.

#### - **Требование отсутствия коллапса (обрушения, обвала).**

Конструктивная система должна быть запроектирована и построена таким образом, чтобы противостоять проектным сейсмическим воздействиям, определенным в разделе 3, без локального или глобального разрушения, сохраняя свою конструктивную целостность и остаточную несущую способность после сейсмических событий. Проектное сейсмическое воздействие определяется в зависимости от: а) референтного сейсмического воздействия, связанного с референтной вероятностью превышения  $P_{NCR}$  за 50 лет или с референтным периодом повторяемости  $T_{NCR}$  и б) коэффициента ответственности  $\gamma_1$  (см. EN 1990:2002, а также (2)Р и (3)Р данного пункта), принимаемого с учётом дифференциации надежности.

Примечание 1. Величины  $P_{NCR}$  или  $T_{NCR}$ , назначаемые для применения в стране, могут быть найдены в Национальных приложениях к этому документу. Рекомендованные значения:  $P_{NCR} = 10\%$  и  $T_{NCR} = 475$  лет.

Примечание 2 – Значение вероятности превышения,  $P_R$ , конкретного уровня сейсмического воздействия за  $T_L$  лет связано со средним периодом повторяемости,  $T_R$ , сейсмического воздействия этого уровня выражением  $T_R = -T_L/\ln(1 - P_R)$ . Таким образом, для заданного  $T_L$  сейсмическое воздействие можно эквивалентным образом выразить через средний период повторяемости  $T_R$  либо через вероятность его превышения  $P_R$  за  $T_L$  лет.

**- Требование ограничения ущерба.**

Конструктивная система должна быть запроектирована и построена таким образом, чтобы противостоять сейсмическому воздействию, имеющему большую вероятность возникновения, чем проектное сейсмическое воздействие, без появления повреждений и связанных с ними эксплуатационных ограничений, устранение которых сопряжено с затратами, непропорционально высокими по сравнению со стоимостью сооружения. Сейсмическое воздействие, принятое во внимание для «требования ограничения ущерба», имеет вероятность превышения,  $P_{DLR}$ , за 10 лет и период повторяемости  $T_{DLR}$ . При отсутствии более точной информации для проверки требования по ограничению ущерба может быть применен показатель уменьшения проектного сейсмического воздействия, принятый в соответствии с 4.4.3.2(2).

Примечание 3. Величины  $P_{DLR}$  или  $T_{DLR}$ , назначаемые для применения в стране, могут быть найдены в Национальных приложениях к этому документу. Рекомендованные значения:  $P_{DLR} = 10\%$  и  $T_{DLR} = 95$  лет.

**ПРИМЕЧАНИЕ**

1. Референтный или референсный (лат. «referre» – сообщать, «referens» – сообщающий) – эталонный, опорный.

2. NCR (No-collapse requirement) – требование отсутствия коллапса.

3. DLP (Damage limitation requirement) – требование ограничения ущерба.

4.  $T_{NCR}$  – референтный (эталонный) период повторяемости землетрясений, выбранный Национальными Регулирующими Органами для определения расчетного (проектного) сейсмического воздействия при проверке соблюдения фундаментального требования о неразрушаемости сооружения.

5.  $T_{DLR}$  – период повторяемости землетрясений, выбранный Национальными Регулирующими Органами для определения расчетного сейсмического воздействия при проверке соблюдения требования об ограничении ущерба.

6.  $P_{NCR}$  – референтная (эталонная) вероятность превышения интенсивности землетрясений за 50 лет, выбранная Регулирующими Органами для определения расчетного (проектного) сейсмического воздействия при проверке соблюдения фундаментального требования о неразрушаемости сооружения.

7.  $P_{DLR}$  – вероятность превышения интенсивности землетрясений за 50 лет, выбранная Регулирующими Органами для определения расчетного сейсмического воздействия при проверке соблюдения требования об ограничении ущерба.

*Первое требование* пункта 2.1 EN 1998-1:2004 регламентирует допустимую степень повреждений объектов при так называемых «проектных сейсмических воздействиях», соответствующих рекомендуемому периоду повторяемости 475 лет. Исходя из первого требования, состояние зданий и сооружений после «проектного сейсмического воздействия», не должно ассоциироваться с повреждениями или разрушениями, представляющими угрозу для жизни и безопасности людей.

*Второе требование* пункта 2.1 EN 1998-1:2004 регламентирует допустимую степень повреждений зданий и сооружений при землетрясениях, рекомендуемый период повторяемости которых составляет 95 лет. Исходя из второго требования, здания и сооружения, перенесшие землетрясения с периодом повторяемости 95 лет не должны иметь повреждения, устранение которых и восстановление эксплуатационной пригодности строений потребует больших материальных затрат.

Согласно положениям EN 1998-1:2004 карты общего сейсмического зонирования в общем случае должны характеризовать сейсмическую опасность национальных территорий для двух уровней вероятности возможного превышения сейсмического эффекта:

- 10% за 50-летний интервал времени, что соответствует периоду повторяемости землетрясений 475 лет (точнее 474,6 лет);
- 10% за 10-летний интервал времени, что соответствует периоду повторяемости землетрясений 95 лет (точнее 94,9 лет) или, что эквивалентно, 40% за 50-летний интервал.

При отсутствии карт, характеризующих сейсмическую опасность национальных территорий для уровня риска возможного превышения 10% за 10 лет («...при отсутствии более точной информации для проверки требования по ограничению ущерба...»), может быть применен показатель уменьшения проектного сейсмического воздействия, принимаемый в соответствии с пунктом 4.4.3.2(2) EN 1998-1:2004.

В качестве показателя уменьшения проектного сейсмического воздействия в п. 4.4.3.2(2) EN 1998-1:2004 приведен понижающий коэффициент  $\nu$ , который учитывает нижний период повторяемости сейсмического воздействия, связанного с требованием ограничения ущерба.

#### **EN 1998-1 «Общие правила, сейсмические воздействия и правила для зданий»**

##### **4 Проектирование зданий**

##### **4.4 Проверки безопасности**

##### **4.4.3.2 Ограничение межэтажного сдвига**

4.4.3.2(2) Примечание. Значения, предписанные для  $\nu$  в конкретной стране, могут быть найдены в ее Национальном Приложении. Разные значения  $\nu$  могут быть установлены для разных сейсмических зон страны в зависимости от условий сейсмической опасности и от защиты достояния. Рекомендованные значения  $\nu$ : 0,4 – для классов важности III и IV и 0,5 для классов важности I и II.

В соответствии со вторым подходом, изложенным в пункте 2.1(1)P EN 1998-3:2005 «Оценка и модернизация зданий», антисейсмическая защита объектов, возводимых в сейсмических районах, должна отвечать *трем фундаментальным требованиям*, регламентирующим допустимые повреждения строений после землетрясений разной интенсивности.

#### **EN 1998-3 Оценка и модернизация зданий**

##### **2 Эксплуатационные требования и критерии соответствия**

##### **2.1 Фундаментальные требования**

(1)P Фундаментальные требования относятся к состояниям повреждений строений, определяемым в дальнейшем через три предельных состояния (LS), а именно: вблизи разрушения (NC), существенное повреждение (SD) и ограниченное повреждение (DL). Эти предельные состояния характеризуются следующим образом.

Предельное состояние вблизи разрушения (NC). Строение сильно повреждено и имеет большие необратимые деформации. Большинство несущих элементов разрушено. Строение находится в состоянии, близком к обрушению, имеет малую остаточную горизонтальную жесткость и прочность, неспособно выдержать еще одно землетрясение даже умеренной интенсивности. Наряду с этим вертикальные несущие элементы строения способны воспринимать вертикальные статические нагрузки.

Предельное состояние существенного повреждения (SD). Строение существенно повреждено и имеет умеренные остаточные деформации. Несущие элементы получили повреждения, но перегородки и элементы заполнения не смещены из плоскости. Строение

имеет некоторую остаточную горизонтальную жесткость и прочность, а вертикальные несущие элементы строения способны воспринимать вертикальные статические нагрузки. Строение способно выдержать повторные сейсмические воздействия умеренной интенсивности. *Ремонт строения, вероятно, будет неоправданным с экономической точки зрения.*

Предельное состояние ограниченного повреждения (DL). Строение имеет небольшие повреждения, его несущие конструкции избежали значимых пластических деформаций и сохранили свою прочность и жесткость. Необратимая остаточная деформация строения пренебрежительно мала. Несущие элементы сооружения, такие как перегородки и элементы заполнения имеют повреждения в виде трещин, устранение которых экономически оправдано. Строение не нуждается в мероприятиях по восстановлению (усилению) несущей способности.

В примечании к пункту 2.1(1)P EN 1998-3:2005 отмечается, что описание предельного состояния строения при коллапсе, приведенное в этой части Еврокода 8, более объективно, чем описание, представленное в EN 1998-1:2004, и позволяет в полной мере учитывать деформационную способность конструкций строения. Предельное состояние, характеризуемое в EN 1998-1:2004 как «отсутствие разрушения», в грубом приближении можно считать эквивалентным требованию, определенному в EN 1998-3:2005 как «предельное состояние существенного повреждения».

**ПРИМЕЧАНИЕ** Положение пункта 2.1(1)P EN 1998-3:2005, декларирующее, что строения, имеющие антисейсмическую защиту, соответствующую фундаментальным требованиям EN 1998-1:2004 и EN 1998-3:2005, после однократного землетрясения с периодом повторяемости 475 лет, предположительно, будут подлежать сносу, представляется весьма дискуссионным, но не является предметом детального обсуждения в данной работе.

Уровни расчетных сейсмических воздействий, которые следует учитывать при проверке каждого из трех предельных состояний (NC, SD и DL), оговорены в пункте 2.1 (3)P 1998-3:2005.

## **EN 1998-3 Оценка и модернизация зданий**

### **2 Эксплуатационные требования и критерии соответствия**

#### **2.1 Фундаментальные требования**

(3)P Соответствующие уровни защиты достигаются путем выбора для каждого предельного состояния своего периода повторения сейсмического воздействия.

**Примечание.** Периоды повторения, приписываемые различным проверяемым предельным состояниям можно найти в национальном приложении. Защита, в нормальном случае признаваемая надлежащей для обычных новых зданий, считается достигнутой путем выбора следующих значений для периодов повторения:

- предельное состояние вблизи разрушения (NC): 2475 лет, что соответствует вероятности превышения в 2% в течение 50 лет;
- предельное состояние существенного повреждения (SD): 475 лет, что соответствует вероятности превышения в 10% в течение 50 лет;
- предельное состояние ограничения ущерба (DL): 225 лет, что соответствует вероятности превышения в 20% в течение 50 лет.

Решение о том, следует ли при оценке сейсмостойкости зданий и сооружений проверять все три предельных состояния, два из них или только одно, должно быть принято Национальным Регулирующим Органом (пункт 2.1(2)P EN 1998-3:2005) и найти отражение в Национальном Приложении.

Если Национальным Приложением предусмотрена необходимость проверки только одного предельного состояния – карта общего сейсмического зонирования может быть составлена только для одного уровня риска возможного превышения сейсмического эффекта, например, соответствующего землетрясениям с рекомендованной повторяемостью 475 лет.

Если Национальным Приложением предусмотрена необходимость проверки всех трех предельных состояний, то карты общего сейсмического зонирования согласно рекомендациям EN 1998-3 в общем случае должны характеризовать сейсмическую опасность национальных территорий для трех уровней риска возможного превышения сейсмического эффекта:

- 20% в течение 50-летнего интервала, что соответствует периоду повторяемости землетрясений 225 лет;
- 10% в течение 50-летнего интервала, что соответствует периоду повторяемости землетрясений 475 лет;
- 2% в течение 50-летнего интервала, что соответствует периоду повторяемости землетрясений 2475 лет;

В EN 1998-3:2005 не обнаружены прямые указания о том, каким образом следует поступать при отсутствии карт ОСР для периодов повторяемости землетрясений 225 и 2475 лет. Единственное указание на эту тему содержится в пункте 4.2(1)Р EN 1998-3:2005.

## **EN 1998-3 Оценка и модернизация зданий**

### **4 Оценка**

#### **4.2 Сейсмическое воздействие и комбинация сейсмических нагрузок**

(1)Р Основными моделями для определения сейсмического движения являются те, которые представлены в стандарте EN 1998-1:2004, 3.2.2 и 3.2.3.

Если исходить из указанных пунктов EN 1998-1:2004, а также из пункта 2.1(4) EN 1998-1:2004 и примечания к этому пункту, то примерные расчетные значения пиковых ускорений колебаний грунта  $a_g$ , соответствующие периодам повторяемости 225 и 2475 лет, можно определить следующим образом:

$$a_g = \gamma_I \cdot a_{gR}, \text{ где } \gamma_I \sim (T_{LR}/T_L)^{-1/k} \text{ и } k \approx 3$$

Более подробные сведения о коэффициенте  $\gamma_I$  приведены в разделе 2.4.

Указания о необходимости разделения национальных территорий по степени их сейсмической опасности на сейсмические зоны даны в пункте 3.2.1 EN 1998-1:2004. В этом же пункте рекомендованы параметр, с помощью которого следует описывать опасность сейсмических зон, и тип грунтовых условий, которым должны соответствовать количественные значения этого параметра.

## EN 1998-1 «Общие правила, сейсмические воздействия и правила для зданий»

### 3.2.1 Сейсмические зоны

(1)P Для достижения целей EN 1998 национальные территории должны подразделяться Национальными Регулирующими Органами на сейсмические зоны в зависимости от региональной опасности. Опасность внутри каждой сейсмической зоны по определению принимается постоянной.

(2) Для большинства случаев применения EN 1998 сейсмическая опасность описывается единственным параметром – величиной референтного пикового ускорения  $a_{gR}$  грунта типа грунта А. Дополнительные параметры требуются для определённых типов конструкций, приведенных в соответствующих частях EN 1998.

Примечание. Референтное пиковое ускорение  $a_{gR}$  грунта типа А, для использования в стране или районах страны может приниматься по картам зонирования, приведенным в Национальном Приложении.

(3) Референтное пиковое ускорение грунта, выбранное Национальными Регулирующими Органами для каждой сейсмической зоны, соответствует референтному периоду повторяемости  $T_{NCR}$  сейсмического воздействия из условий неразрушаемости сооружения (или эквивалентной референтной вероятности превышения уровня землетрясения за 50 лет,  $P_{NCR}$ ), выбранным Национальным Органом Регулирования (см. 2.1(1)P).

Коэффициент ответственности  $\gamma_I$  равный 1,0 устанавливается для выбранного референтного периода повторяемости. Для периодов повторяемости, отличных от референтного (см. классы важности в 2.1(3)P и 2.1(4)), расчетное ускорение  $a_g$  грунта типа А равняется  $a_{gR}$ , умноженному на коэффициент ответственности  $\gamma_I$  ( $a_g = \gamma_I a_{gR}$ ). (См. Примечание к 2.1(4)).

(4) В случаях низкой сейсмичности можно использовать сокращенные или упрощенные процедуры сейсмического проектирования для определенных типов или категорий конструкций.

Примечание. Выбор категорий конструкций, типов грунта и сейсмических зон в конкретной стране, к которым применяются положения низкой сейсмичности, можно найти в соответствующем национальном приложении. В качестве случаев низкой сейсмичности рекомендуется рассматривать случаи, при которых расчетное ускорение для грунта типа А,  $a_g$ , составляет не более 0,08 g (0,78 м/с<sup>2</sup>), либо случаи, когда произведение  $a_g \cdot S$  не более 0,1 g (0,98 м/с<sup>2</sup>). Выбор значения величины  $a_g$  или произведения  $a_g \cdot S$ , используемого в конкретной стране для определения порога для случаев низкой сейсмичности, приведен в национальном приложении.

(5)P В случаях очень низкой сейсмичности соблюдать положения EN 1998 не требуется.

Примечание. Выбор категорий конструкций, типов грунта и сейсмических районов в конкретной стране, для которых не требуется соблюдать положения технического кодекса EN 1998 (случаи очень низкой сейсмичности), можно найти в соответствующем национальном приложении. В качестве случаев очень низкой сейсмичности рекомендуется рассматривать случаи, при которых расчетное ускорение для грунта типа А,  $a_g$ , составляет не более 0,04 g (0,39 м/с<sup>2</sup>), либо случаи, когда произведение  $a_g \cdot S$  не более 0,05 g (0,49 м/с<sup>2</sup>). Выбор значения величины  $a_g$  или произведения  $a_g \cdot S$ , используемого в конкретной стране для определения порога для случаев очень низкой сейсмичности, можно найти в соответствующем национальном приложении.

Из пункта 3.2.1 EN 1988-1:2004 следует, что при составлении карт общего сейсмического зонирования:

- сейсмическую опасность внутри каждой сейсмической зоны следует принимать постоянной;
- для большинства случаев применения EN 1998 сейсмическую опасность каждой сейсмической зоны следует оценивать для грунтов типа А;
- для большинства случаев применения EN 1998 сейсмическую опасность следует описывать единственным параметром – величиной референтного пикового ускорения  $a_{gR}$ ;
- величины референтного пикового ускорения  $a_{gR}$  следует назначать для объектов нормальной ответственности при значении коэффициента ответственности  $\gamma_I=1,0$ .

Характеристики грунта типа А приведены в табл. 3.1 EN 1988-1:2004.

**Таблица 3.1: Типы грунта**

Тип грунта	Описание стратиграфического профиля	Параметры		
		$v_{s,30}$ (м/с)	$N_{SPT}$ (ударов/30см)	$C_u$ (кПа)
А	Скальные и другие скально-подобные геологические формации, включающие не более 5 м ослабленных материалов на поверхности.	>800	-	-

Следует отметить, что скорости распространения поперечных волн  $V_{S30}$  в поверхностной 30-метровой толще грунтов приняты в Еврокоде 8 и в нормах большинства стран мира в качестве универсального показателя сейсмических свойства поверхностных геологических формаций. Объясняется это тем, что скорости распространения поперечных волн в грунтах зависят от упругих качеств и плотности пород и связаны с модулем сдвига грунта  $G$  следующей зависимостью:

$$G = \rho V_s^2,$$

где  $\rho$  – удельная плотность грунта;

$V_s$  – скорость распространения поперечной волны в грунте.

Параметры входных сейсмических воздействий на здания и сооружения описываются в EN 1988-1:2004 двумя типами спектров реакции. Если землетрясения, представляющие наибольшую опасность для строительной площадки, имеют магнитуду  $M_s$  более 5,5, то расчетные сейсмические воздействия следует определять с помощью спектров типа 1 (пункт 3.2.2.2(2)Р EN 1988-1:2004). В ином случае следует применять спектры типа 2. Общий вид спектра реакции по Еврокоду 8 показан на рис. 2. Параметры, описывающие спектры типа 1 и типа 2 приведены в табл. 3.2 и 3.3 EN 1988-1:2004.

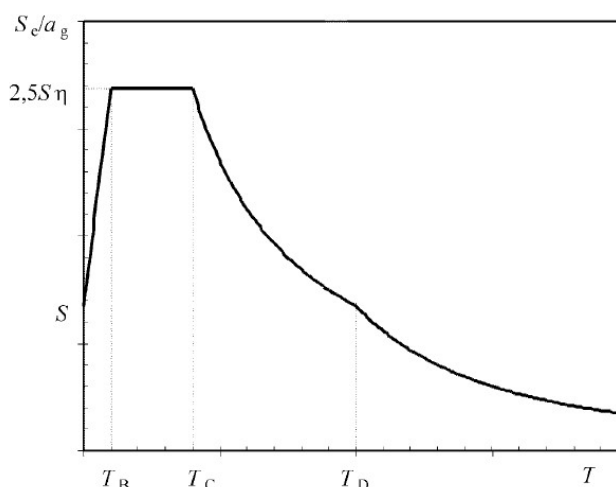


Рис. 2. Общий вид спектра реакции по Еврокоду 8

**Таблица 3.2: Значения параметров, описывающих рекомендованный Тип 1 спектра упругой реакции**

Тип грунта	S	T <sub>B</sub> (s)	T <sub>C</sub> (s)	T <sub>D</sub> (s)
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0

**Таблица 3.3: Значения параметров, описывающих рекомендованный Тип 2 спектра упругой реакции**

Тип грунта	S	T <sub>B</sub> (s)	T <sub>C</sub> (s)	T <sub>D</sub> (s)
A	1,0	0,05	0,25	1,2
B	1,35	0,05	0,25	1,2
C	1,5	0,10	0,25	1,2
D	1,8	0,10	0,30	1,2
E	1,6	0,05	0,25	1,2

Учитывая, что сейсмические воздействия, соответствующие землетрясениям с большими и малыми магнитудами, существенно разнятся по интенсивности и спектральному составу, карты общего сейсмического зонирования, при необходимости, должны учитывать эту особенность.

Обобщая результаты анализа положений Еврокода 8, касающихся научно-методических основ составления карт общего сейсмического зонирования национальных территорий, отметим следующее.

**Согласно обязательным и рекомендуемым положениям Еврокода 8:**

- методология создания карт общего сейсмического зонирования должна базироваться на вероятностном подходе к оценке сейсмической опасности;
- на картах общего сейсмического зонирования национальная территория должна быть разделена на зоны;
- сейсмическая опасность внутри каждой сейсмической зоны должна приниматься постоянной;
- для большинства случаев применения EN 1998 сейсмическая опасность каждой сейсмической зоны должна относиться к грунтам типа А;
- для большинства случаев применения EN 1998 сейсмическая опасность описывается единственным параметром – величиной референтного пикового ускорения  $a_{gR}$ ;
- референтное пиковое ускорение грунта, выбранное Национальными Регулирующими Органами для каждой сейсмической зоны, должно соответствовать референтному периоду повторяемости  $T_{NCR}$  сейсмического

воздействия из условия неразрушаемости сооружения (или эквивалентной референтной вероятности превышения уровня землетрясения за 50 лет,  $P_{NCR}$ ), выбранным Национальным Органом Регулирования;

- количество карт общего сейсмического зонирования, характеризующих сейсмическую опасность национальных территорий для разных уровней риска возможного превышения сейсмического эффекта, регламентируется Национальным Органом Регулирования и зависит от количества предельных состояний, подлежащих проверке при оценке сейсмостойкости зданий и сооружений;
- в общем случае карты общего сейсмического зонирования должны характеризовать следующие уровни риска возможного превышения сейсмического эффекта:
  - 40% в течение 50-летнего интервала, что соответствует периоду повторяемости землетрясений 95 лет или, что тоже самое – 2% за 10 лет;
  - 20% в течение 50-летнего интервала, что соответствует периоду повторяемости землетрясений 225 лет;
  - 10% в течение 50-летнего интервала, что соответствует периоду повторяемости землетрясений 475 лет;
  - 2% в течении 50-летнего интервала, что соответствует периоду повторяемости землетрясений 2475 лет;
- если Национальным Приложением предусмотрена необходимость проверки только одного предельного состояния – можно ограничиться только одной картой общего сейсмического зонирования, построенной для одного (референтного) уровня риска возможного превышения сейсмического эффекта;
- карты общего сейсмического зонирования, при необходимости, должны учитывать возможность возникновения землетрясений с магнитудами,  $M_S < 5,5$ ;
- на картах общего сейсмического зонирования должны быть выделены зоны с низкой сейсмической опасностью, для которых здания и сооружения допускается проектировать с использованием упрощенных процедур; по рекомендациям Еврокода 8 к зонам с низкой сейсмической опасностью могут быть отнесены зоны, в которых расчетное ускорение для грунта типа А,  $a_g$ , составляет не более 0,08 g (0,78 м/с<sup>2</sup>);
- на картах общего сейсмического зонирования должны быть выделены зоны с очень низкой сейсмической опасностью, для которых здания и сооружения допускается проектировать без соблюдения требований Еврокода 8; по рекомендациям Еврокода 8 к зонам с очень низкой сейсмической опасностью могут быть отнесены зоны, в которых расчетное ускорение грунта типа А,  $a_g$ , составляет не более 0,04 g (0,39 м/с<sup>2</sup>).

## **2. АНАЛИЗ ПОЛОЖЕНИЙ ЕВРОКОДА 8, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ТРЕБОВАНИЯ К КАРТАМ ОБЩЕГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ЗОНИРОВАНИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

Положения Еврокода 8, определяющие основные требования к картам общего сейсмического зонирования национальных территорий, условно разделим на две группы.

К положениям первой группы отнесем положения EN 1998, не подлежащие каким-либо изменениям по определению. Согласно этим положениям:

- а) методология создания карт общего сейсмического зонирования должна базироваться на вероятностном подходе к анализу сейсмической опасности;
- б) на картах общего сейсмического зонирования национальная территория должна быть разделена на зоны;

в) сейсмическая опасность внутри каждой сейсмической зоны должна приниматься постоянной.

ПРИМЕЧАНИЕ Иные способы описания сейсмической опасности, при необходимости, могут применяться в других картах, например, сейсмического микрорайонирования.

Целесообразность положений первой группы в настоящем отчете не обсуждается.

К положениям второй группы отнесем положения EN 1998, подлежащие регламентации на национальном уровне. Эти положения, принимая во внимание значительные различия уровней сейсмической опасности и сейсмических характеристик в разных странах, могут соответствовать или не соответствовать рекомендациям EN 1998.

Перечень некоторых положений EN 1998-1:2004, подлежащих регламентации на национальном уровне, приведен в табл. 1.

**Таблица 1**

<b>Ссылка</b>	<b>Содержание пункта</b>
2.1(1)P	Референтный период повторяемости $T_{NCR}$ сейсмического воздействия при условии отсутствия коллапса (или, эквивалентно, референтная вероятность превышения за 50 лет, $P_{NCR}$ ).
2.1(1)P	Референтный период повторяемости $T_{DLR}$ сейсмического воздействия при условии ограничения повреждения (или, эквивалентно, референтная вероятность превышения за 10 лет, $P_{DLR}$ ).
3.2.1(1)P,(2),(3)	Карты сейсмических зон и референтные ускорения грунта, приведенные на этих картах.
3.2.1(4)	Основной параметр (идентификация и значение) для порога низкой сейсмичности.
3.2.1(5)	Основной параметр (идентификация и значение) для порога очень низкой сейсмичности.

К положениям второй группы относится также положение пункта 2.1(3) P EN 1998-3:2005, подлежащее регламентации на национальном уровне и приведенное в табл. 2.

**Таблица 2**

<b>Ссылка</b>	<b>Содержание пункта</b>
2.1(3)P	Периоды повторяемости сейсмических воздействий, соответствующие разным предельным состояниям

В соответствии с положениями второй группы:

а) для большинства случаев применения EN 1998 сейсмическая опасность описывается единственным параметром – величиной референтного пикового ускорения  $a_{gR}$  грунта типа грунта А (п. 3.2.1 EN 1998-1:2004).

ПРИМЕЧАНИЕ Данное положения EN 1998-1, согласно принятой формулировке, не исключает, что сейсмическая опасность сейсмических зон может оцениваться для грунтов иного типа и на основании не только пиковых ускорений.

б) референтное пиковое ускорение грунта, выбранное Национальными Регулирующими Органами для каждой сейсмической зоны, должно соответствовать

референтному периоду повторяемости  $T_{NCR}$  сейсмического воздействия из условия неразрушаемости сооружения (или эквивалентной референтной вероятности превышения уровня землетрясения за 50 лет,  $P_{NCR}$ ), выбранному Национальным Органом Регулирования (п. 2.1(1)P EN 1998-1:2004);

в) карты общего сейсмического зонирования в общем случае должны характеризовать сейсмическую опасность национальных территорий для разных уровней риска возможного превышения сейсмического эффекта, которые могут быть выбраны Национальным Органом Регулирования и приведены в Национальном Приложении к Еврокоду 8 (п.п. 2.1(1)P EN 1998-1:2004 и 2.1(3)P EN 1998-3:2005);

г) если Национальным Приложением предусмотрена необходимость проверки только одного предельного состояния – можно ограничиться только одной картой общего сейсмического зонирования, построенной для одного (референтного) уровня риска возможного превышения сейсмического эффекта;

д) Еврокод 8 допускает переход от значений сейсмических воздействий, соответствующих референтным показателям, к значениям, соответствующим другим уровням риска возможного превышения сейсмического эффекта (за счет умножения этих значений на соответствующие коэффициенты; п.п. 2.1(4) и 4.4.3.2(2) EN 1998-1:2004);

е) на картах общего сейсмического зонирования должны быть выделены зоны с низкой сейсмической опасностью; к зонам с низкой сейсмической опасностью могут быть отнесены зоны, в которых расчетное ускорение грунта не превышает установленного Национальными Регулирующими Органами (п. 3.2.1 (4) EN 1998-1:2004);

ж) на картах общего сейсмического зонирования должны быть выделены зоны с очень низкой сейсмической опасностью; к зонам с очень низкой сейсмической опасностью могут быть отнесены зоны, в которых расчетное ускорение грунта не превышает установленного Национальными Регулирующими Органами (п. 3.2.1 EN 1998-1:2005).

з) карты общего сейсмического зонирования, при необходимости, должны учитывать возможность возникновения землетрясений с магнитудами  $M_s < 5,5$  (3.2.2.1(4), 3.2.2.2(1)P EN 1998-1:2004);

Ниже приведены результаты анализа современных норм разных стран мира, позволившие сформулировать основные предложения по регламентации положений второй группы на национальном уровне.

## **2.1 Грунты, к которым следует относить оценки сейсмической опасности на картах общего сейсмического зонирования Республики Казахстан**

В таблице 3 приведены характеристики грунтов, принятых в качестве «эталонных» при составлении карт ОСЗ и ОСР, характеризующих сейсмическую опасность территорий 44-х стран мира.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Под «эталонными» грунтами здесь и далее подразумеваются грунты, к которым отнесены количественные показатели сейсмической опасности территорий на картах общего сейсмического зонирования (ОСЗ) или на картах общего сейсмического районирования (ОСР).

Общее количество изученных карт и норм составляет более 50. Данные, представленные в табл. 3, получены по результатам изучения нормативных документов в основном тех стран, на территориях которых возможны сильные и умеренные землетрясения.

В таблицу 3 не были включены данные:

- по ряду стран Европы, расположенных в регионах с низкой сейсмической опасностью (Германия, Ирландия, Финляндия и др.), но имеющих карты ОСЗ, составленные в соответствии с рекомендациями Еврокода 8;
- по ряду стран Южной Америки (Гватемала, Гондурас, Сан Сальвадор, Никарагуа и др.), имеющих вероятностные карты ОСЗ, составленные в соответствии с положениями ИВС, но по которым нет информации о их включении в состав нормативных документов.

Все нормативные документы, перечисленные в табл. 3, за исключением норм Узбекистана, были введены в действие в XXI веке (примерно 70% в 2005-2010 годах) и могут рассматриваться как современные.

Данные, приведенные в таблице 3, свидетельствуют, что сейсмические опасности сейсмических зон (районов), показанные на картах общего сейсмического зонирования (районирования) национальных территорий, относятся:

- в национальных строительных нормах, идентичных международным нормам Еврокоду 8 или ИВС – к скальным и скально-подобным геологическим формациям, имеющим скорости распространения поперечных волн в поверхностных толщах более 750-800 м/с;
- в национальных строительных нормах, не гармонизированных или частично гармонизированных с указанными международными нормами – как правило, к нескальным грунтам («средним» по жесткости и прочности), имеющим скорости распространения поперечных волн в поверхностных толщах в пределах от 250...400 до 650...800 м/с.

Обращает на себя внимание тот факт, что карты ОСЗ, в которых сейсмическая опасность отнесена к скальным и другим скально-подобным геологическим формациям, включены в нормы большинства стран мира, имеющих нормы по сейсмостойкому строительству.

Карты ОСЗ, в которых сейсмическая опасность отнесена к «средним» грунтам, содержатся в нормах значительно меньшего количества стран, но среди них находятся такие общепризнанные авторитеты в области сейсмологии и сейсмостойкого строительства как Япония, Канада, Китай, Россия и другие.

Ниже рассмотрены некоторые при  $\text{變賦旦} \downarrow \text{쑈}$  по которым часть национальных карт общего сейсмического зонирования ориентирована на скальные и скально-подобные геологические формации, а часть – на «средние» грунты.

Таблица 3

№ п.п.	Нормы (страны)	Категория грунта, принятая для оценки сейсмической опасности сейсмических зон ( $V_{s,30}$ , $V_{s,10}$ и $V_s$ в м/с)
1	Ориентированные на Еврокод 8	А ( $V_{s,30}>800$ )
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11	Ориентированные на UBC-97 и IBC	В ( $760 \leq V_{s,30} \leq 1500$ )
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21	IS 1893:2005 (Индия)	А ( $V_{s,30}>1500$ )
22	RPA 99:2003 (Алжир)	S1 ( $V_{s,30}>800$ )
23	TSDC:2007 (Турция)	Z1 ( $V_{s,30}>760$ )
24	Standard No.2800:2005 (Иран)	I ( $V_{s,30}>750$ )
25	NCSE-02:2002 (Испания)	
26	NORMA 1756-98:2001 (Венесуэла)	скальные или твердые породы ( $V_s>500$ )
27	E.030:2003 (Перу)	
28	MCh 433:2009 (Чили)	II ( $V_{s10}>400$ )
29	AS1170.4:2007 (Австралия)	B ( $V_{s,30}>360$ )
30	SFR 烈震 震害 (Тайвань)	S1 ( $V_{s,30}>270$ )
31	SNI-1726:2002 (Индонезия)	коренная подстилающая порода в виде скалы ( $V_s>750$ )
32	BSLJ:2000 (Япония)	коренная подстилающая порода в виде твердого грунта ( $V_s>400$ )
33	NBCC (Канада, 2005)	C ( $360 \leq V_{s,30} \leq 750$ )
34	SEC-2000 (Эквадор)	I ( $360 \leq V_{s,30} \leq 750$ )
35	GB 50011-2001 (Китай)	I ( $V_{s,30}>400$ )
36	Страны СНГ	II ( $500 < V_s < 800$ )
37		
38		II ( $250 < V_{s,30} < 650$ )
39		
40		II ( $300 < V_{s,30} < 900$ )
41		
42		II ( $250 < V_{s,10} < 700$ )
43	II	
44	Проект норм Грузии - 2010	II ( $300 < V_s < 800$ )

Примечание.  $V_{s,30}$  и  $V_{s,10}$  – средние скорости распространения поперечных волн, количественные значения которых относятся к 30 и 10 метровым поверхностным толщам грунта соответственно;  $V_s$  – скорости распространения поперечных волн, количественные значения которых не увязаны с толщинами поверхностных слоев Земли.

*А. Основная причина, по которой большинство национальных карт ОСЗ ориентировано на скальные и скально-подобные геологические формации, обусловлена тем, что только в скальных и скально-подобных грунтах, обладающих высокой динамической прочностью и жесткостью, как при слабых, так и при сильных землетрясениях не наблюдаются значимые нелинейные эффекты, вызванные деградацией их жесткости и прочности.*

В работе /5/ (А.А. Гусев, 2002 г.) отмечается, что макросейсмический эффект землетрясений (оцениваемый в баллах), помимо ряда иных важных факторов, существенно зависит от жесткостных и прочностных свойств поверхностных слоев грунта – чем меньше динамическая жесткость и прочность грунтов, тем больший макросейсмический эффект соответствует слабым и сильным землетрясениям. Однако взаимосвязь между макросейсмическим эффектом землетрясений и амплитудами колебаний скальных и нескальных грунтов проявляется при слабых и при сильных землетрясениях принципиально по-разному.

В процессе слабых землетрясений поверхностные толщи грунтов с низкой динамической жесткостью колеблются с существенно большими амплитудами ускорений, скоростей и перемещений, чем грунты с высокой жесткостью, но без проявления значимых нелинейных эффектов. Поэтому между макросейсмическими последствиями слабых землетрясений и амплитудами колебаний грунтов с разной динамической жесткостью существует прямая взаимосвязь.

При сильных землетрясениях картина существенно меняется. В поверхностных толщах нескальных грунтов могут возникать нелинейные эффекты, вызванные деградацией их жесткости и прочности. При деградации нескального грунта, амплитуды пиковых ускорений его сейсмических колебаний могут быть меньше, чем на скальном грунте, а амплитуды пиковых скоростей и перемещений – больше.

В результате возникновения в нескальных грунтах нелинейных эффектов между амплитудами их колебаний и макросейсмическими последствиями сильных землетрясений будут наблюдаться иные взаимосвязи, чем при слабых землетрясениях. Повреждаемость зданий и сооружений, расположенных на нескальных грунтах, будет определяться не только, а в некоторых случаях и не столько величинами пиковых ускорений, сколько пиковыми величинами скоростей и перемещений, а в некоторых случаях, осадками основания.

В скальных грунтах, обладающих высокой жесткостью и прочностью, нелинейные эффекты при сильных землетрясениях значимо не проявляются, и это позволяет установить прямую взаимосвязь между амплитудами сейсмических колебаний скальных образований и макросейсмическими последствиями землетрясений.

Принципиальная схема влияния деградации жесткости и прочности грунтов на величины пиковых ускорений, заимствованная из /5/, показана на рис. 3.

По мнению А.А. Гусева: «...Описанные факты важны по ряду причин; в частности из них следует, что только для скального грунта, с высокой прочностью и малыми нелинейными эффектами, сохраняется прямая связь балл – амплитуда и при низких, и при высоких баллах. Это значит, что именно к скальному грунту, как к наиболее простому и ясному случаю, должны относиться нормативные параметры карты ОСР».

Не оспаривая это мнение, отметим, что схема, показанная на рис. 3, иллюстрирует те случаи, когда поверхностные нескальные грунтовые слои подвергаются при сильных сейсмических колебаниях разрушению (например, разжижению).

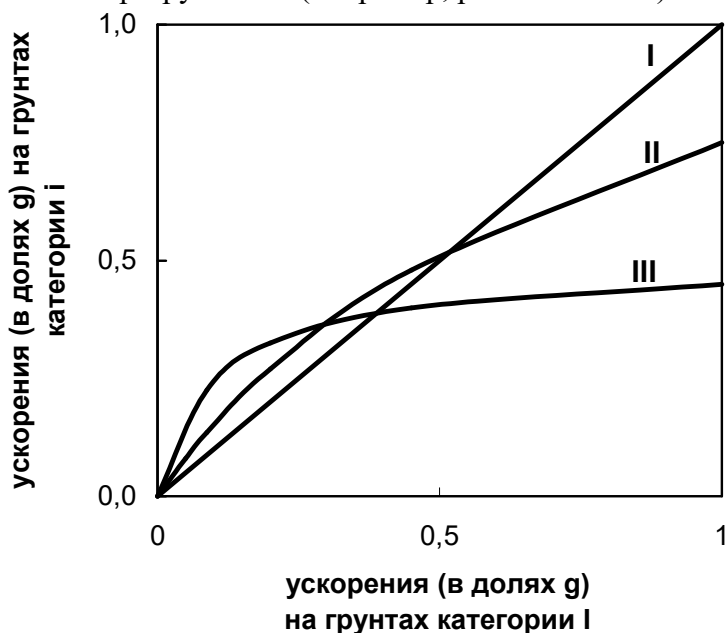


Рис. 3. Схема влияния деградации жесткости и прочности грунтов на величины пиковых ускорений по /5/

I – скальные грунты, II – «средние» грунты, III – слабые грунты.

При отсутствии значительной деградации жесткости и прочности нескальных грунтов соотношения между величинами пиковых ускорений на скальных и нескальных грунтах могут быть несколько иными.

Для подтверждения сказанного в таблице 4 приведены величины пиковых горизонтальных ускорений, инструментально зарегистрированные при сильных землетрясениях на довольно слабых грунтах.

Таблица 4

№ п.п.	Землетрясение (станция)	Дата	Магнитуда (Ms)	V <sub>S30</sub> (м/с)	Ускорение (в долях g)
1	Imperial Valley (El Centro Array #8)	1979.10.15	6,9	206	0,60
2	Imperial Valley (Bonds Corner)	1979.10.15	6,9	223	0,78
3	Northridge (Sylmar Converter)	1994.01.17	6,7	251	0,90
4	Northridge (Tarzana)	1994.01.17	6,7	257	1,78
5	Kobe (Takatori)	1995.01.16	7,1	256	0,62
6	Northridge (Rinaldi Receiving)	1994.01.17	6,7	282	0,84
7	Chi-Chi (TCU065)	1999.09.20	7,6	306	0,81
8	Kobe (Takarazuka)	1995.01.16	7,1	312	0,69
9	Kobe (KJMA)	1995.01.16	7,1	312	0,82
10	Duzce (Bolu)	1999.11.12	7,3	326	0,82
11	Northridge (Santa Monica)	1994.01.17	6,7	336	0,88
12	Superstition Hills – B (Superstition Mtn.)	1987.11.24	6,6	362	0,89

В работах Ф.Ф. Аптикаева, В.В. Штейнберга, Н.Н. Михайловой, К. Akai, D.M. Boore, W.B. Joyner, R.D. Borcherdt и ряда других специалистов высказывается мнение, что величины максимальных амплитуд ускорений в эпицентральных областях сильных землетрясений не столь значительно зависят от геологической ситуации в местах регистрации, как при достаточно больших эпицентральных расстояниях.

Проведенный нами анализ /6/ (И.Е. Ицков, 2001 г.) показал, что большая разница в значениях максимальных горизонтальных ускорений поверхностей площадок, расположенных примерно на одинаковом расстоянии от эпицентров, но сложенных грунтами разных типов, наблюдается только при относительно слабых сейсмических колебаниях. По мере приближения к эпицентру или к линиям проявления разрывов на дневной поверхности Земли эта разница постепенно уменьшается.

Сглаженные зависимости, построенные по инструментальным данным и характеризующие соотношения между величинами пиковых ускорений на грунтах разного типа при сильных и слабых сейсмических колебаниях /6/, показаны на рис.4.

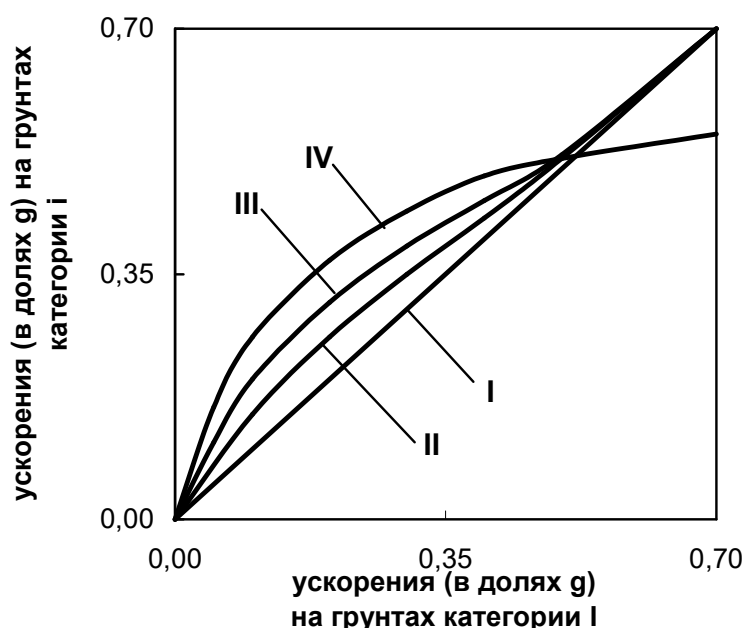


Рис. 4. Схема влияния деградации жесткости и прочности грунтов на величины пиковых ускорений по /6/

I – скальные грунты, II – твердые нескальные грунты,  
III – «средние» грунты, IV – слабые рыхлые грунты.

Зависимости, показанные на рис. 3 и 4, в общих чертах характеризуют близкие закономерности в поведении грунтов при слабых и сильных сейсмических колебаниях.

Заметим, что на сейсмоопасных территориях многих стран, принимавших непосредственное участие в составлении международных норм (Еврокода 8 и ИВС) или гармонизировавших (полностью или частично) свои национальные нормы с международными нормами, скальные и скально-подобные грунты представлены весьма широко.

Для примера на рис. 5-14 показаны карты рельефа и скоростей распространения поперечных волн в поверхностных 30-метровых толщах грунтов ( $V_{S30}$ ): Восточного и Западного регионов США (рис. 5 и 6), Аляски (рис. 7) и Аляски (рис. 8), Южной Европы и Северной Африки (рис. 9), Италии (рис. 10), Скандинавского п-ва (рис. 11), Новой Зеландии (рис. 12), Турции (рис.13) и Ирана (14).

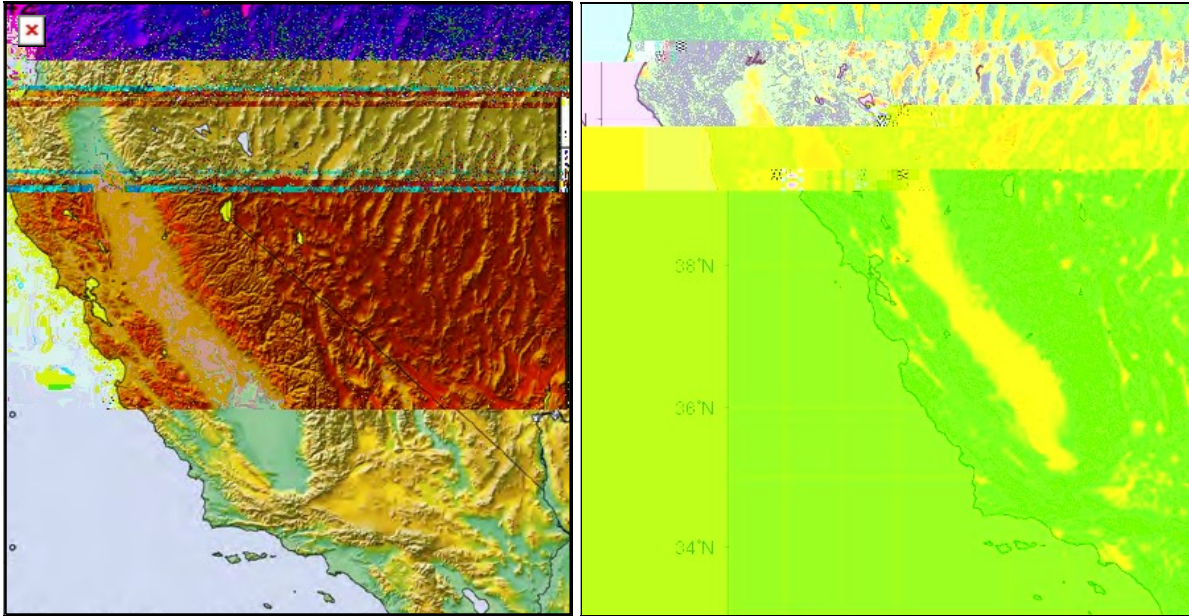


Рис. 5. Карты Восточного региона США

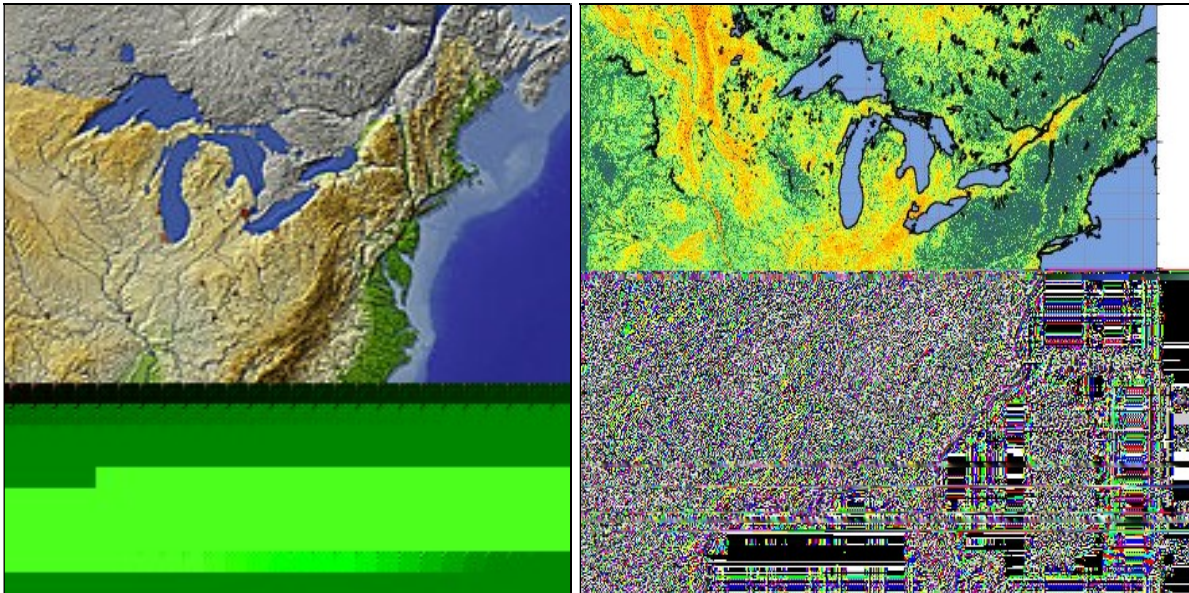


Рис. 6. Карты Западного региона США

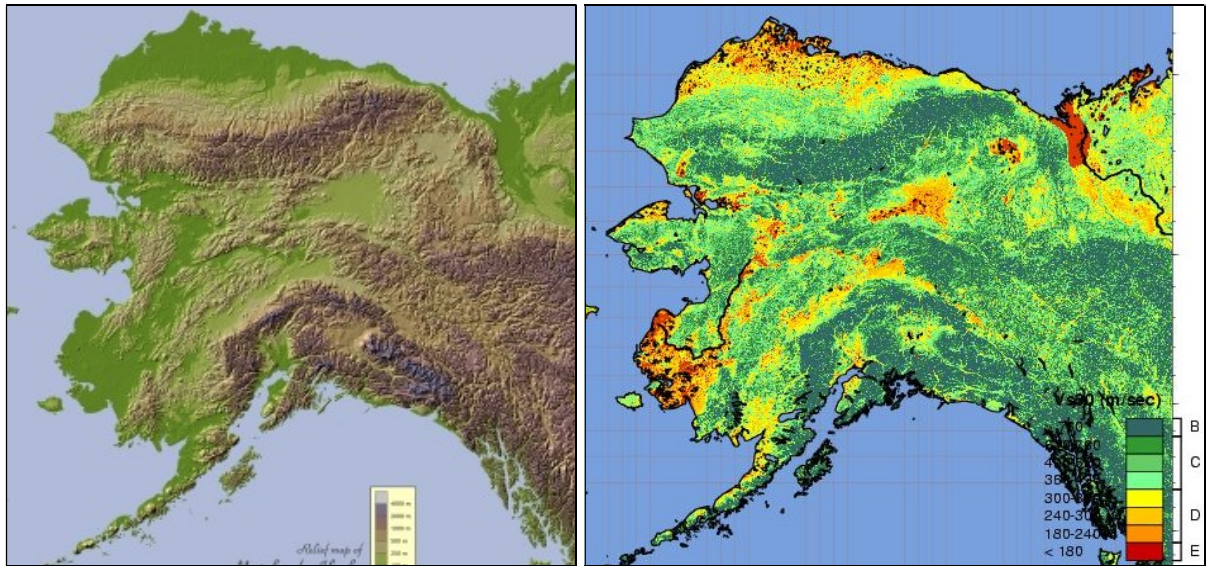


Рис. 7. Карты Аляски

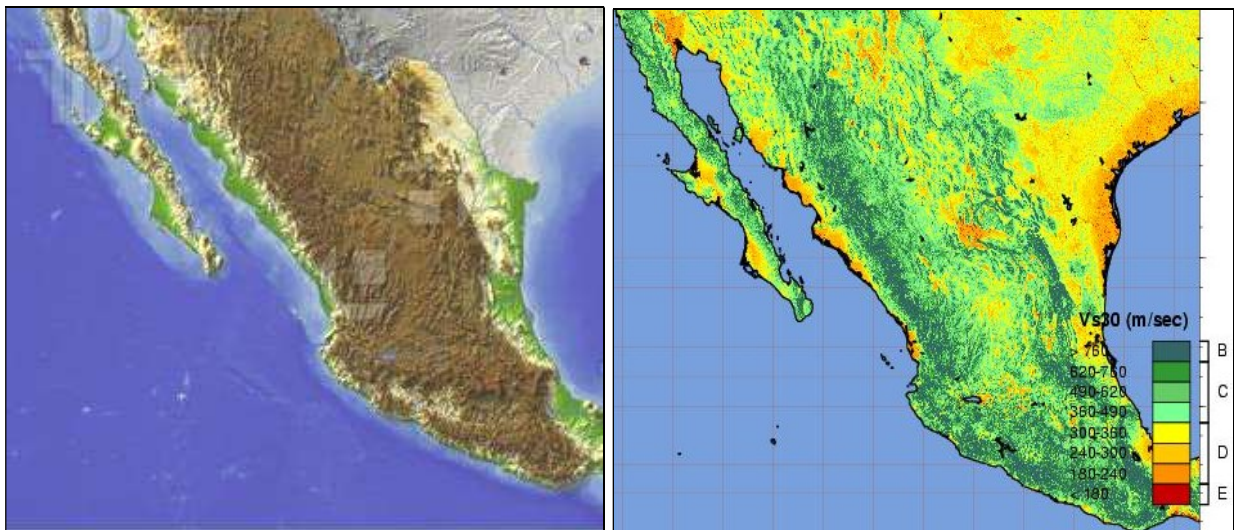
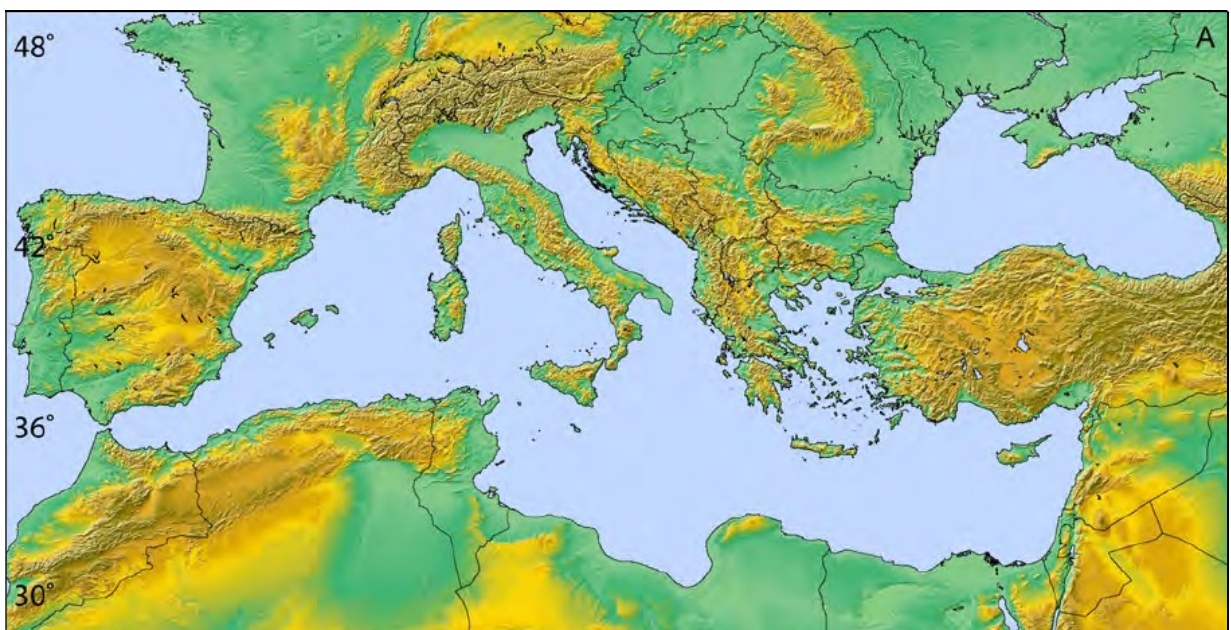


Рис. 8. Карты Мексики



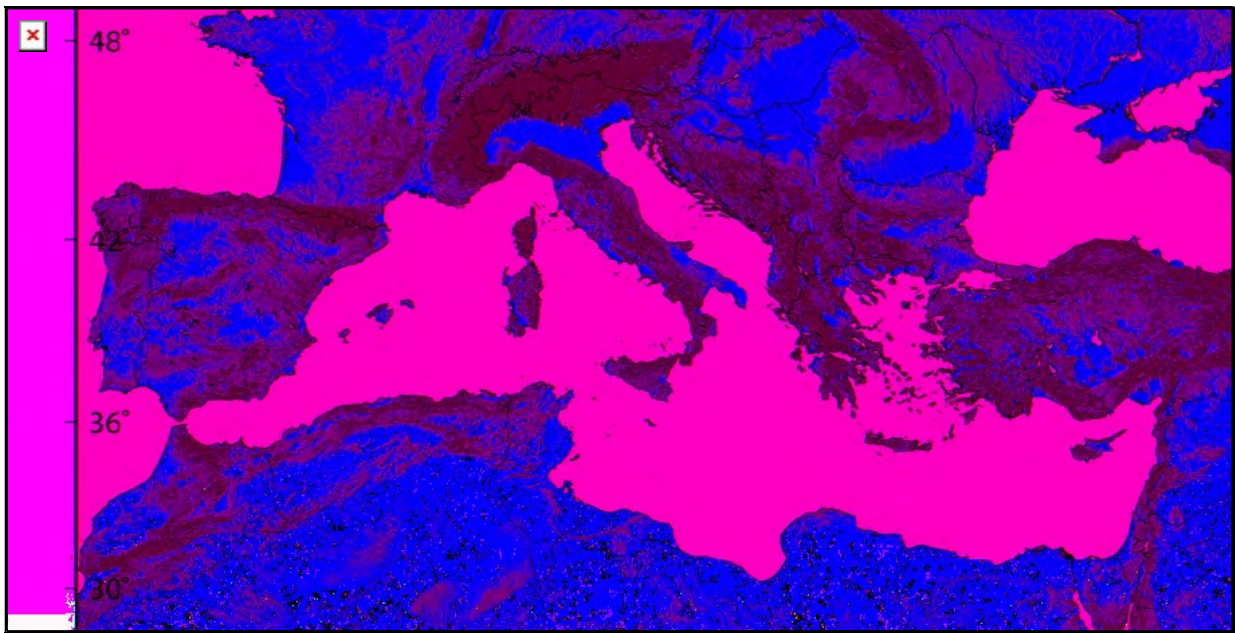


Рис. 9. Карты Южной Европы и Северной Африки

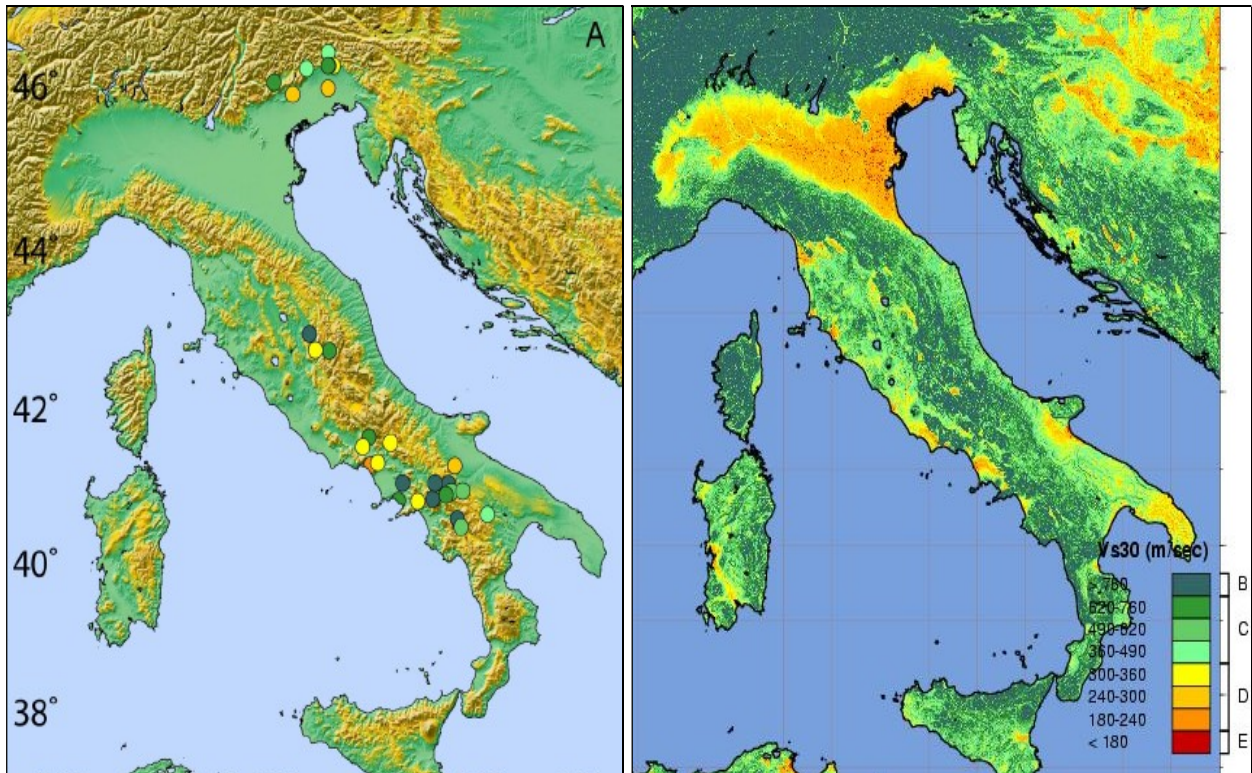


Рис. 10. Карты Италии

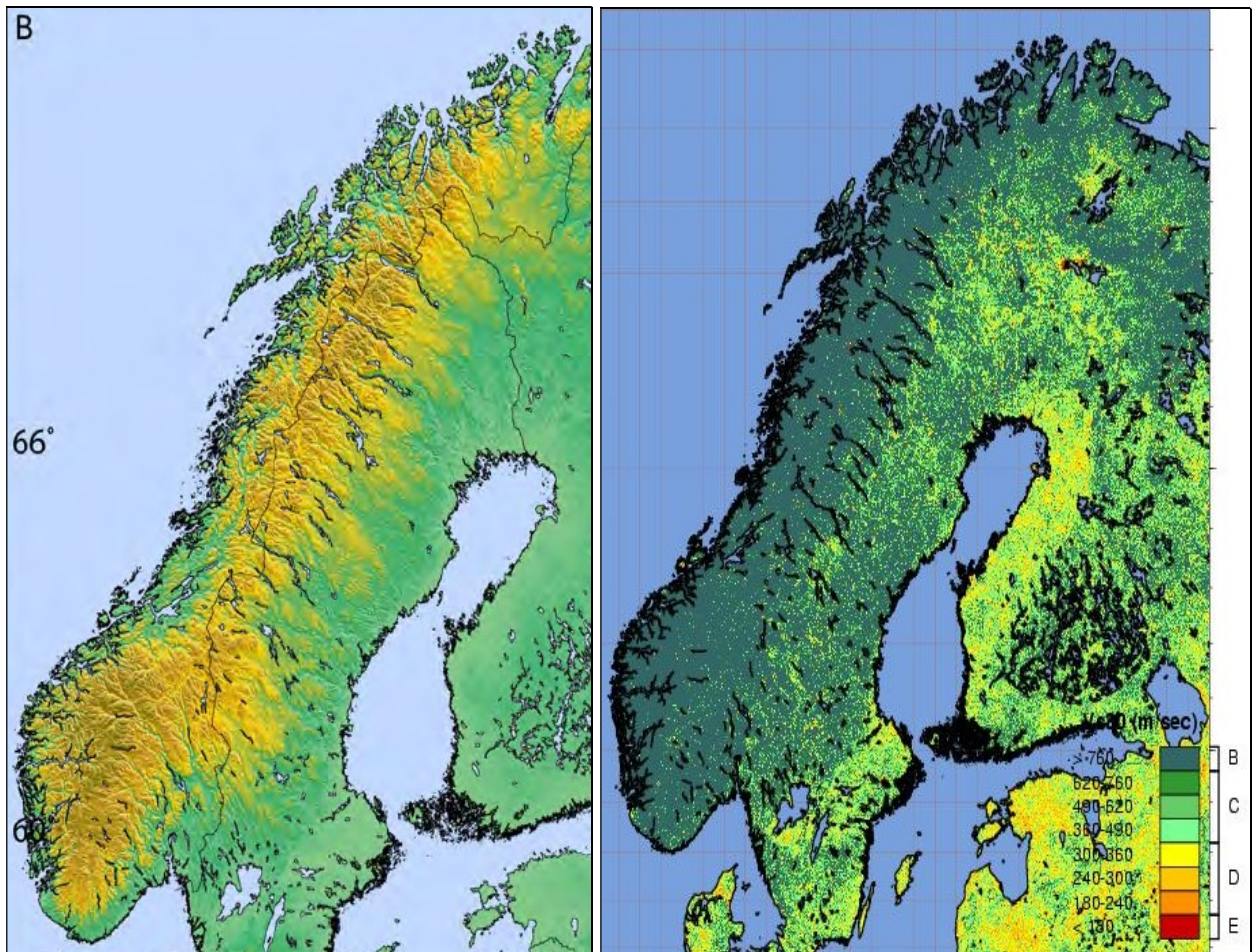


Рис. 11. Карты Скандинавского полуострова

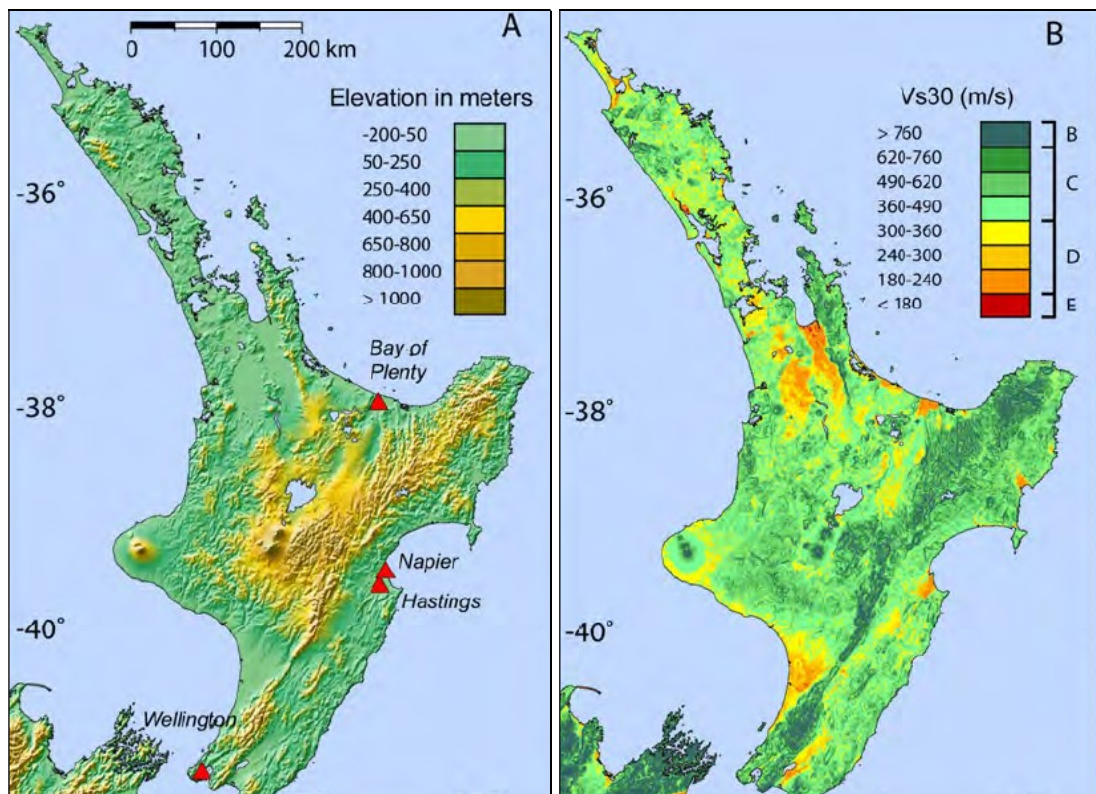


Рис. 12. Карты Новой Зеландии

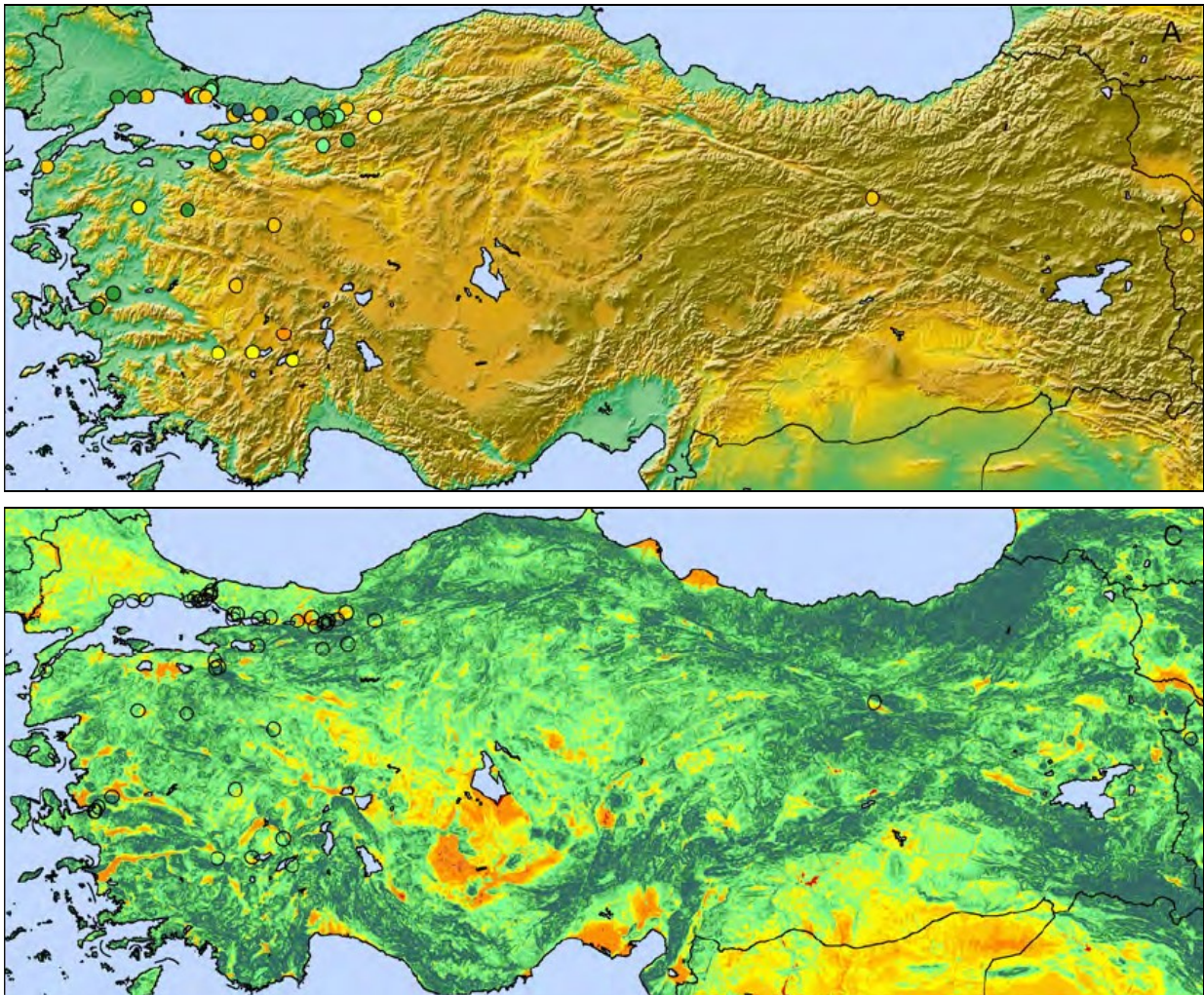


Рис.13. Карты Турции

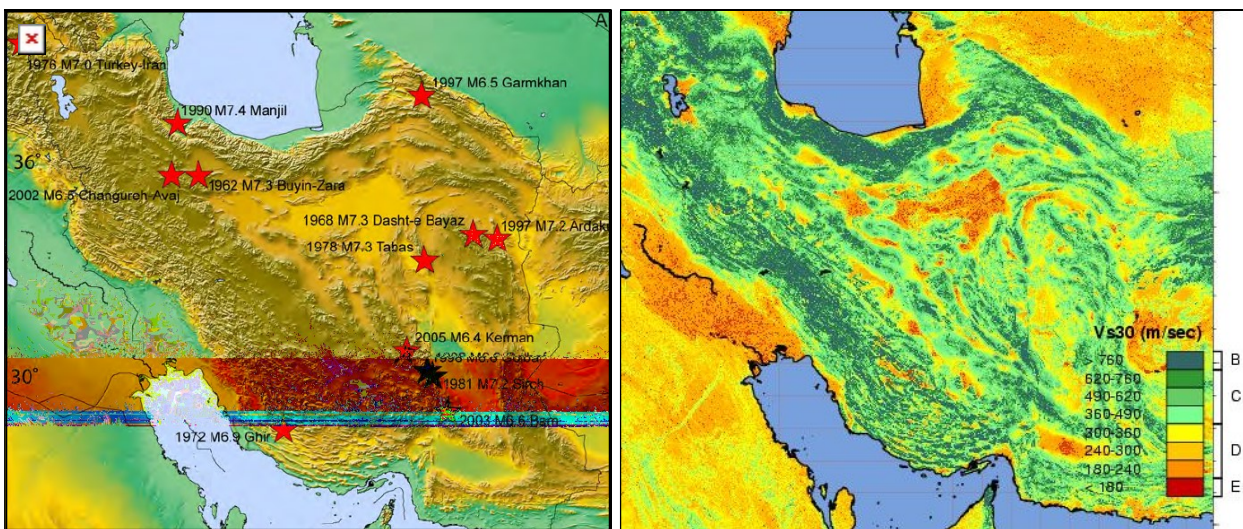


Рис. 14. Карты Ирана

*Б. Ориентация карт ОСЗ и ОСР стран СНГ и некоторых стран дальнего зарубежья на «средние» по прочности и жесткости грунты объясняется тем, что такие грунты наиболее типичны для их территорий с наибольшей плотностью населения.*

Простая и ясная взаимосвязь между макросейсмическим эффектом землетрясений и количественными параметрами сейсмических колебаний жестких грунтов не всеми специалистами рассматривается как достаточное основание для отнесения нормативных параметров карт ОСР и ОСЗ к скальным и скально-подобным геологическим формациям.

На одной из первых карт ОСР территории СССР (ИФЗ АН СССР, 1957 г.) показатели сейсмической опасности были приурочены к «средним» грунтам /7/ (С.В. Медведев, 1962 г.), так как большинство населенных пунктов СССР располагалось именно на таких грунтах. Под «средними» грунтами в СН-8-57 «Нормы и правила строительства в сейсмических районах» и последующих нормативных документах СССР и стран СНГ понимались супесчаные, суглинистые и им подобные отложения, находящиеся в состоянии естественной влажности.

Устоявшаяся традиция нашла свое отражение и в современных картах общего сейсмического районирования территорий стран СНГ – Армении, России, Казахстана, Киргизии, Таджикистана, Узбекистана и Украины.

Можно предположить, что при составлении карт общего сейсмического зонирования территорий о-ва Тайвань, Японии и ряда других стран тоже учитывался тип грунтов, преобладающий на наиболее заселенных территориях.

Карты о-ва Тайвань и Японии, характеризующие рельеф их территорий и скорости распространения поперечных волн в поверхностных 30-метровых толщах  $V_{S30}$ , показаны на рис. 15 и 16.

Из рис. 15 видно, что большая часть территории острова Тайвань занята горами из твердых скальных пород ( $V_{S30} > 760$  м/с). Однако так как примерно 90% населения проживает на западной прибрежной равнине, то карты ОСЗ острова Тайвань отнесены к поверхностным толщам довольно слабых и рыхлых грунтов ( $V_{S30} > 270$  м/с). Аналогичная ситуация характерна и для Японии (рис. 16), в нормах которой показатели карты ОСЗ приурочены не к широко представленным скальным образованиям, а к менее твердым породам ( $V_{S30} > 400$  м/с), подстилающим поверхностные слои грунта в прибрежных районах. В принципе, методика нормирования сейсмической опасности на картах общего сейсмического зонирования, принятая в Японии (а также в Индонезии), может быть отнесена к самостоятельному направлению, не имеющему отношения к Еврокоду 8 и ИВС.

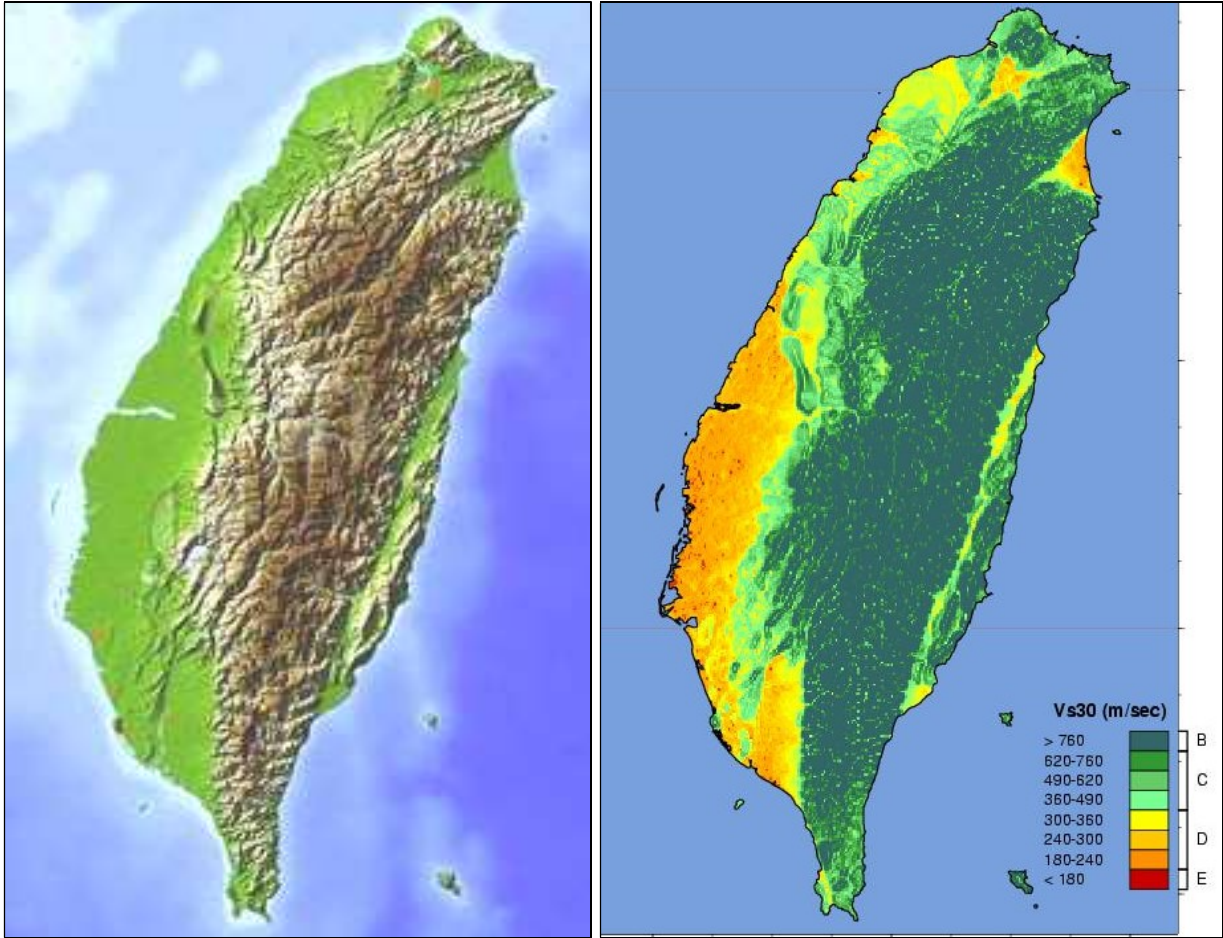


Рис. 15. Карты о-ва Тайвань

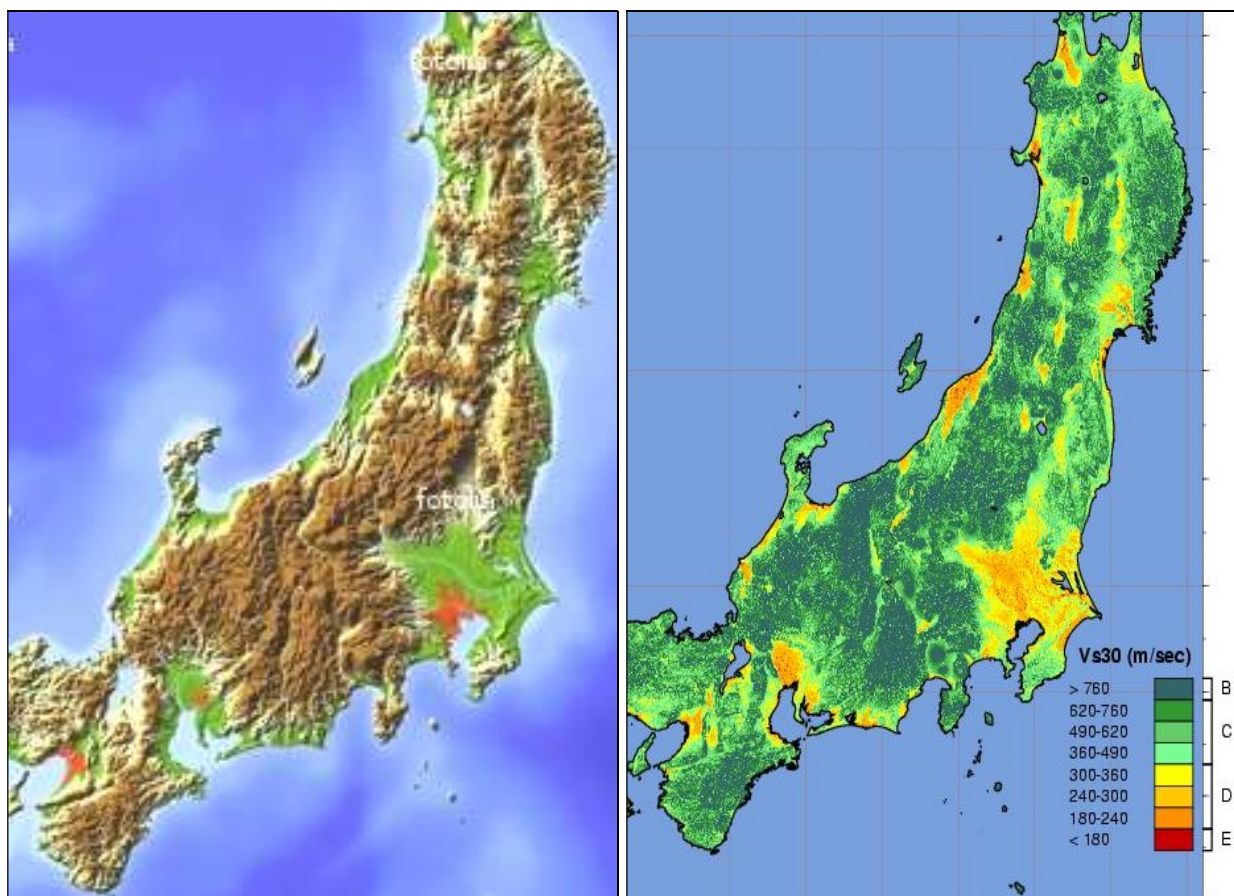


Рис. 16. Карты Японии

Использование «средних» грунтов в качестве «эталонных» обладает определенными достоинствами не только в части привязки карт ОСР и ОСЗ к наиболее типичным грунтовым условиям регионов с наиболее высокой плотностью населения.

Во-первых, оно дает объективное представление о возможных финансовых и социально-политических последствиях возможных землетрясений на национальных территориях, а также позволяет планировать объемы инвестиций в развитие регионов с учетом их сейсмической уязвимости.

Во-вторых, именно для «средних» грунтов к настоящему времени накоплено наибольшее количество инструментальных записей, характеризующих их поведение при землетрясениях разной интенсивности. Анализ баз данных сильных движений грунтов показал, что если количество инструментальных записей, полученных к настоящему времени на средних грунтах, составляет примерно 50%, то количество записей, относимых к скальным образованиям и очень твердым грунтам – менее 25%.

Замена карты ОСР РК, приуроченной в настоящее время к «средним» грунтам, на карту, отнесенную к скальным и скально-подобным геологическим формациям, не относится к остро необходимым процедурам. Эта замена будет иметь только одно важное положительное последствие – соответствие карты ОСР РК рекомендациям международных норм.

В то же время при этой замене у сейсмологов Казахстана возникнет целый ряд проблем теоретического и практического характера. Карта ОСР, отнесенная к скальным и скально-подобным геологическим формациям:

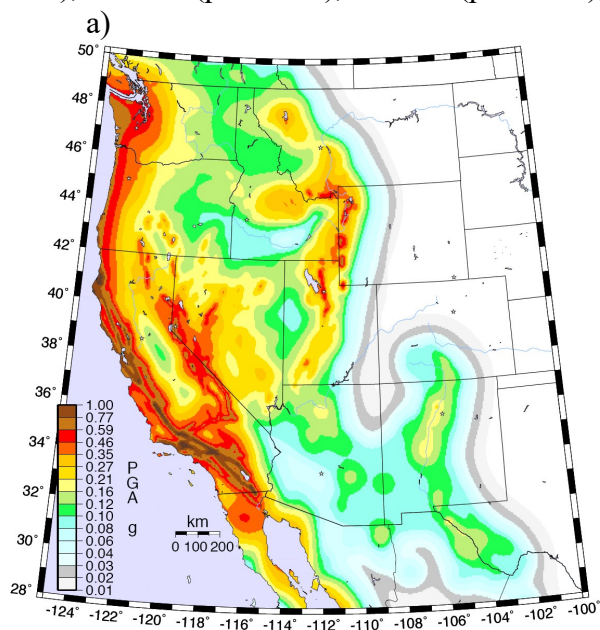
- не будет соответствовать картам других стран СНГ, граничащих с Республикой Казахстан и/или входящих в зоны ЕврАзЭС и Таможенного союза;

- не будет характеризовать сейсмическую опасность наиболее населенных регионов Казахстана, для которых, как правило, наиболее типичны поверхностные толщи грунтов со значениями  $V_{S30}$  не более 350...600 м/с;
- потребует изменения схемы классификации грунтов по сейсмическим свойствам, принятой в СНиП РК 2.03-30-2006 «Строительство в сейсмических районах»;
- потребует значительных затрат времени на переоценку информации, содержащейся в сформированной базе сейсмологических, геолого-физических, инструментальных и макросейсмических данных.

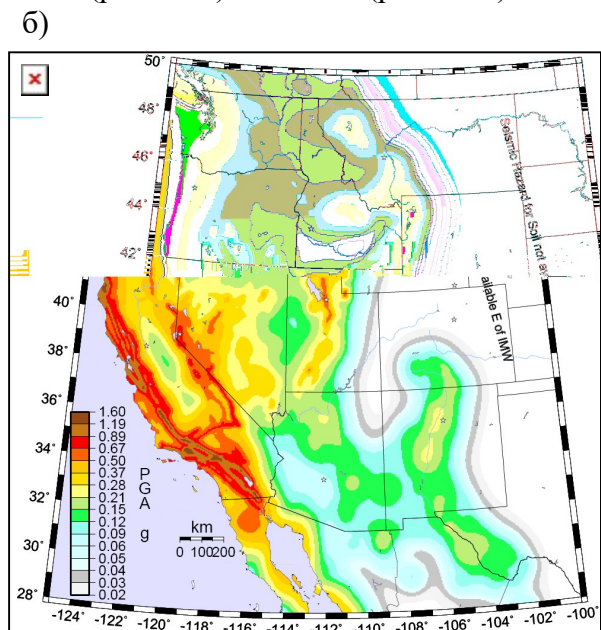
Определенный компромисс между разными подходами к выбору «эталонного» типа грунта можно достичь за счет создания двух комплектов карт общего сейсмического зонирования, каждый из которых должен быть отнесен к определенному типу грунтовых условий.

Например, один комплект может быть отнесен к скальным геологическим формациям, а другой – к «средним» грунтам. Во всяком случае, по этому направлению развиваются в настоящее время исследования в некоторых странах мира.

На рис. 17 показаны карты, характеризующие сейсмическую опасность Западных районов США для уровня риска возможного превышения сейсмического эффекта 2% в течение 50-летнего интервала. Представленные карты отнесены к поверхностным грунтовым толщам со скоростями ( $V_{S30}$ ) распространения поперечных волн 1150 м/с (рис. 17.а), 573 м/с (рис. 17.б), 360 м/с (рис. 17.в), 259 м/с (рис. 17.г) и 180 м/с (рис. 17.д).



В)



Г)

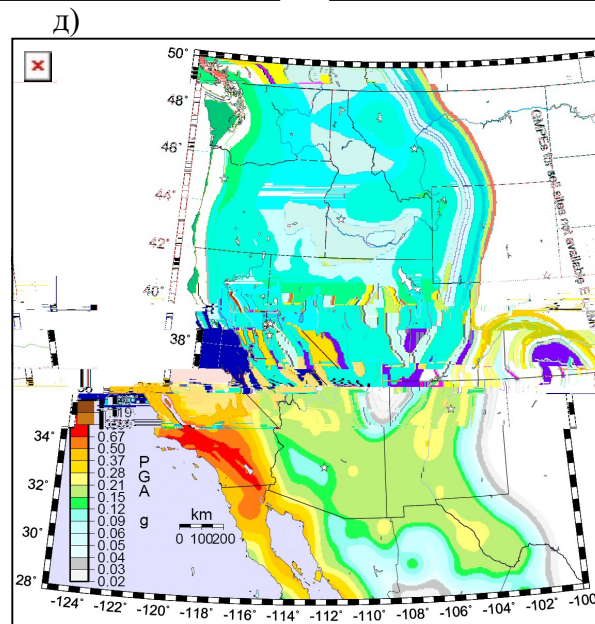
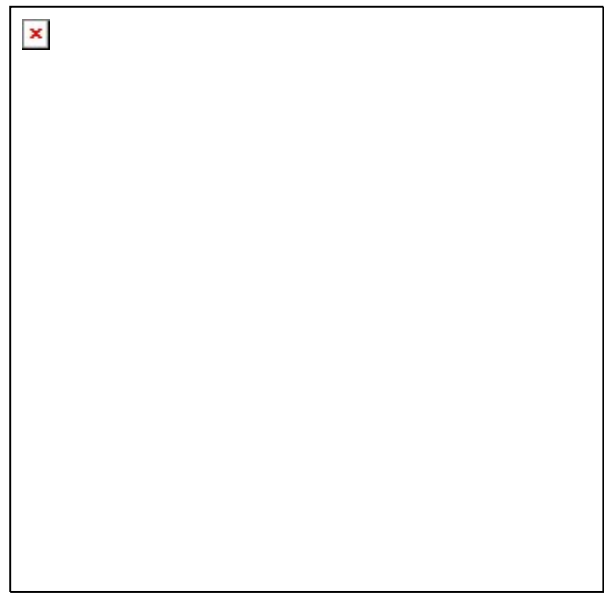
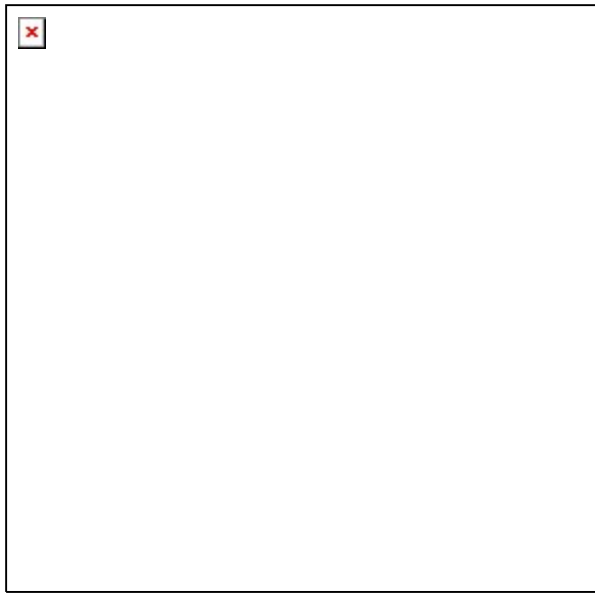


Рис. 17. Карты сейсмического зонирования Западных районов США

На рис. 18 показаны карты, характеризующие сейсмическую опасность территории Турции для уровня риска возможного превышения сейсмического эффекта 2% в течение 50-летнего интервала. Представленные карты отнесены к поверхностным грунтовым толщам со скоростями ( $V_{S30}$ ) распространения поперечных волн 760 м/с (рис. 18.а) и 360-760 м/с (рис. 18.б).

а)



б)

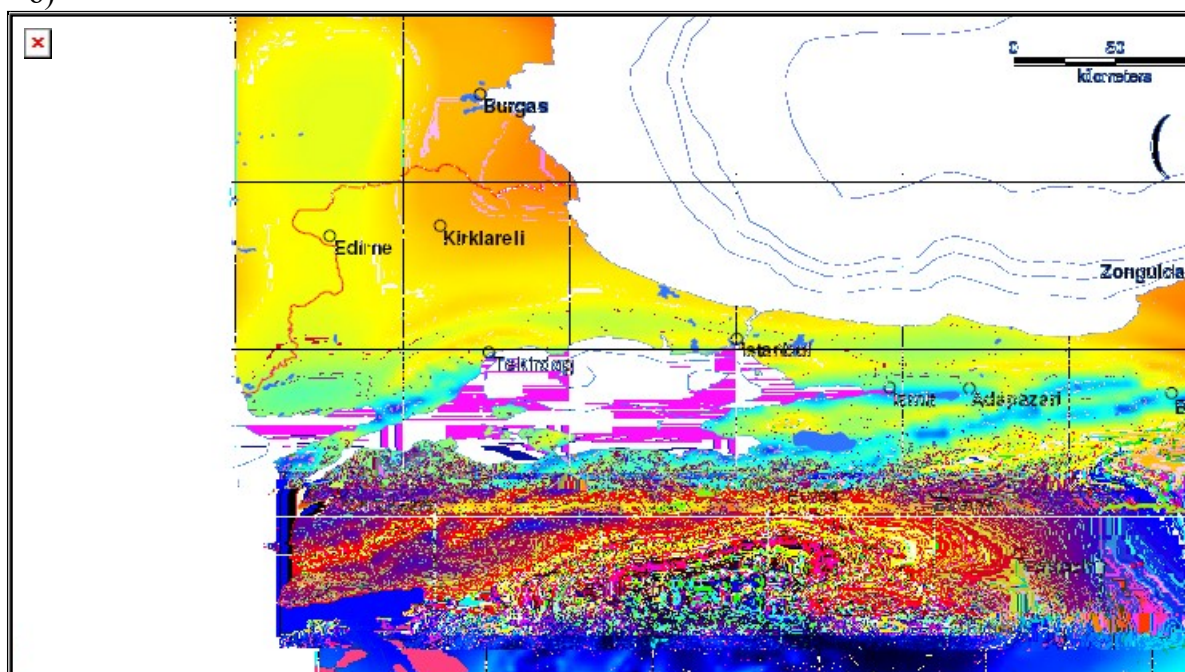


Рис. 18. Карты сейсмического зонирования Турции

Включение в новые нормы Республики Казахстан двух комплектов карт общего сейсмического зонирования, один из которых приурочен к скальным формациям, а другой – к «средним» грунтам, представляется нам наиболее правильным направлением гармонизации норм РК с международными нормами.

Этапы создания каждого из комплектов карт, при необходимости, могут быть разнесены по времени.

***Выводы по разделу 2.1.***

В нормах Республики Казахстан, регламентирующих правила проектирования и строительства в сейсмических районах, целесообразно иметь два комплекта карт ОСЗ. На

картах первого комплекта сейсмическая опасность территории Казахстана должна быть отнесена к скальным и скально-подобным геологическим формациям, а на картах второго комплекта – к «средним» по жесткости и прочности грунтам.

О рекомендуемом содержании каждого из комплектов карт будет сказано далее.

Наличие двух комплектов карт позволит гармонизировать нормы РК с международными Европейскими нормами и обеспечит соответствие между новыми картами ОСЗ, принятыми в Казахстане, и картами ОСР и ОСЗ, действующими в других странах СНГ, входящих в зоны ЕврАзЭС и Таможенного союза.

Создание карт сейсмического зонирования, на которых оценки сейсмической опасности территорий РК будут отнесены только к скальным и скально-подобным геологическим формациям, должно сопровождаться изменением схемы классификации грунтов по сейсмическим свойствам, принятой в СНиП РК 2.03-30-2006 «Строительство в сейсмических районах».

В схеме классификации грунтов, принятой в СНиП РК 2.03-30-2006, грунты типа I необходимо будет разделить на две группы. К первой группе предполагается отнести скальные и скально-подобные геологические формации со скоростями распространения поперечных волн в поверхностных толщах более 800 м/с, а к второй – прочные и плотные грунты со скоростями распространения поперечных волн в поверхностных толщах менее 800 м/с (ориентировочно 500-800 м/с).

## **2.2 Показатели сейсмической опасности на картах общего сейсмического зонирования**

На картах ОСР, включенных в действующие нормы большинства стран СНГ, сейсмическая опасность национальных территорий, как и в ранее действовавших нормах СССР, описана только с помощью макросейсмических показателей последствий землетрясений – баллов по шкале сейсмической интенсивности MSK-64. Общий вид карты ОСР Казахстана, основанной на макросейсмических показателях (баллах), показан на рис. 19.

На картах ОСЗ, согласующихся с рекомендациями Еврокода 8, сейсмическая опасность территорий должна описываться с помощью иных показателей – прогнозируемых величин пиковых ускорений колебаний грунта (в долях  $g$  или  $m/s^2$ ). То есть на картах, соответствующих рекомендациям Еврокода 8, сейсмическая опасность территорий идентифицируется не с макросейсмическими последствиями прогнозируемых землетрясений, а с количественными параметрами колебаний грунтов при этих землетрясениях.

В то же время, как это следует из ниже представленных данных, карты, на которых сейсмическая опасность национальных территорий описана с помощью пиковых ускорений, могут дополняться картами с показателями сейсмической опасности в баллах или таблицами, в которых указывается взаимосвязь между количественными показателями колебаний грунтов и баллами.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Комплекты карт сейсмического зонирования некоторых стран, помимо карт с параметрами колебаний грунтов в значениях ускорений, содержат карты с параметрами колебаний грунтов в значениях скоростей, преобладающих периодов колебаний, с ординатами спектров реакции на разных периодах и прочее. Учитывая, что положения Европейских норм и норм РК не предусматривают необходимость наличия подобных карт, их особенности в настоящем отчете не рассматриваются.

Типичные карты ОСЗ, основанные на принципе зонирования территорий по величинам пиковых ускорений грунта, показаны на рис. 20-21. Некоторые карты ОСЗ, на

которых степень сейсмической опасности территорий характеризуется не зонами, а изосейстами, разделяющими зоны, показаны на рис. 22.

Несмотря на значительные различия между картами, на которых показатели сейсмической опасности представлены в баллах шкалы интенсивности и в ускорениях, процедуры определения с помощью этих карт параметров входных сейсмических воздействий на проектируемые объекты во многом подобны и являются трехступенчатыми.

Согласно положениям действующих норм СНГ и РК при определении параметров входного сейсмического воздействия на проектируемый объект:

- карта ОСР используется только на первом этапе – при выявлении сейсмической опасности (сейсмичности, балльности) района строительства;
- на втором этапе уточняется сейсмичность площадки строительства; уточнение осуществляется по данным карты сейсмического микрорайонирования и результатам инженерно-геологических изысканий; при отсутствии карты СМР уточнение сейсмичности площадки допускается выполнять только по результатам изучения ее локальных геологических и других особенностей;
- на третьем этапе, исходя из сейсмичности площадки строительства, ее локальных особенностей и степени ответственности объекта, назначаются параметры внешнего сейсмического воздействия – значения коэффициента сейсмичности и графика коэффициентов динамичности.
- 

**ПРИМЕЧАНИЕ** Коэффициент сейсмичности характеризует масштаб расчетного сейсмического воздействия, а график коэффициентов динамичности – его спектральный состав. Произведение значений коэффициента сейсмичности и ординат графика коэффициентов динамичности характеризуют параметры спектра реакции в ускорениях.



Рис. 19. Карта общего сейсмического зонирования Республики Казахстан

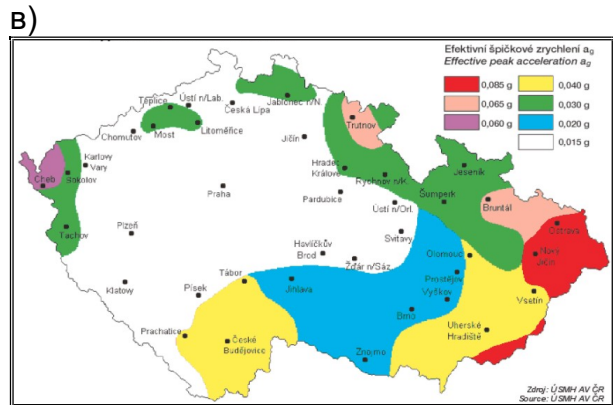
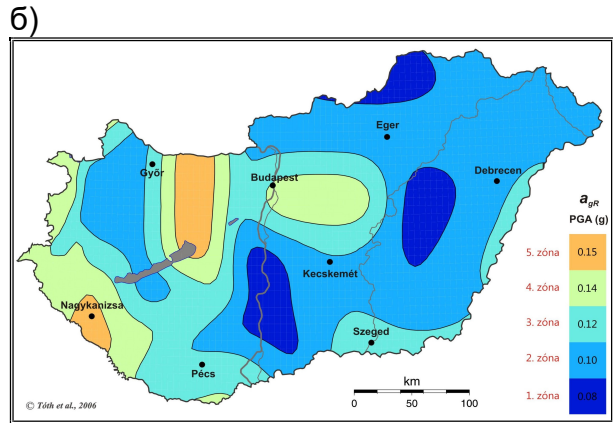
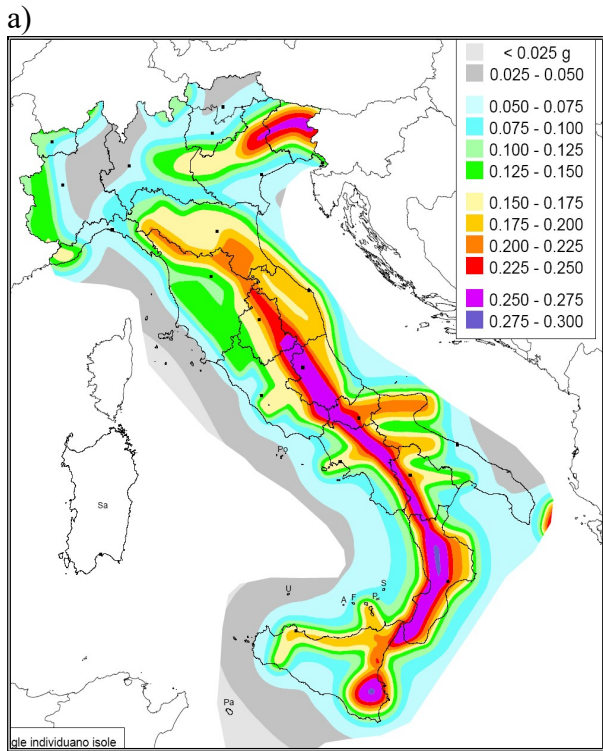
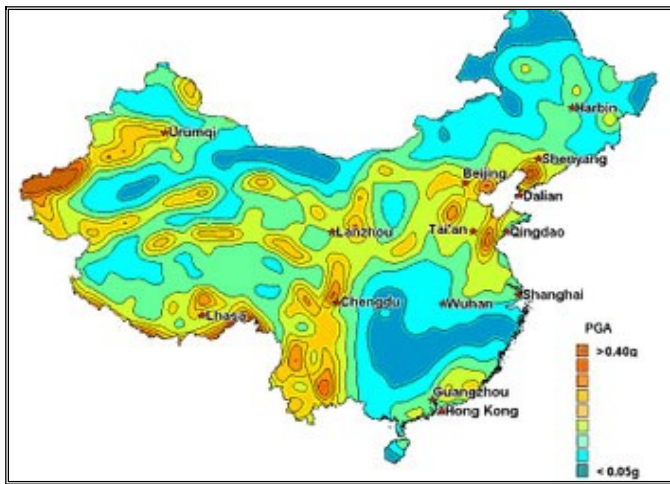


Рис. 20. Карты сейсмического зонирования территорий Италии (а), Венгрии (б) и Чехии (в)

a)

б)



0.10  
0.16  
0.24  
0.36



В)

Г)

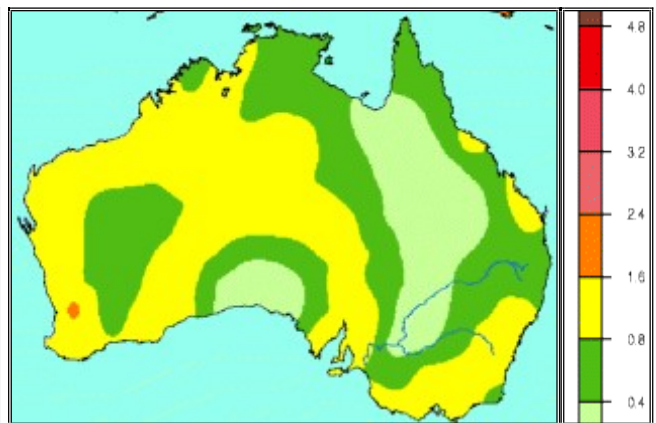
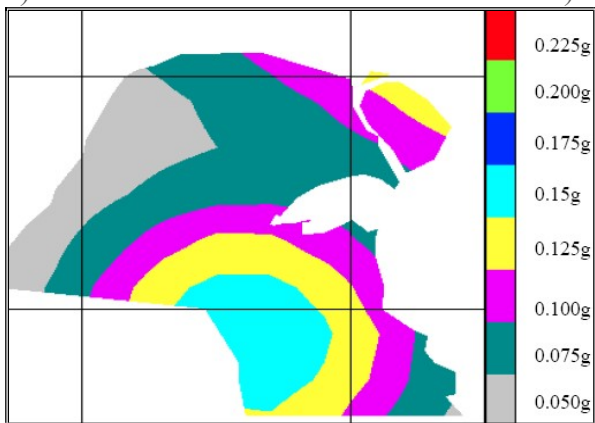


Рис. 21. Карты сейсмического зонирования Китая (а), Индии (б), Кувейта (в) и Австралии (г)

а)

б)

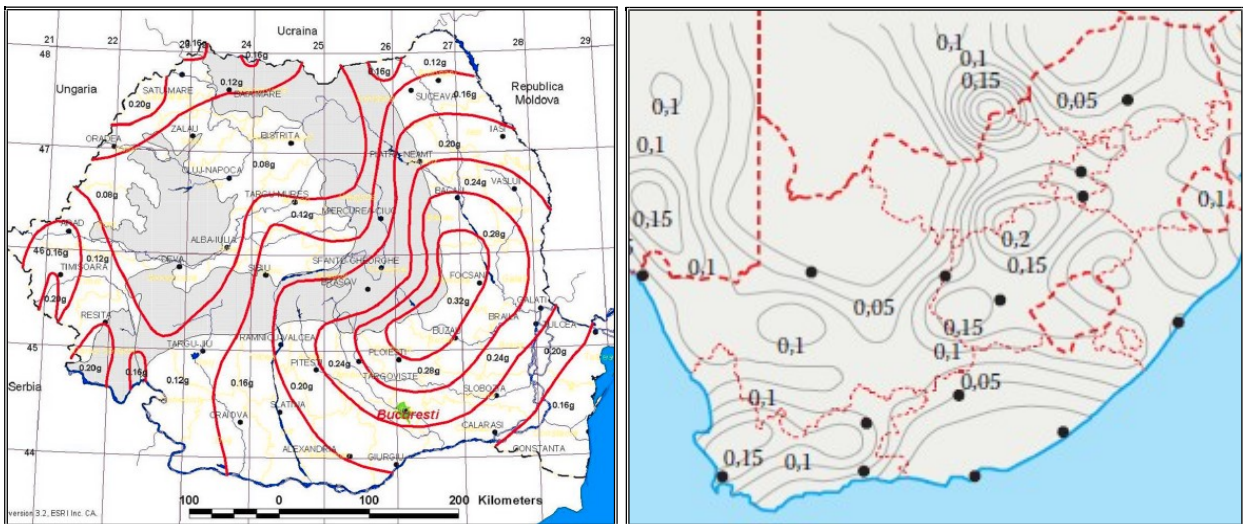


Рис. 22. Карта сейсмического зонирования территорий Румынии (а) и Южной Африки (б)

Процедура определения параметров входного воздействия, предусмотренная Еврокодом 8, может быть кратко охарактеризована следующим образом:

- на первом этапе с помощью карты ОСЗ выявляется зона, в которой расположена площадка строительства, и соответствующее этой зоне значение пикового ускорения колебаний грунта;
- на втором этапе уточняется расчетное значение пикового ускорения; уточнение осуществляется на основании данных о локальных особенностях площадки строительства (грунтовых условиях и рельефа), а также ответственности объекта;
- на третьем этапе – исходя из локальных особенностей площадки строительства, степени ее сейсмической опасности (значения пикового ускорения) и ответственности объекта, определяются параметры входного сейсмического воздействия – спектра реакции в ускорениях.

Наиболее значимое различие между рассмотренными процедурами определения параметров входного воздействия по нормам РК и Еврокоду 8 заключается в следующем:

- согласно положениям норм РК и всех стран СНГ, при определении параметров входного сейсмического воздействия помимо карты ОСР необходимо наличие карты сейсмического микрорайонирования; определение параметров сейсмического воздействия по данным карты ОСР и результатам инженерно-геологических изысканий допускается только при отсутствии карты СМР;
- согласно положениям Еврокода 8 при определении параметров входного сейсмического воздействия можно ограничиться только данными карты ОСЗ и результатами изучения локальных инженерно-геологических условий и рельефа площадки строительства.

Это положение Еврокода 8 представляется весьма дискуссионным. Карты ОСЗ характеризуют степень сейсмической опасности всей территории страны в генерализованном виде. При оценке сейсмической опасности площадок строительства, помимо сейсмической опасности зон, в которой расположены эти площадки и их грунтовых условий, необходимо учитывать и локальные сеймотектонические факторы, способные наряду с региональными факторами весьма ощутимо повлиять на особенности проявления землетрясений. Большое значение для правильной оценки сейсмической опасности площадок строительства имеют также данные, характеризующие макросейсмические эффекты, проявлявшиеся на них при ранее произошедших землетрясениях.

Все локальные факторы и результаты анализа последствий предыдущих землетрясений, характеризующие сейсмичность площадок, отражены именно на картах СМР.

По собранной информации многие страны Евросоюза имеют карты сейсмического микрозонирования территорий крупных населенных пунктов, но ссылок на порядок применения таких карт в Еврокоде 8 нет.

Можно предположить, что отсутствие в Еврокоде 8 каких-либо упоминаний о картах сейсмического микрозонирования связано, прежде всего, с относительно небольшими размерами сейсмоопасных территорий большинства стран Евросоюза, что позволяет им составлять достаточно подробные национальные карты ОСЗ.

В табл. 5 приведены площади территорий Республики Казахстан и некоторых стран Европы. Для сравнения отметим, что площадь сейсмоопасных районов Республики Казахстан, на которых могут происходить землетрясения интенсивностью 6 и более баллов, соизмерима с площадью всей Франции, самой большой страны Европы, и в 2 раза превышает площадь Великобритании. Совершенно очевидно, что при таких размерах территорий, подлежащих сейсмическому

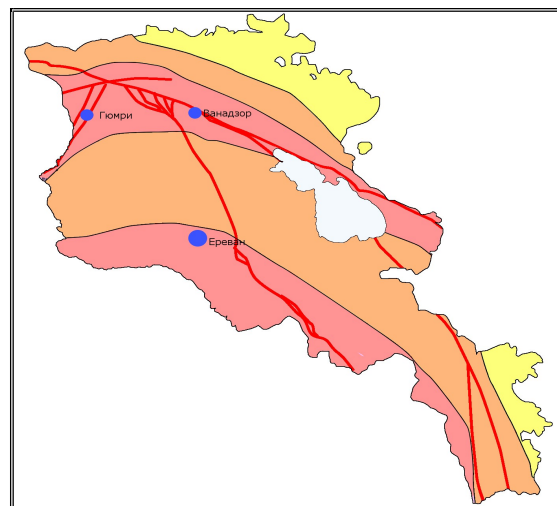
зонированию, в Казахстане невозможно будет обходиться только картами общего сейсмического зонирования. В дополнение к ним потребуются составлять карты детального сейсмического зонирования (ДСЗ) и сейсмического микрозонирования (СМЗ).

Анализируя карты общего сейсмического зонирования ряда стран, нормы которых ранее базировались на картах ОСР, можно сделать вывод, что большинство из этих стран, перейдя к количественным оценкам сейсмической опасности территорий в пиковых ускорениях, не отказалось и от макросейсмических оценок.

В качестве примера на рис. 23 показана карта сейсмического зонирования территории Армении. Из рис. 23 видно, что территория Армении по степени сейсмической опасности разделена на три зоны – 1, 2 и 3. Каждой зоне соответствуют свои значения расчетных пиковых ускорений и скоростей колебаний грунта, но в таблице, сопровождающей карту ОСЗ, помимо количественных параметров колебаний грунта приведены показатели

Таблица 5

№ п.п.	Страна	Общая площадь (тыс. км <sup>2</sup> )
1	Казахстан	2717,3
2	Франция	547,0
3	Испания	504,8
4	Германия	357,0
5	Италия	301,2
6	Великобритания	244,8
7	Румыния	237,5
8	Греция	131,9
9	Болгария	110,9
10	Португалия	92,4
11	Словения	20,3
12	Кипр	6,0



Сейсмические зоны (баллы)		$a_{gR}$ (м/с <sup>2</sup> )	$V$ (см/с)
1 (VIII)	Желтый цвет	2,00	16
2 (VIII-IX)	Коричневый цвет	3,00	24
3 (IX)	Красный цвет	4,00	32

Рис. 23. Карта сейсмического зонирования территории Армении

сейсмической опасности зон в баллах.

В Республике Молдова составлены две карты, характеризующие сейсмическую опасность ее территории. На одной из карт сейсмичность территории описана в баллах, а на другой – в величинах пиковых ускорений (рис. 24).

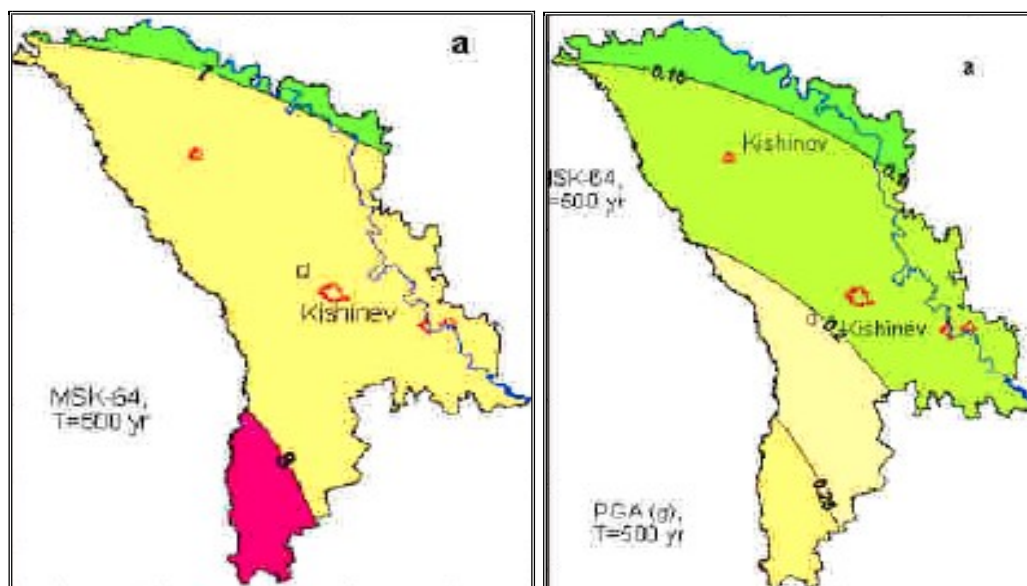


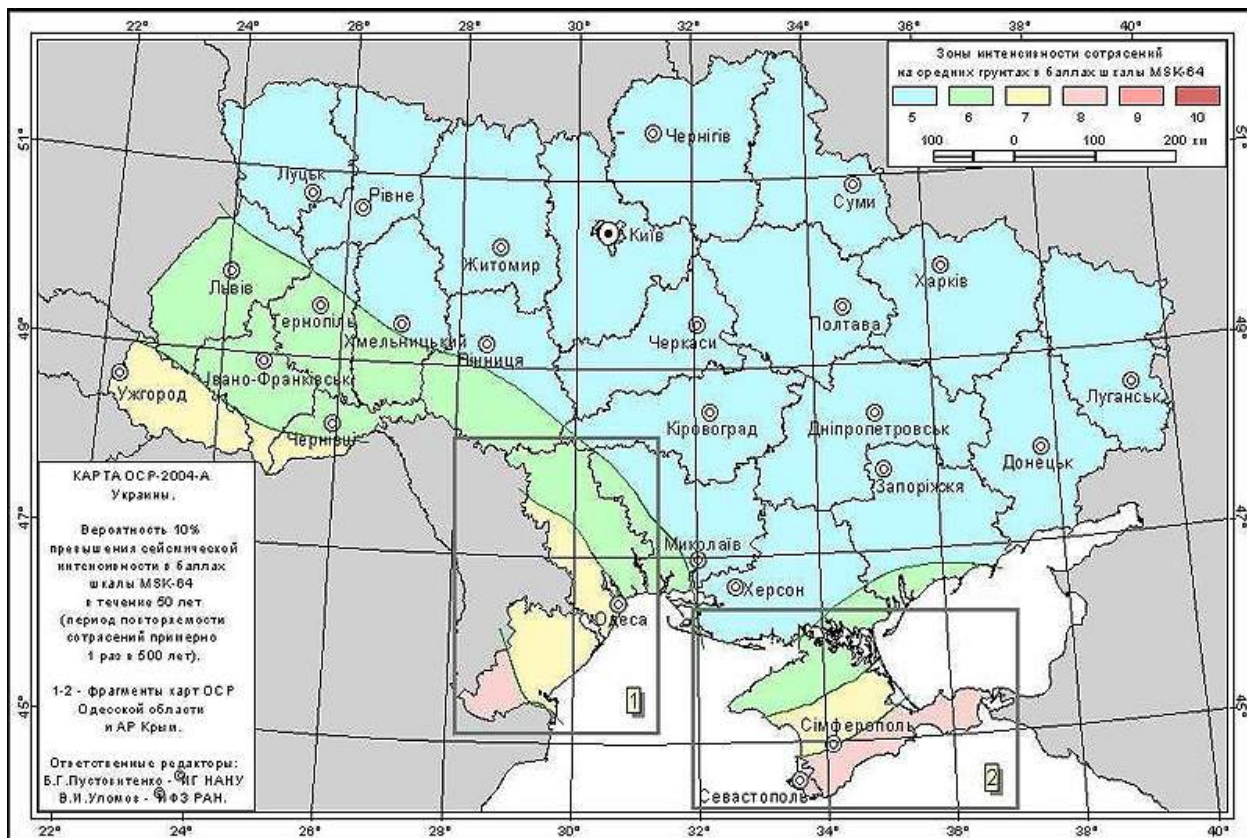
Рис. 24. Карты сейсмического районирования и зонирования территории Молдовы

Специалисты ИФЗ АН РФ и ряда других организаций России, в рамках программы исследований по созданию единой информационной системы «Сейсмобезопасность России», в 2012 году завершают работу над комплектом карт сейсмического районирования территории РФ. На этих картах сейсмическая опасность территорий также будет представлена как в величинах пиковых ускорений, так и в баллах шкалы интенсивности.

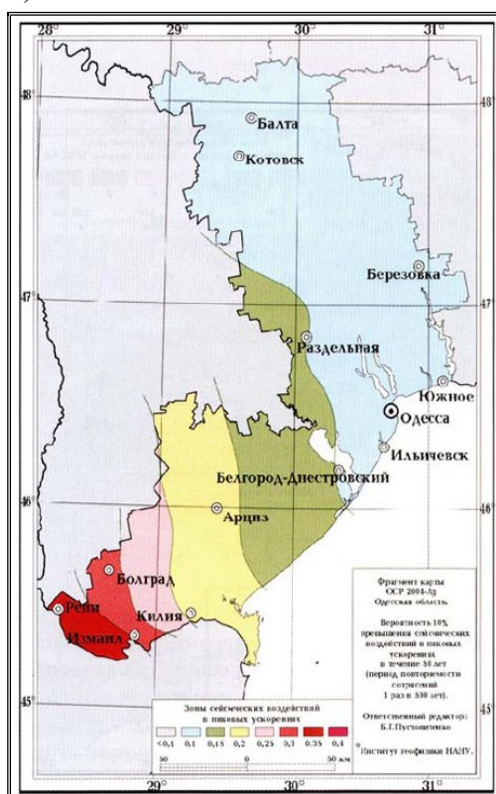
Аналогичные работы выполняются в Украине. На рис. 25 показаны действующие карты сейсмического зонирования Украины в баллах и карты сейсмического зонирования некоторых регионов Украины в величинах пиковых ускорений.

По пункту 3.2.1(2) EN 1998-1:2004 «...Для большинства случаев применения EN 1998 сейсмическая опасность описывается единственным параметром – величиной референтного пикового ускорения  $a_{gR}$  грунта...». Однако многие страны Европы обладают картами ОСЗ, на которых сейсмическая опасность территорий оценивается не только в пиковых ускорениях, но и также как в странах СНГ - в баллах. На рис. 26 показаны карты сейсмического зонирования территорий Болгарии (а), Румынии (б), Хорватии (в), Испании (г) и Италии (д). Подобные карты имеют также Индия (рис. 26.е), Франция, Австралия, и др.

Полностью исключать из норм РК карты ОСЗ, на которых сейсмическая опасность территорий оценивается в баллах, нецелесообразно. Эти карты имеют свои положительные стороны. Специалисты, осуществляющие проектирование зданий и сооружений, а также государственные органы, контролирующие эти процессы, при наличии карт, на которых сейсмическая опасность территорий выражается в баллах, не только получают информацию о фоновой сейсмической опасности района строительства, но и достаточно ясно представляют возможные макросейсмические последствия прогнозируемых землетрясений. Этот факт представляется нам немаловажным.



б)



в)

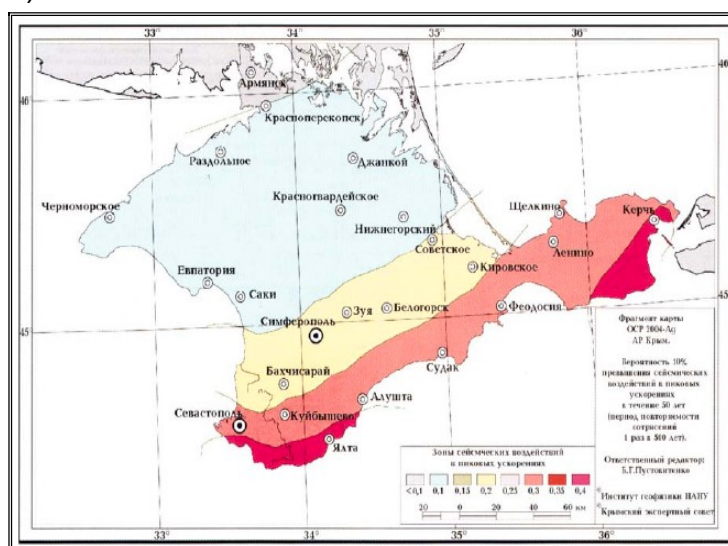


Рис. 25. Карта общего сейсмического зонирования территории Украины («а» – в баллах по шкале MSK-64), Одесской области («б» – в ускорениях) и Крыма («в» – в ускорениях)



Рис. 26. Карты сейсмического зонирования территорий Болгарии (а), Румынии (б), Хорватии (в), Испании (г), Италии (д, фрагмент) и Индии (е) в баллах

### ***Выводы по разделу 2.2.***

В нормах Республики Казахстан, регламентирующих правила проектирования и строительства в сейсмических районах, предпочтительно иметь карты с показателями сейсмической опасности в пиковых ускорениях и карты с показателями сейсмической опасности в баллах.

На картах общего сейсмического зонирования, отнесенных к скальным и скально-подобным геологическим формациям, в соответствии с рекомендациями Еврокода 8 можно привести показатели сейсмической опасности зон только в пиковых ускорениях.

На картах общего сейсмического зонирования, отнесенных к «средним» грунтам, достаточно привести показатели сейсмической опасности зон только в баллах.

Приводить на картах ОСЗ, отнесенных к скальным и скально-подобным геологическим формациям, сейсмичность зон в баллах нецелесообразно по следующим причинам:

- оценки макросейсмических последствий прогнозируемых землетрясений по карте, отнесенной к скальным и скально-подобным геологическим формациям, и по карте, отнесенной к «средним» грунтам, будут противоречить друг другу;
- оценки макросейсмических последствий прогнозируемых землетрясений по карте, отнесенной к скальным и скально-подобным геологическим формациям, не имеют практического значения для прогнозирования экономических и социальных последствий землетрясений, так как этот тип грунтов нехарактерен для территорий Казахстана с наибольшей плотностью населения.

### **2.3. О количественных значениях показателей сейсмической опасности на картах сейсмического зонирования**

На карте ОСР Республики Казахстан, как и на картах большинства стран СНГ, показатели сейсмической опасности районов зафиксированы с шагом в один балл – описаны целочисленными значениями баллов.

На картах ОСЗ территорий Армении (рис. 23), Болгарии (рис. 26.а), Румынии (рис. 26.б), Испании (рис. 26. г) и ряда других стран, сейсмическая опасность территорий описывается в полубалльном представлении. В аналогичном виде предполагается представить новые карты Российской Федерации ОСР-2012.

Подробное обоснование целесообразности перехода на картах ОСР от целочисленных к дробным баллам дано в работах /5/ (А.А. Гусев, 2002 г.) и /11, 12/ (Уломов В.И., 2009 и 2010 г.г.). В этих работах отмечается, что карты, имеющие полубалльное представление, обладают существенными преимуществами перед традиционными картами. Градация показателей сейсмической опасности территорий через 0,5 балла позволяет не только исключить чрезмерное искажение оценок сейсмической опасности, но и повышает экономическую эффективность затрат на сейсмостойкое строительство.

Для иллюстрации преимуществ карт, на которых сейсмическая опасность описывается в полубалльном представлении, в /12/ сопоставлены фрагмент карты ОСР-97-А, имеющей градацию через балл, и карта регионального сейсмического зонирования Красноярского края с градацией через 0,5 балла (рис. 27).

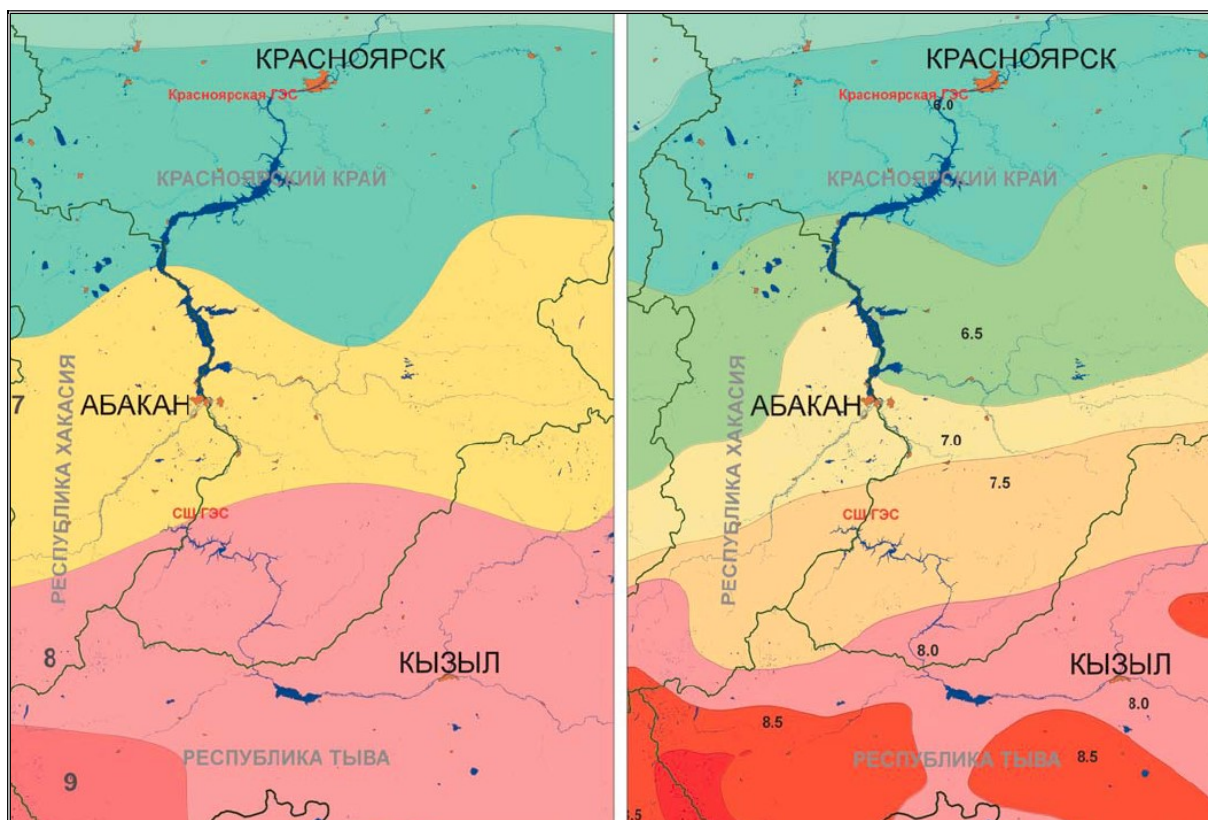


Рис. 27. Фрагмент карты ОСР-97-А (слева) и регионального сейсмического зонирования Красноярского края в градации через 0,5 балла

Несмотря на весьма убедительные с позиций сейсмологов данные об экономическом эффекте, сопровождающем переход к картам с градацией в 0,5 балла, с инженерных позиций целесообразность такого перехода не столь однозначна.

### 2.3.1. О баллах в шкалах сейсмической интенсивности и на картах ОСЗ

Современные шкалы сейсмической интенсивности в баллах являются дискретными, а не непрерывными. Каждому целочисленному значению балла соответствуют установленные в шкалах сейсмической интенсивности интервалы макросейсмических показателей *последствий землетрясений* и количественных данных о параметрах колебаний грунтов.

Макросейсмические показатели интенсивности землетрясений, установленные для каждого целочисленного балла, основываются на оценках сейсмической реакции строений, людей, предметов и грунтов в описательных терминах. Эти термины – «незначительные повреждения», «значительные повреждения», «испуг», «паника», «отдельные» «довольно многие», «большинство» и им подобные – не отличаются высокой статистической точностью и изначально не предназначены для описания интенсивности землетрясений в дробных баллах, характеризующих некоторые промежуточные ситуации.

Более того, практически во всех редакциях международных шкал сейсмической интенсивности (MM, MSK-64, EMS-98) баллы обозначаются римскими цифрами ( V, VI, VII, VIII, IX, X), что подчеркивает их целочисленность и исключает возможность дробных оценок интенсивности землетрясений. В современных нормах ряда стран традиция обозначения баллов римскими цифрами вполне обоснованно соблюдается и в настоящее время (рис. 23, рис. 26.в, г, д, е). Причем, если на картах ОСЗ этих стран и указываются зоны, сейсмическая опасность которых не соответствует градации, принятой в шкалах, то эти зоны обозначаются VI-VII, VII-VIII, VIII-IX.

В Пояснительной записке к Европейской шкале сейсмической интенсивности EMS-98 отмечается, что «...Количество делений шкалы, как они приняты, должны отвечать двум критериям: во-первых, чтобы они распределялись равномерно, и во-вторых, чтобы они отличались друг от друга на практике». И далее: «...Для практических целей двенадцать степеней интенсивности должно быть достаточно, и рекомендуется пользователям не тратить время, пытаясь интерполировать промежуточные степени, даже в тех случаях, когда они могут иметь отличительные признаки. Самый простой и самый надежный на практике случай заключается в округлении в меньшую сторону всех «нецелочисленных» интенсивностей, что должно обеспечивать получение их правильных интегральных значений».

Можно дискутировать о том в большую или меньшую сторону следует округлять нецелочисленные показатели интенсивности землетрясений, но в любом случае, если бы имелась практическая возможность, то вместо применения дробных баллов было бы целесообразнее разработать шкалы, содержащие описания не 12, а 18 или 20 баллов.

### **2.3.2. О взаимосвязи обязательных конструктивных мероприятий, установленных в нормах для проектируемых объектов, с показателями сейсмической опасности на картах ОСЗ**

Согласно положениям Еврокода 8 параметры входных сейсмических воздействий на проектируемые объекты должны определяться с помощью карт, на которых сейсмическая опасность национальных территорий оценивается в пиковых ускорениях. Карты, на которых сейсмическая опасность территорий оценивается в баллах или полубаллах, могут потребоваться лишь при назначении обязательных конструктивных мероприятий, установленных в нормах для проектируемых объектов вне зависимости от результатов их расчетов.

Обязательные конструктивные мероприятия, принимаемые при проектировании объектов, можно условно разделить на две группы. К первой группе относятся обязательные конструктивные мероприятия, зависящие от сейсмичности площадок строительства, а ко второй – обязательные конструктивные мероприятия, принимаемые вне зависимости от сейсмичности строительных площадок.

В действующих нормах РК, как и в нормах других стран СНГ, обязательные конструктивные мероприятия первой группы увязаны с показателями сейсмичности строительных площадок, выраженными в целочисленных баллах. Если сейсмическая опасность площадок в новых картах будет оцениваться в полубаллах, то обязательные конструктивные мероприятия, установленные ныне для площадок сейсмичностью 7 баллов, скорее всего, будут распространены на площадки сейсмичностью 6,5 и 7 баллов, для площадок сейсмичностью 8 баллов – на площадки сейсмичностью 7,5 и 8 баллов, и так далее. Во всяком случае, в настоящее время нет оснований, позволяющих поступить иным образом.

Обязательные конструктивные мероприятия второй группы увязаны только с конструктивными особенностями проектируемых объектов или их элементов. Показатели сейсмичности строительных площадок, приняты они в баллах или в полубаллах, на обязательные конструктивные мероприятия второй группы не повлияют.

Как следствие, замена показателей сейсмической опасности, представленных на действующих картах в целочисленных баллах, на показатели, представленные в полубаллах, не отразится на экономической эффективности затрат на сейсмостойкое строительство. Экономическая эффективность затрат на сейсмостойкое строительство будет взаимосвязана только с представленной на картах градацией количественных значений показателей колебаний грунтов.

Исходя из соображений, представленных в пунктах 1 и 2 настоящего раздела, на картах сейсмического зонирования территории Республики Казахстан макросейсмические

показатели сейсмической опасности зон предлагается указывать в целочисленных баллах, а количественные показатели колебаний грунтов – в пиковых ускорениях, значения которых могут иметь градацию с относительно небольшим шагом.

В качестве примера на рис. 28 показаны карты сейсмического зонирования Китая, на которых сейсмическая опасность территорий представлена в целочисленных баллах (а) и в пиковых ускорениях (б).

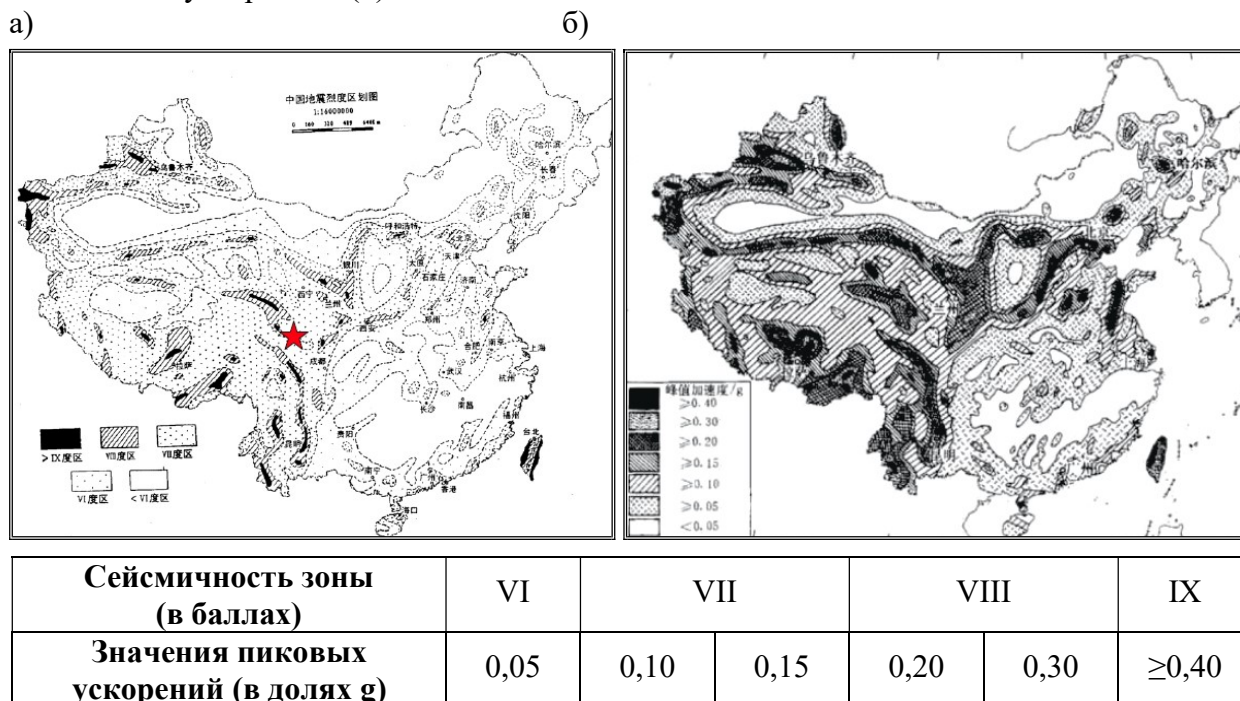


Рис. 28. Карты сейсмического зонирования Китая в баллах и ускорениях

### 2.3.3. О количественных показателях колебаний грунтов на картах ОСЗ

2.3.3.1. В отношении количественных показателей колебаний грунтов (пиковых ускорений, скоростей и перемещений), характеризующих сейсмическую опасность территорий и соответствующих целочисленным баллам, в EMS-98 указывается следующее. «...Если рассматривать количественные показатели колебаний грунта в качестве физического параметра интенсивности землетрясений, или, правильнее, как сочетание физических параметров, в котором ускорения, скорости, перемещения и продолжительность воздействия совмещены, то вполне можно представить, что существует полная непрерывность количественных значений колебаний грунта, изменяющихся в пределах от нуля до некоторого максимума».

Основываясь на этом положении EMS-98 интервалы количественных значений показателей колебаний грунта, соответствующие каждому целочисленному баллу, вполне допустимо подвергнуть градации – представить в виде последовательности дискретных значений, увеличивающихся с заданным шагом, или в виде интервалов значений, у которых с заданным шагом изменяются нижние и верхние границы.

ПРИМЕЧАНИЕ В EMS-98 отмечается, что поскольку интенсивность землетрясений в баллах является в некотором роде аналогом зарегистрированных комбинаций колебаний грунта, то это создаст иллюзию, что макросейсмические оценки сейсмической опасности территорий тоже имеют непрерывное изменение от нуля до максимума. Тем не менее, интенсивность в баллах не может быть определена как непрерывный параметр и должна быть дискретизирована в виде целочисленных значений.

В таблице 6 приведены данные, характеризующие шаги градации пиковых ускорений на картах ОСЗ 40 стран мира.

Таблица 6

№ п.п.	Страна	Пиковые ускорения (в долях g)
1	2	3
1	Казахстан	0,50; 0,25; 0,125
2	Колумбия	0,50; 0,45; 0,40; 0,35; 0,30; 0,25; 0,20; 0,15; 0,10; 0,05
3	Китай	$\geq 0,40$ ; 0,30; 0,20; 0,15; 0,10; 0,05; $< 0,05$
4	Армения	0,40; 0,30; 0,20
5	Грузия	0,40; 0,20; 0,10
6	Россия	0,40; 0,20; 0,10
7	Украина	0,40; 0,20; 0,10; 0,05
8	Киргизия	0,40; 0,20; 0,10
9	Венесуэла	0,40; 0,35; 0,30; 0,25; 0,20; 0,15; 0,10
10	Коста Рика	0,40; 0,30; 0,20
11	Турция	0,40; 0,30; 0,20; 0,10
12	Чили	0,40; 0,30; 0,20
13	Греция	0,36; 0,24; 0,16; 0,12
14	Индия	0,36; 0,24; 0,16; 0,10
15	Иран	$\geq 0,35$ ; 0,35-0,30; 0,30-0,25; 0,25-0,20; 0,20-0,15; 0,15-0,10; 0,10-0,05; $< 0,05$
16	Аргентина	0,35; 0,25; 0,15; 0,08
17	Пакистан	$\geq 0,32$ ; 0,32-0,24; 0,24-0,16; 0,16-0,08; 0,08-0,05
18	Румыния	0,32; 0,28; 0,24; 0,20; 0,16; 0,12; 0,08
19	Албания	0,30; 0,25; 0,20; 0,15; 0,10; 0,05
20	Египет	0,30; 0,15; 0,10
21	Индонезия	0,30; 0,25; 0,20; 0,15; 0,10; 0,03
1	2	3
21	Италия	0,30-0,275; 0,275-0,25; 0,25-0,225; 0,225-0,20; 0,20-0,175; 0,175-0,15; 0,15-0,125; 0,125-0,10; 0,10-0,075; 0,075-0,05; 0,05-0,025; $< 0,025$
23	Хорватия	0,30; 0,20; 0,10; 0,05
24	Португалия	0,25; 0,20; 0,15; 0,10; 0,05
25	Словакия	0,25-0,16; 0,16-0,13; 0,13-0,10; 0,10-0,08; 0,08-0,07; 0,07-0,06; 0,06-0,05
26	Кипр	0,25; 0,20; 0,15
27	Словения	0,25; 0,225; 0,20; 0,175; 0,15; 0,125; 0,10
28	Кувейт	0,225; 0,20; 0,175; 0,15; 0,125; 0,10; 0,075; 0,05
29	Австралия	$> 0,21$ ; 0,21; 0,20; 0,19; 0,18; 0,17; 0,16; 0,15; 0,14; 0,13; 0,12; 0,11; 0,10; 0,09; 0,08; 0,07; 0,06; 0,05; $< 0,05$
30	Южная Африка	0,20; 0,15; 0,10; 0,05
31	Испания	$\geq 0,16$ ; 0,16-0,12; 0,12-0,08; 0,08-0,04;
32	Франция	0,16; 0,11; 0,07
33	Швейцария	0,16; 0,13; 0,10; 0,06
34	Алжир	0,15; 0,12; 0,10; 0,07
35	Венгрия	0,15; 0,14; 0,12; 0,10; 0,08
36	Корея	0,11; 0,07
37	Бельгия	0,10; 0,05
38	Германия	0,08; 0,06; 0,04
39	Чехия	0,085; 0,065; 0,06; 0,04; 0,03; 0,02; 0,015
40	Великобритания	0,08-0,06; 0,06-0,04; 0,04-0,02; 0,02-0,00

**ПРИМЕЧАНИЕ** Данные, приведенные в табл. 6, как правило, соответствуют картам, составленным для землетрясений с повторяемостью 1 раз в 475 лет.

Данные таблицы 6 показывают, что шаги градации количественных значений показателей колебаний грунтов, принятые в разных странах, весьма разнятся между собой.

Самый маленький шаг в градации пиковых ускорений на картах ОСЗ наиболее типичен для стран, территории которых не подвержены сильным землетрясениям, а также для стран, имеющих относительно небольшие территориальные размеры: Чехия – от 0,005g до 0,02g; Австралия – 0,01g, Великобритания и Германия – 0,02g; Венгрия – от 0,01g до 0,02g; Алжир – 0,03g, Словения и Кувейт – 0,025g.

Для стран, подверженных сильным землетрясениям, наиболее типичные шаги в градации составляют 0,05g и 0,1g. Исключение в этом отношении составляет Италия, которая благодаря высокой степени сейсмологической изученности своих территорий, приняла на карте ОСЗ шаг пиковых ускорений 0,025g.

Наиболее грубая градация пиковых ускорений наблюдается на картах ОСР стран СНГ – от 0,10 до 0,25g. Вместе с тем, принимать в новых картах ОСЗ территории Республики Казахстан градацию пиковых ускорений с чрезмерно малыми шагами, по-видимому, нецелесообразно. При необходимости это можно осуществить на картах ДСР и СМР.

Для разработки предложений по градации пиковых ускорений на новой карте ОСЗ территории РК рассмотрим интервалы и медианные значения пиковых ускорений горизонтальных колебаний грунтов при землетрясениях интенсивностью 5-10 баллов, приведенные в шкале сейсмической интенсивности, действующей в Республике Казахстан (таблица 7, /13/).

Из табл. 7 видно, что величины ускорений, соответствующих верхним и нижним границам интервалов, установленных для всех баллов, различаются между собой примерно в 2,25 раза.

Таблица 7

I, баллы	Ускорения см/с <sup>2</sup>	
	Интервал значений	Медиана
X	>900	
IX	400-900	600
VIII	180-400	270
VII	80-180	120
VI	35-80	55
V	16-35	25

Основываясь на данных таблиц 6 и 7, рассмотрим два варианта градации пиковых ускорений на картах общего сейсмического зонирования территории Республики Казахстан.

В первом варианте опасность внутри каждой сейсмической зоны принимается постоянной и характеризуется одним значением пикового ускорения (табл.8).

Таблица 8

Номер сейсмической зоны	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Сейсмичность зоны I (в баллах)	≤V	VI	VII		VIII		IX		X
Значения пиковых ускорений PGA (в долях g)	≤0,05	0,05	0,1	0,15	0,225	0,335	0,50	0,75	≥0,9

Значения пиковых ускорений, характеризующих в таблице 8 сейсмическую опасность зон с сейсмичностью VII, VIII и IX баллов, представляют собой:

- первое число – среднеарифметическое между значениями пикового ускорения, соответствующего нижней границе интервала, и медианы в табл. 7;
- второе число – среднеарифметическое между значениями пикового ускорения, соответствующего верхней границе интервала и медианы в табл. 7.

Во втором варианте опасность внутри каждой сейсмической зоны также принимается постоянной, но характеризуется интервалом значений пиковых ускорений (табл. 9).

Таблица 9

Номер сейсмической зоны	Сейсмичность зоны I (в баллах)	Значения пиковых ускорений PGA (в долях g)
0	$\leq V$	$<0,05$
1	VI	0,05-0,075
2		0,075-0,10
3	VII	0,10-0,15
4		0,15-0,20
5	VIII	0,20-0,30
6		0,30-0,40
7	IX	0,40-0,50
8		0,50-0,70
9		0,70-0,90
10	X	$>0,9$

Второй вариант описания сейсмической опасности внутри каждой зоны, по нашему мнению, обладает несомненным преимуществом перед первым вариантом.

Карты общего сейсмического зонирования, на которых сейсмическая опасность зон будет описываться соответствующими интервалами значений пиковых ускорений:

- не будут противоречить картам ДСР и СМР, на которых значения пиковых ускорений могут отображаться одним числом;
- при отсутствии для строительных площадок карт СМР позволяют пользоваться среднеарифметическими значениями пиковых ускорений.

**2.3.3.2.** На новых картах общего сейсмического зонирования территории Республики Казахстан или в пояснительной записке к ним следует в обязательном порядке указать, какое именно содержание придано значениям PGA, характеризующим сейсмическую опасность зон. Поясним сказанное на конкретных примерах и проиллюстрируем многообразие существующих трактовок значений PGA в нормативных документах разных стран.

Под значениями PGA (peak ground acceleration – пиковое ускорение основания), приведенными в шкалах сейсмической интенсивности, традиционно подразумеваются пиковые ускорения горизонтальных колебаний грунтов, инструментально зарегистрированные при землетрясениях на более интенсивной горизонтальной компоненте, ориентированной на плоскости случайным образом.

В эмпирических моделях, описывающих сейсмические колебания грунтов при землетрясениях и применяемых при составлении карт сейсмического зонирования, под значением PGA зачастую подразумеваются:

- значение пикового ускорения, инструментально зарегистрированное на более интенсивной горизонтальной компоненте, ориентированной на горизонтальной плоскости случайным образом (далее –  $PGA_{\max \text{ инстр}}$ );

- среднеарифметическое значение между пиковыми ускорениями, зарегистрированными на двух ортогональных осях, ориентированных на горизонтальной плоскости случайным образом (далее –  $PGA_{\text{ср арифм}}$ );
- среднегеометрическое значение между пиковыми ускорениями, зарегистрированными на двух ортогональных осях, ориентированных на горизонтальной плоскости случайным образом (далее –  $PGA_{\text{ср геом}}$ );
- среднеквадратичное значение между пиковыми ускорениями, зарегистрированными на двух ортогональных осях, ориентированных на горизонтальной плоскости случайным образом (далее –  $PGA_{\text{ср квадр}}$ );
- векторная сумма пиковых ускорений, зарегистрированных по двум ортогональным осям, ориентированным на горизонтальной плоскости случайным образом (далее –  $PGA_{\text{вект сумма}}$ );
- максимальное значение ускорения на горизонтальной плоскости, вычисленное по двум зарегистрированным ортогональным компонентам, ориентированным на горизонтальной плоскости случайным образом (далее –  $PGA_{\text{мах выч}}$ );
- среднегеометрическое значение между  $PGA_{\text{мах выч}}$  на фактически наиболее интенсивной компоненте и вычисленным значением пикового ускорения на ортогональной компоненте (далее –  $PGA_{\text{мах ср геом}}$ );
- эффективное пиковое ускорение основания  $EPGA$ , часто принимаемое 0,7-0,8 от значения  $PGA$ .

Для выявления соотношений между указанными выше величинами был выполнен анализ 220 двухкомпонентных инструментальных записей колебаний грунтов при сильных землетрясениях. Зависимости, построенные по результатам проведенного анализа (рис. 29 и 31), показали следующее.

а) Пиковые ускорения, инструментально зарегистрированные на более интенсивных горизонтальных компонентах, превышают:

- среднеарифметические значения между пиковыми ускорениями, зарегистрированными на двух ортогональных осях, ориентированных на плоскости случайным образом, примерно в 1,06 раза (среднеарифметическое значение превышения – 1,062, медианное – 1,055);
- среднегеометрические значения между пиковыми ускорениями, зарегистрированными на двух ортогональных осях, ориентированных на плоскости случайным образом, примерно в 1,06 раза (среднеарифметическое значение превышения – 1,065, медианное – 1,056).
- среднеквадратичные значения между пиковыми ускорениями, зарегистрированными на двух ортогональных осях, ориентированных на плоскости случайным образом, примерно в 1,06 раза. (среднеарифметическое значение превышения – 1,058, медианное – 1,052).

б) Векторные суммы пиковых ускорений, зарегистрированных на двух ортогональных осях, ориентированных на плоскости случайным образом, превышают пиковые ускорения, инструментально зарегистрированные на более интенсивных горизонтальных компонентах, примерно в 1,38 раза (среднеарифметическое значение превышения – 1,374, медианное – 1,378).

в) Максимальные значения ускорений на горизонтальной плоскости, вычисленные по зарегистрированным ортогональным компонентам, ориентированным на плоскости случайным образом, превышают пиковые ускорения, инструментально зарегистрированные на более интенсивных горизонтальных компонентах, примерно в 1,08 раза (среднеарифметическое значение превышения – 1,081, медианное – 1,064).

г) Максимальные значения ускорений на горизонтальной плоскости, вычисленные по зарегистрированным ортогональным компонентам, ориентированным на плоскости случайным образом, превышают среднегеометрические значения между вычисленными пиковыми ускорениями на двух ортогональных осях примерно в 1,19 раз (среднеарифметическое значение превышения – 1,190, медианное – 1,181).

Из приведенных данных видно, что среднеарифметические, среднегеометрические и среднеквадратичные значения между пиковыми ускорениями на двух ортогональных осях связаны с пиковыми ускорениями на наиболее интенсивной горизонтальной компоненте практически идентичными зависимостями:

$$PGA_{\text{ср арифм}} \approx PGA_{\text{ср геом}} \approx PGA_{\text{ср квадр}} \approx 0,94 PGA_{\text{макс INSTR}}$$

Отсюда следует, что применение среднеарифметических, среднегеометрических и среднеквадратичных значений PGA для нормирования сейсмической опасности зон на картах ОСЗ не имеет каких-либо явных преимуществ перед применением значений пиковых ускорений на наиболее интенсивной горизонтальной компоненте или максимальных значений ускорений на горизонтальной плоскости.

Векторные суммы пиковых ускорений, зарегистрированных на двух ортогональных осях, ориентированных на горизонтальной плоскости случайным образом, значительно превышают не только инструментально зарегистрированные максимальные значения пиковых ускорений, но и вычисленные максимальные значения ускорений на горизонтальной плоскости.

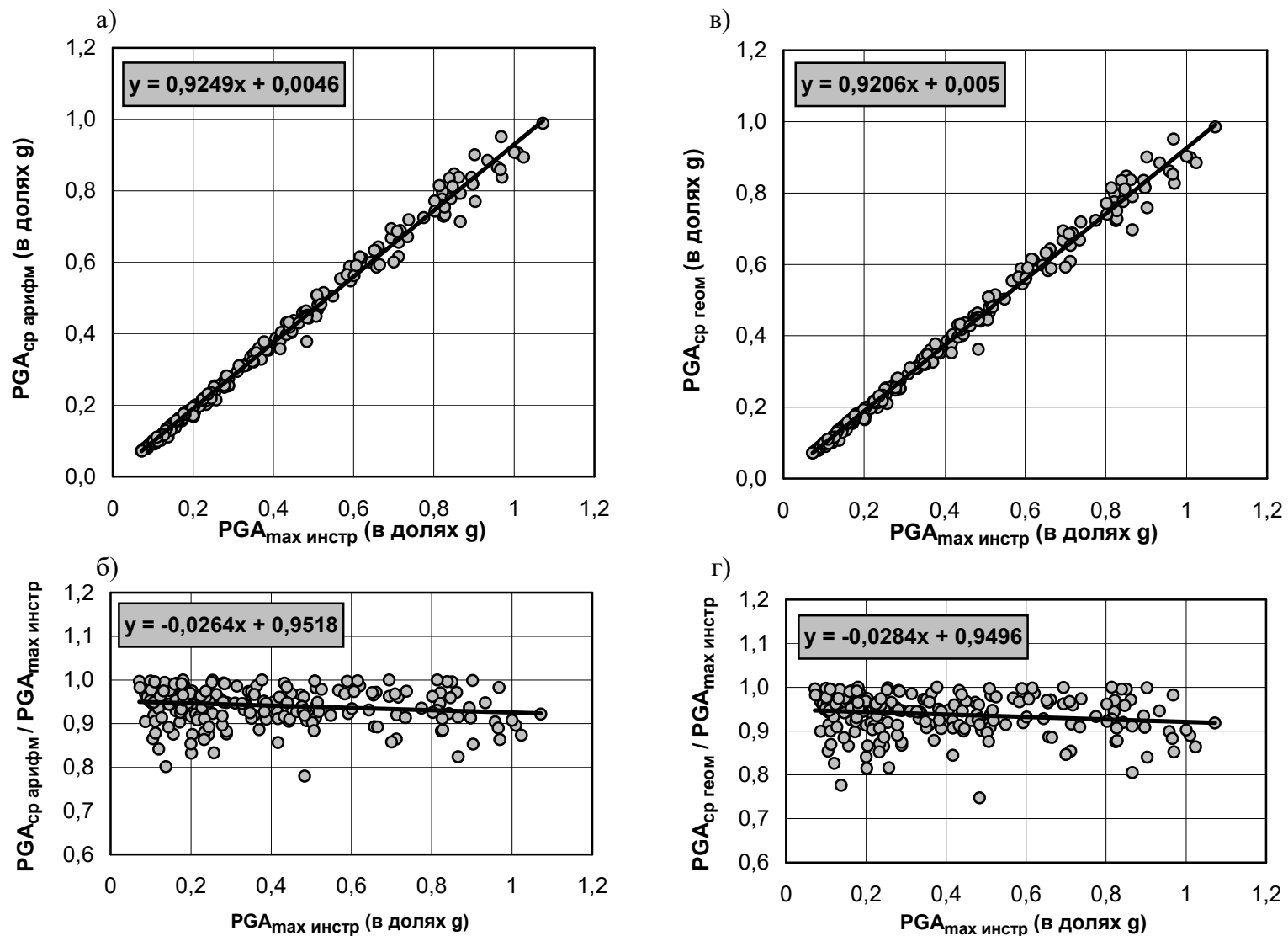


Рис. 29. Зависимости, характеризующие соотношения между «PGA<sub>max инстр</sub>–PGA<sub>ср арифм</sub>» (а), «PGA<sub>max инстр</sub>–PGA<sub>ср арифм</sub>/PGA<sub>max инстр</sub>» (б), «PGA<sub>max инстр</sub>–PGA<sub>ср геом</sub>» (в) и «PGA<sub>max инстр</sub>–PGA<sub>ср геом</sub>/PGA<sub>max инстр</sub>» (г)

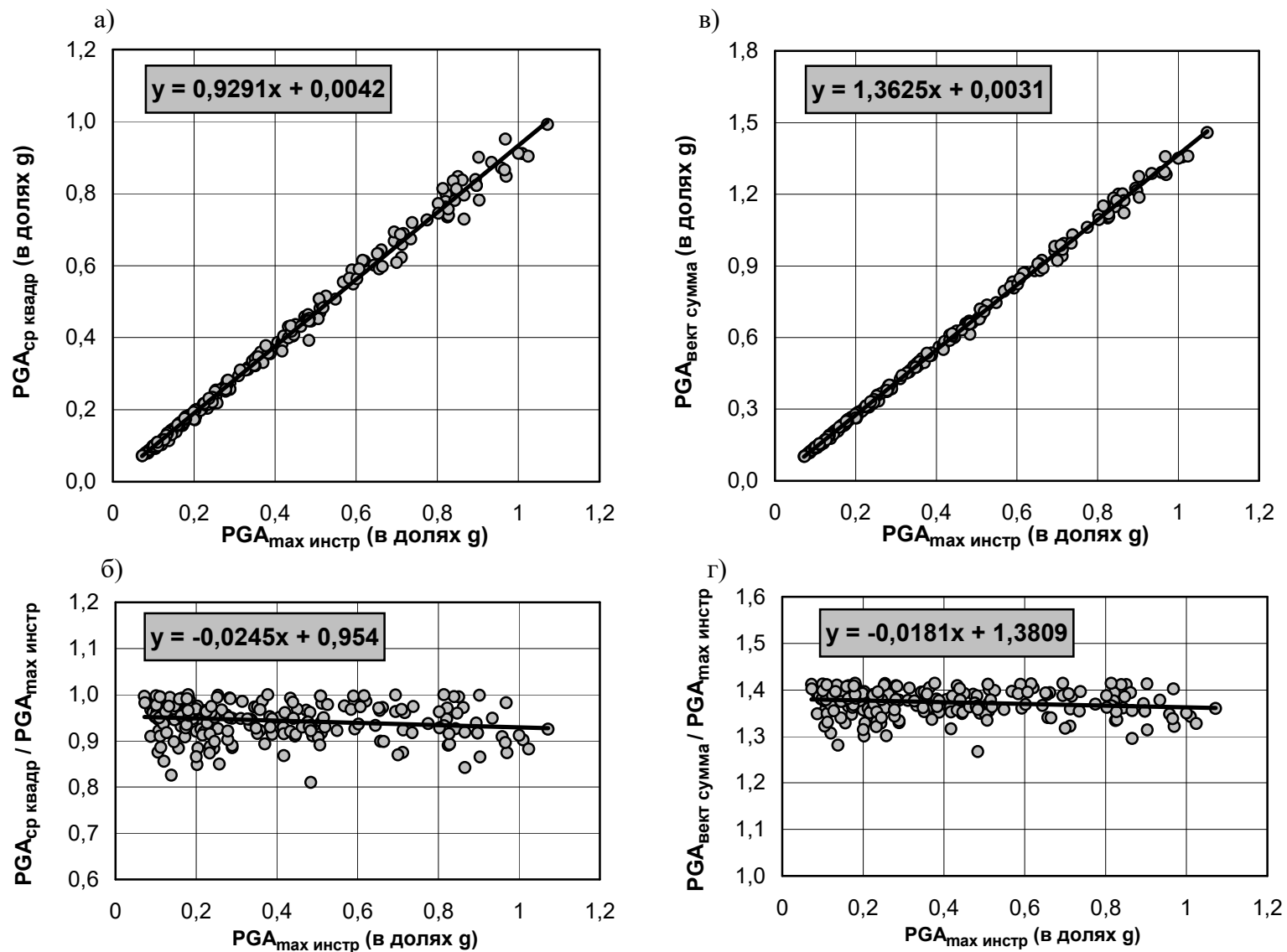


Рис. 30. Зависимости, характеризующие соотношения между «PGA<sub>max инстр</sub>–PGA<sub>ср квадрат</sub>» (а), «PGA<sub>max инстр</sub>–PGA<sub>ср квадрат</sub>/PGA<sub>max инстр</sub>» (б), «PGA<sub>max инстр</sub>–PGA<sub>вект сумма</sub>» (в) и «PGA<sub>max инстр</sub>–PGA<sub>вект сумма</sub>/PGA<sub>max инстр</sub>» (г)

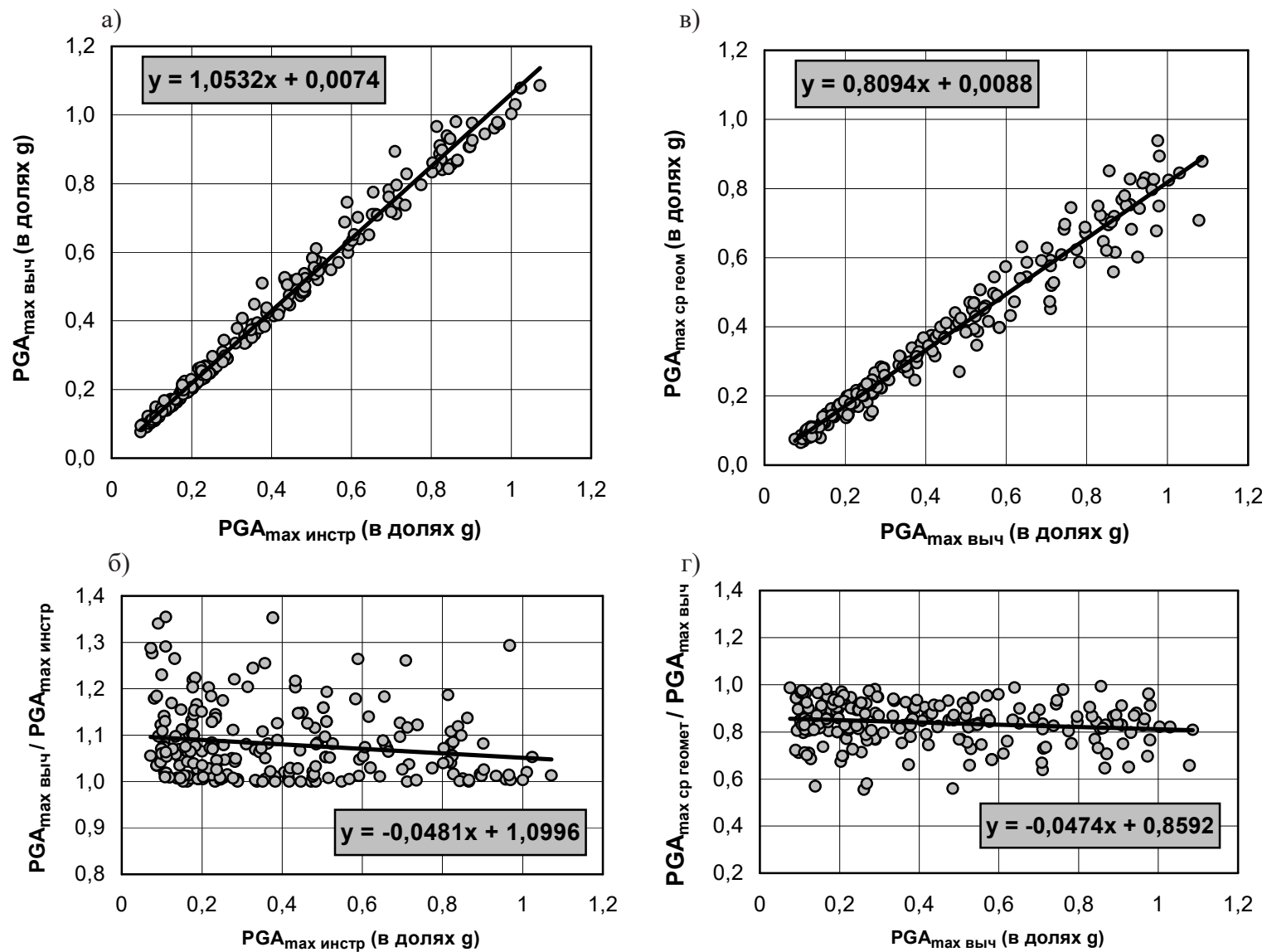


Рис. 31. Зависимости, характеризующие соотношения между «PGA<sub>max инстр</sub>–PGA<sub>max выч</sub>» (а), «PGA<sub>max инстр</sub>–PGA<sub>max выч</sub>/ PGA<sub>max инстр</sub>» (б), «PGA<sub>max выч</sub>–PGA<sub>max ср геом</sub>» (в) и «PGA<sub>max выч</sub>–PGA<sub>max ср геом</sub>/ PGA<sub>max выч</sub>» (г)

Основываясь на полученных данных можно сделать вывод, что показатели сейсмической опасности, приведенные на картах ОСЗ, предпочтительно описывать значениями PGA, имеющими ясный смысл:

- пиковыми ускорениями на более интенсивной горизонтальной компоненте, ориентированной на плоскости случайным образом;
- либо максимальными значениями ускорений на горизонтальной плоскости;
- либо эффективными значениями пиковых ускорений EPGA (соотношения эффективных значений пиковых ускорений EPGA со значениями PGA будут установлены на основании результатов дополнительных расчетно-теоретических исследований).

Полученные данные могут быть применены:

- для приведения данных о сейсмических колебаниях грунтов, соответствующих разным эмпирическим моделям, к единому показателю;
- для обоснованного перехода от «сейсмологических» показателей сейсмической опасности зон к расчетным показателям.

**2.3.3.3.** В соответствии с положениями СНиП РК 2.03-30-2006 площадка строительства считается сейсмоопасной, если она подвержена землетрясениям, макросейсмическая интенсивность которых составляет 7 баллов и более. Здания и сооружения, возводимые на таких площадках, должны иметь специальные антисейсмические мероприятия, обоснованные результатами расчетов на сейсмические воздействия и соответствующие конструктивными требованиями действующих норм.

В Еврокоде 8, помимо случаев умеренной и высокой сейсмичности, рекомендуется рассматривать также случаи низкой сейсмичности, при которых допускается использовать сокращенные или упрощенные процедуры сейсмического проектирования определенных типов или категорий конструкций. В качестве случаев низкой сейсмичности предлагается рассматривать случаи, при которых расчетное ускорение для грунта типа А,  $a_g$ , составляет от 0,04g до 0,08 g (0,78 м/с<sup>2</sup>), либо случаи, когда произведение  $a_g \cdot S$  составляет от 0,05 g до 0,10 g (0,98 м/с<sup>2</sup>).

В случаях очень низкой сейсмичности, при которых расчетное ускорение для грунта типа А,  $a_g$ , составляет менее 0,04 g (0,39 м/с<sup>2</sup>), либо в случаях, при которых произведение  $a_g \cdot S$  составляет менее 0,05 g (0,49 м/с<sup>2</sup>), процедуры сейсмического проектирования допускается не выполнять.

Если исходить из таблицы 9, то расчетные ускорения грунтов (ЕРА) менее 0,08-0,10 g ориентировочно будут соответствовать сейсмическим зонам 2 и 3, а расчетные ускорения менее 0,04-0,05 g – сейсмическим зонам 0 и 1.

Рекомендации Еврокода в части случаев низкой и очень низкой сейсмичности согласуются с положениями действующих норм Республики Казахстан и возражений не вызывают.

### ***Выводы по разделу 2.3.***

На картах ОСЗ территории Республики Казахстан, характеризующих сейсмическую опасность сейсмических зон в балльном виде – показатели сейсмической опасности рекомендуется указывать в целочисленных баллах (от  $\leq V$  до X).

На картах ОСЗ территории Республики Казахстан, характеризующих сейсмическую опасность сейсмических зон в количественных параметрах колебаний грунтов – показатели сейсмической опасности рекомендуется указывать в интервалах пиковых ускорений (см. табл. 9), значения которых рекомендуется отождествлять с данными о максимальных пиковых ускорениях на плоскости.

## 2.4. Уровни риска возможного превышения расчетных сейсмических воздействий и референтные периоды повторяемости сейсмических воздействий

Как уже отмечалось в разделе 1 настоящей пояснительной записки, степень антисейсмической защиты зданий и сооружений, предусмотренная в Еврокоде 8, обеспечивается в вероятностном смысле.

Согласно Еврокоду 8 проектные сейсмические воздействия на здания и сооружения следует определять в зависимости от:

а) референтного сейсмического воздействия, связанного с референтной вероятностью превышения  $P_{NCR}$  за 50 лет или с референтным периодом повторяемости  $T_{NCR}$ ;

б) значения коэффициента  $\gamma_i$ , учитывающего степень ответственности сооружения.

Референтная вероятность превышения  $P_{NCR}$  связана с 50-летним периодом времени по той причине, что этот период соответствует проектным срокам эксплуатации объектов нормальной ответственности массового строительства, для которых коэффициент ответственности равен 1,0.

Средний период повторяемости  $T_R$  сейсмического воздействия, принимаемого при проектировании зданий и сооружений в качестве расчетного воздействия, можно определить с помощью выражения (1) через заданные значения  $T_L$  и количественный показатель вероятности превышения этого воздействия  $P_R$ :

$$T_R = -T_L / \ln(1 - P_R) \quad (1)$$

В выражении (1)  $T_L$  представляет собой проектный срок эксплуатации рассматриваемого здания, сооружения или их конструктивных элементов в годах.

Из выражения (1) видно, что средний период повторяемости  $T_R$  расчетного сейсмического воздействия, принимаемого при проектировании зданий и сооружений, а соответственно и уровень интенсивности этого воздействия зависят от двух факторов: проектного срока эксплуатации здания (или конструктивного элемента)  $T_L$  и допустимой вероятности превышения этого воздействия  $P_R$ .

Поясним на конкретных примерах методику определения средних периодов повторяемости  $T_R$  расчетных сейсмических воздействий на здания и сооружения, предусмотренную Еврокодом 8.

Пример 1. Проектный срок  $T_L$  эксплуатации 5-этажного жилого здания нормальной ответственности в соответствии с положениями EN 1990:2002+A1:2005 составляет 50 лет.

Допустимую величину вероятности превышения  $P_R$  уровня сейсмического воздействия, в соответствии с рекомендациями EN 1998-1:2004 примем 0,1 (10%).

Воспользовавшись выражением (1) определим средний период  $T_R$  повторяемости сейсмических воздействий, уровень которых соответствует проектному сроку эксплуатации здания  $T_L=50$  лет и заданному значению вероятности их превышения  $P_R=0,1$ :

$$T_R = -T_L / \ln(1 - P_R) = -50 / \ln(1 - 0,1) = 474,56 \approx 475 \text{ лет.}$$

Из примера 1 следует, что уровень расчетного сейсмического воздействия, учитываемого при проектировании 5-этажного здания, исходя из проектного срока его эксплуатации  $T_L=50$  лет и заданного значения  $P_R=0,1$ , должен соответствовать уровню сейсмических воздействий, средняя повторяемость которых на рассматриваемой площадке строительства составляет около 500 лет. Причем это сейсмическое воздействие за указанный период времени  $T_L$  может быть превышено с вероятностью 10% (или не превышено с вероятностью 90%).

Пример 2. Проектный срок  $T_L$  эксплуатации высотного здания нормальной ответственности в соответствии с положениями EN 1990:2002+A1:2005 составляет 100 лет.

Допустимую величину вероятности превышения  $P_R$  уровня сейсмического воздействия, в соответствии с положениями EN 1998-1:2004 примем 0,1 (10%).

Средний период  $T_R$  повторяемости сейсмических воздействий, уровень которых соответствует проектному сроку эксплуатации здания  $T_L=100$  лет и заданному значению вероятности их превышения  $P_R=0,1$ , составляет:

$$T_R = -T_L/\ln(1 - P_R) = -100/\ln(1-0,1) = 949,1 \approx 950 \text{ лет.}$$

Из примера 2 следует, что уровень расчетного сейсмического воздействия, учитываемого при проектировании высотного здания, исходя из проектного периода его эксплуатации  $T_L=100$  лет и принятого значения  $P_R=0,1$ , должен соответствовать уровню сейсмических воздействий, средняя повторяемость которых на рассматриваемой площадке строительства составляет около 1000 лет. Причем это сейсмическое воздействие за указанный период времени  $T_L$  может быть превышено с вероятностью 10% (или не превышено с вероятностью 90%).

Пример 3. Проектный срок  $T_L$  эксплуатации большого моста (объекта повышенной ответственности) в соответствии с положениями EN 1990:2002+A1:2005 составляет 100 лет.

Учитывая степень ответственности рассматриваемого объекта, допустимую величину вероятности превышения  $P_R$  уровня сейсмического воздействия примем 0,05 (5%).

Средний период  $T_R$  повторяемости сейсмических воздействий, уровень которых соответствует проектному сроку эксплуатации здания и заданному значению вероятности его превышения  $P_R=0,05$ , составляет:

$$T_R = -T_L/\ln(1 - P_R) = -100/\ln(1-0,05) = 1949,6 \approx 1950 \text{ лет.}$$

Из примера 3 следует, что уровень расчетного сейсмического воздействия, учитываемого при проектировании моста, исходя из проектного периода его эксплуатации  $T_L=100$  лет и принятого значения  $P_R=0,05$ , должен соответствовать уровню сейсмических воздействий, средняя повторяемость которых на рассматриваемой площадке строительства составляет около 2000 лет. Причем это сейсмическое воздействие за указанный период времени  $T_L$  может быть превышено с вероятностью 5% (или не превышено с вероятностью 95%).

Пример 4. Проектный период  $T_L$  эксплуатации объекта гражданской обороны, необходимого для ликвидации последствий землетрясений в соответствии с положениями EN 1990:2002+A1:2005 составляет 50 лет.

Учитывая степень ответственности рассматриваемого объекта, допустимую величину вероятности превышения  $P_R$  уровня сейсмического воздействия примем 0,02 (2%).

Средний период  $T_R$  повторяемости сейсмических воздействий, уровень которых соответствует проектному сроку эксплуатации здания и заданному значению вероятности их превышения  $P_R=0,02$ , составляет:

$$T_R = -T_L/\ln(1 - P_R) = -50/\ln(1-0,02) = 2475,9 \approx 2475 \text{ лет.}$$

Из примера 4 следует, что уровень расчетного сейсмического воздействия, учитываемого при проектировании моста, исходя из проектного периода его эксплуатации  $T_L=50$  лет и принятого значения  $P_R=0,02$ , должен соответствовать уровню сейсмических воздействий, средняя повторяемость которых на рассматриваемой площадке строительства составляет около 2500 лет. Причем это сейсмическое воздействие за указанный период времени  $T_L$  может быть превышено с вероятностью 2% (или не превышено с вероятностью 98%).

Для наглядности в таблице 10 приведены значения периодов повторяемости расчетных сейсмических воздействий, установленные через задаваемые вероятности их превышения и проектные периоды эксплуатации строений.

**Таблица 10**

<b>Группы объектов</b>	<b><math>P_R</math></b>	<b><math>T_L</math> (лет)</b>	<b><math>T_R</math> (лет)</b>
I	0,01 (1%)	25	2487,5
	0,02 (2%)	25	1237,5
	0,05 (5%)	25	487,4
	0,1 (10%)	25	237,3
	0,2 (20%)	25	112,0
II	0,01 (1%)	50	4975,0
	0,02 (2%)	50	2474,9
	0,05 (5%)	50	974,8
	0,1 (10%)	50	474,6
	0,2 (20%)	50	224,1
III	0,4 (40%)	50	97,9
	0,01 (1%)	100	9949,9
	0,02 (2%)	100	4949,8
	0,04 (4%)	100	2449,7
	0,05 (5%)	100	1949,6
	0,1 (10%)	100	949,1
IV	0,2 (20%)	100	448,1
	0,4 (40%)	100	195,8
	0,01 (1%)	200	19899,8
	0,02 (2%)	200	9899,7
	0,05 (5%)	200	3899,1
	0,1 (10%)	200	1898,2
V	0,2 (20%)	200	896,3
	0,4 (40%)	200	391,5
	0,0005 (0,05%)	50	99975
	0,001 (0,1%)	50	49975
	0,005 (0,5%)	50	9975
	0,01 (1%)	50	4975

В таблице 10 была принята следующая градация объектов:

- к группе I были отнесены малоответственные здания и сооружения, имеющие согласно EN 1990:2002+A1:2005 проектный срок эксплуатации 25 лет;
- к группе II – здания и сооружения массового строительства, имеющие проектный срок эксплуатации 50 лет;
- к группе III – монументальные и уникальные здания и сооружения, имеющие проектный срок эксплуатации 100 лет;
- к группе IV были условно отнесены исторические памятники, а также некоторые уникальные сооружения с проектным сроком эксплуатации 200 лет;
- к группе V – атомные электростанции, большие дамбы и плотины, экологически опасные объекты и т.п.

ПРИМЕЧАНИЕ Объекты, включенные в группы IV и V, в Еврокоде 8 не рассматриваются. Данные о значениях  $P_R$ , и  $T_R$ , принимаемых в мировой практике при проектировании таких объектов, приведены для наглядности.

Нормирование значений референтного периода повторяемости  $T_{NCR}$  проектных сейсмических воздействий и референтной вероятности их превышения  $P_{NCR}$  за 50 лет относится к одной из наиболее сложных задач, подлежащих решению при составлении Национального Приложения к EN 1998-1. Прежде, чем сформулировать в окончательном виде предложения к нормам Республики Казахстан о значениях  $T_{NCR}$  и  $N_{NCR}$  рассмотрим некоторые проблемы, возникающие в процессе решения этой задачи.

**Проблема 1.** *Распределение землетрясений и их последствий во времени не поддается четкой параметризации.* В [8] отмечается, что график повторяемости Гутенберга – Рихтера, характеризующий связь между числом землетрясений и их магнитудой, представляет собой прямую линию в логарифмической системе координат, но эта линейность графика соблюдается только при больших наборах данных, полученных в течение достаточно длительного интервала времени.

Вне зависимости от того, какие взаимосвязи между числом землетрясений, их магнитудой и повторяемостью имеют место в конкретных регионах, достоверность составленных карт ОСЗ в первую очередь будет зависеть от полноты исходных данных, степени изменчивости сейсмического режима во времени и ряда других случайностей и неопределенностей.

Вероятностные оценки сейсмической опасности имеют с инженерных позиций преимущественно статистико-экономический смысл. Эти оценки позволяют в некоторой степени оптимизировать распределение национальных ресурсов на антисейсмические мероприятия, но не дают оснований считать, что землетрясение, интенсивность которого принята в качестве расчетной, произойдет лишь однажды через 500 или 2500 лет после строительства объекта. Такое или даже более интенсивное землетрясение может произойти сегодня или завтра и повториться через довольно короткий промежуток времени. Общемировые статистические данные о частоте возникновения землетрясений различных магнитуд по наблюдениям с 1900 года, заимствованные из [8], приведены в табл. 11. На рис. 32 история сильных землетрясений представлена в графическом виде.

**Таблица 11**

Частота землетрясений различных магнитуд по данным с 1900 года		
Описание землетрясения	Магнитуда	Среднее число землетрясений в год
Катастрофическое	$\geq 8,0$	1 *
Разрушительное	7,0–7,9	17 **
Сильное	6,0–6,9	134 **
Умеренное	5,0–5,9	1319 **
Слабое	4,0–4,9	порядка 13 000
Незначительное	3,0–3,9	порядка 130 000
Очень слабое	2,0–2,9	порядка 1 300 000

\* По данным наблюдений с 1900 года.  
 \*\* По данным наблюдений с 1990 года.

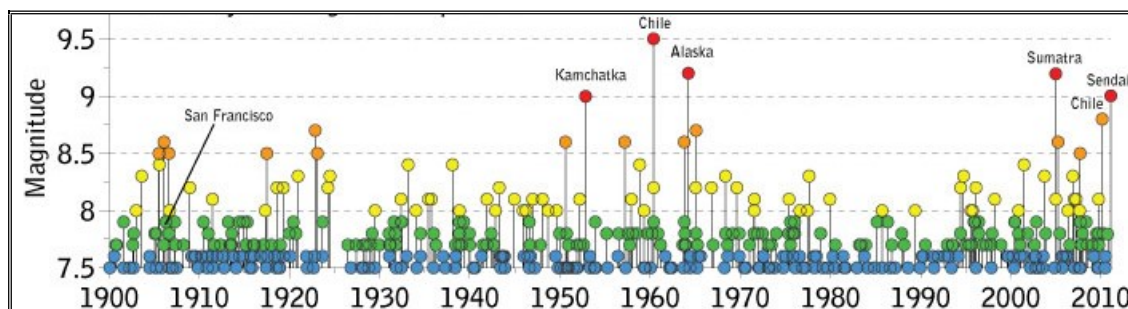


Рис. 32. История сильных землетрясений с 1900 года

Перечень землетрясений с магнитудами 8 и более, произошедших в мире с начала XXI века, приведен в таблице 12.

Таблица 12

№ п.п.	Место	Дата	Магнитуда
1	У южной части побережья Перу	23.07.2001	8,4
2	Япония, Хоккайдо	25.09.2003	8,3
3	Севернее о. Маккуори (Австралия)	23.12. 2004	8,1
4	К западу от побережья Суматры	26.12.2004	9,1
5	Северная Суматра, Индонезия	28.03.2005	8,6
6	Острова Тонга	03.05.2006	8,0
7	Курильские о-ва, Россия	15.11.2006	8,3
8	К востоку от Курильских островов	13.01.2007	8,1
9	Соломоновы Острова	01.04.2007	8,1
10	У побережья Перу	15.08.2007	8,0
11	Индонезия, юг Суматры	12.09.2007	8,5
12	Провинция Сычуань, Китай	12.05.2008	8,1
13	У побережья Чили	22.02.2010	8,8
14	К востоку от Японии	11.03.2011	9,0

С начала XXI века (то есть за последние неполные 11 лет) в мире произошли десятки землетрясений, имевших трагические последствия. Наиболее разрушительные землетрясения отмечены на территориях Афганистана, Гаити, Турции, Индии, Ирана, Мексики, Чили, Италии, Греции, Тайваня, Японии, Новой Зеландии и др. Общее количество жертв этих землетрясений составило примерно 700 000 человек, а экономический ущерб – сотни миллиардов долларов США.

Мировой опыт показывает, что практически после каждого разрушительного землетрясения национальные нормы и карты сейсмического зонирования (детерминистские и вероятностные) пострадавших стран, как правило, подвергаются существенной корректировке.

**Проблема 2.** *Нормирование приемлемых уровней риска возникновения и возможного превышения сейсмического эффекта за заданный период времени, как впрочем, и нормирование уровней риска превышения всех видов внешних нагрузок на здания и сооружения, не имеет строгого теоретического обоснования.*

Обычно нормирование уровней риска превышения сейсмических нагрузок осуществляется на основании вырабатываемых соглашений. Основой таких соглашений является компромисс между результатами инженерного анализа последствий сильных землетрясений, накопленными экспериментально-теоретическими данными, оправдавшими себя на практике положениями ранее действовавших норм, стремлением общества к минимизации ущерба от землетрясений и реальными возможностями государства.

Выбор приемлемого уровня риска возникновения и возможного превышения сейсмического эффекта за заданный период времени, по существу, представляет собой не только выбор степени антисейсмической защиты проектируемых зданий и сооружений. Это также выбор допустимых последствий землетрясений в отношении возможных человеческих потерь, экономического ущерба и состояния общества в постсейсмический период.

Для исключения субъективизма при нормировании допустимых уровней сейсмического риска нами были изучены современные карты сейсмического зонирования национальных территорий 41 страны. Данные, характеризующие количество карт ОСЗ в нормах разных стран и уровни риска, для которых составлены эти карты, приведены в таблице 13.

**Таблица 13**

№ п.п.	Страна	Период повторяемости землетрясений (лет)										
		30	50	72	95	101	140	201	225	475	975	2475
1	Еврокод 8 (вариант I)*									+		
2	Еврокод 8 (вариант II)**				+				+	+		+
3	Австралия									+		
4	Албания									+		
5	Бельгия									+		
6	Бразилия									+		
7	Венесуэла									+		
8	Вьетнам									+		
9	Германия									+		
10	Греция									+		
11	Египет									+		
12	Израиль									+		
13	Иран									+		
14	Испания									+		
15	Кипр									+		
16	Китай (2001)									+		
17	Нидерланды									+		
18	Норвегия									+		
19	Пакистан									+		
20	Перу									+		
21	Португалия									+		
22	Сирия									+		
23	Словения									+		
24	Тайвань									+		
25	Турция									+		
26	Чили									+		
27	Швейцария									+		
28	Южная Африка									+		
29	Южная Корея									+		
30	Япония									+		
31	Индонезия									+	+	****
32	Малазия									+		****
33	Новая Зеландия									+		****
34	Таиланд									+		****

Таблица 13 (продолжение)

№ п.п.	Страна	Период повторяемости землетрясений (лет)										
		30	50	72	95	101	140	201	225	475	975	2475
35	Россия (ОСР-97)									+	+	
36	Украина				+					+	+	
37	Болгария (2007)										+	
38	Румыния				+					+		
39	Великобритания											+
40	Сауд. Аравия											+
41	США (IBC)											+
42	Канада											+
43	Италия	+	+	+		+	+	+		+	+	+

ПРИМЕЧАНИЕ

\* — вариант I предполагает наличие одной карты ОСЗ, составленной для референтного уровня риска возможного превышения сейсмических воздействий 10% за 50 лет;

\*\* — вариант II предполагает наличие нескольких карт ОСЗ, составленных для разных уровней риска возможного превышения сейсмических воздействий за 50 лет;

\*\*\* — карта используется в качестве справочного приложения или подготовлена к включению в новые нормы.

Учитывая, что составление новых карт ОСЗ территории Республики Казахстан является важнейшим этапом в развитии теории и практики сейсмостойкого строительства, были рассмотрены карты общего сейсмического зонирования, принятые не только в нормах стран Европейского Союза, но и в нормах других стран мира.

Согласно данным таблицы 13 около 80% перечисленных стран имеют нормы, в которые включена только одна карта ОСЗ, характеризующая сейсмическую опасность их территорий.

Большинство из стран, перечисленных в таблице 13, применяет карты, составленные для референтного периода повторяемости землетрясений 475 лет, а некоторые (Великобритания, США, Канада, Саудовская Аравия) – для референтного периода повторяемости 2475 лет.

Исходя из содержания таблицы 13 можно было бы сделать вывод о том, что на сегодняшний день существует практически единое коллективное мнение о необходимом количестве карт ОСЗ и значении референтного периода повторяемости проектных сейсмических воздействий  $T_{NCR}=475$  лет.

Фактически ситуация несколько иная. Почти все страны, перечисленные в таблице 13, даже если в их нормы включена только одна карта ОСЗ, обладают комплектами карт (в бумажном или электронном виде), характеризующими сейсмическую опасность национальных территорий для разных периодов повторяемости землетрясений, например, 95(100), 225(250), 475(500), 975(1000) и 2475(2500) лет. Некоторые страны имеют также карты ОСЗ с периодами повторяемости землетрясений 5000 и 10000 лет. Для проектирования исключительно ответственных объектов, таких как атомные электростанции, в мировой практике применяются карты с периодами повторяемости 50000 и 100000 лет.

Судя по многочисленным научным публикациям на данную тему, большинство стран предполагает в будущем применять в практике проектирования не одну карту, характеризующую сейсмическую опасность для одного периода повторяемости землетрясений, а несколько карт, на которых сейсмические опасности территорий отнесены к разным периодам повторяемости. В нормах Италии такие карты уже применяются (рис. 33).

На нескольких картах ОСР уже более 10 лет базируются нормы Российской Федерации «Строительство в сейсмических районах». В настоящее время в нормы РФ включены три карты общего сейсмического зонирования, составленные для периодов повторяемости землетрясений 500, 1000 и 5000 лет (рис. 34). После 2012 года нормы РФ будут содержать четыре карты (500, 1000, 5000 и 10000 лет).

**Проблема 3.** Достаточен ли для минимизации экономических и социальных последствий землетрясений уровень риска, рекомендуемый Еврокодом 8 (10% за 50 лет), однозначно ответить невозможно.

По мнению американских сейсмологов 475-летний период является недостаточным для учета сейсмических эффектов редких, но очень сильных землетрясений. В ранее действовавших нормах США (UBC-97) референтный период повторяемости землетрясений составлял 475 лет. С 2003 года, после серии разрушительных землетрясений, произошедших на территории этой страны, от него отказались, и в нормы США, а также ряда других стран были включены карты ОСР, составленные для периодов повторяемости сейсмических сотрясений 2475 лет. Риск возникновения и возможного превышения сейсмического эффекта был принят 2% за 50 лет.

Естественно, что вероятностные карты тем лучше отражают возможность возникновения на рассматриваемых территориях сильных сейсмических событий, чем для больших периодов повторяемости землетрясений они составлены. Однако карты с большими периодами повторяемости землетрясений, например, 5000 или 10000 лет, при проектировании объектов массового строительства не применяются. В работе /9/, чтобы подчеркнуть редкость таких событий, отмечено, что Троянская война, описанная Гомером в «Илиаде», произошла примерно 3200 лет назад.

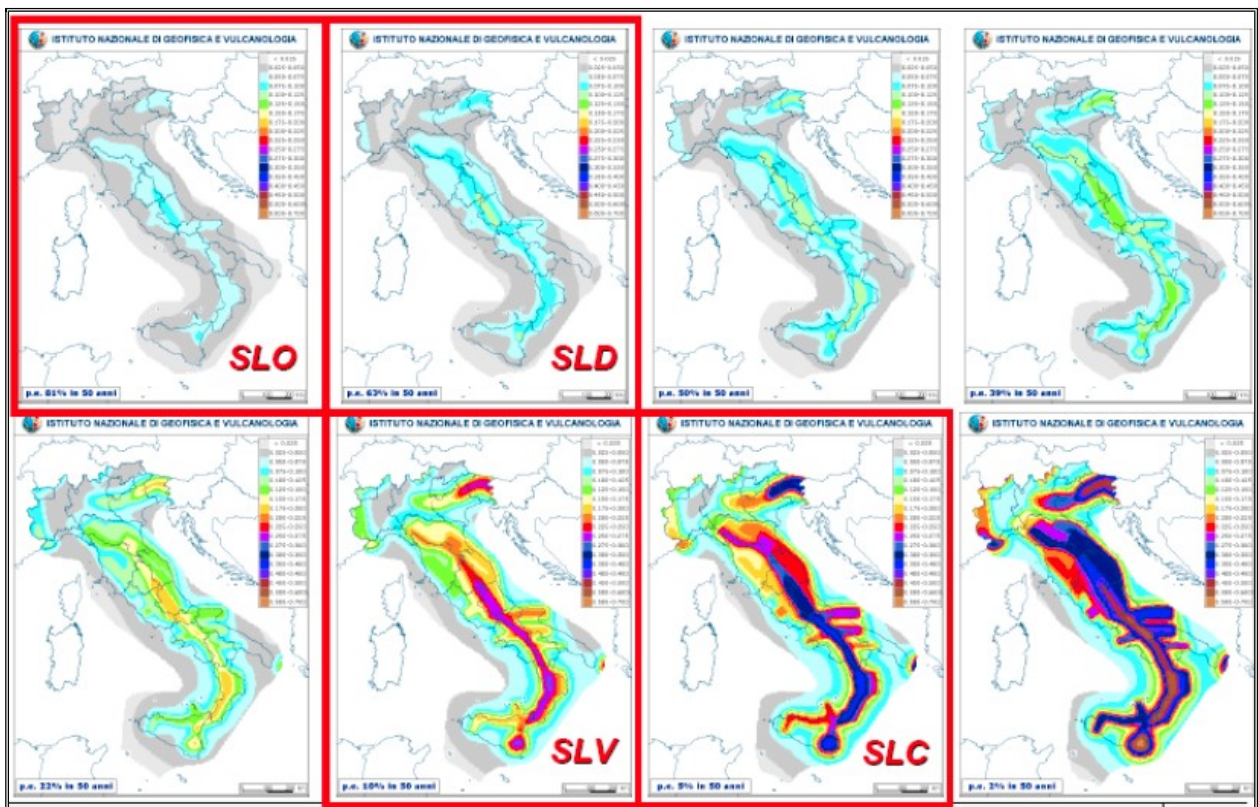


Рис. 33. Карты сейсмического зонирования территории Италии, составленные для уровней риска возникновения и возможного превышения сейсмического эффекта 81%, 63%, 50%, 31%, 22%, 10%, 5% и 2% за 50 лет

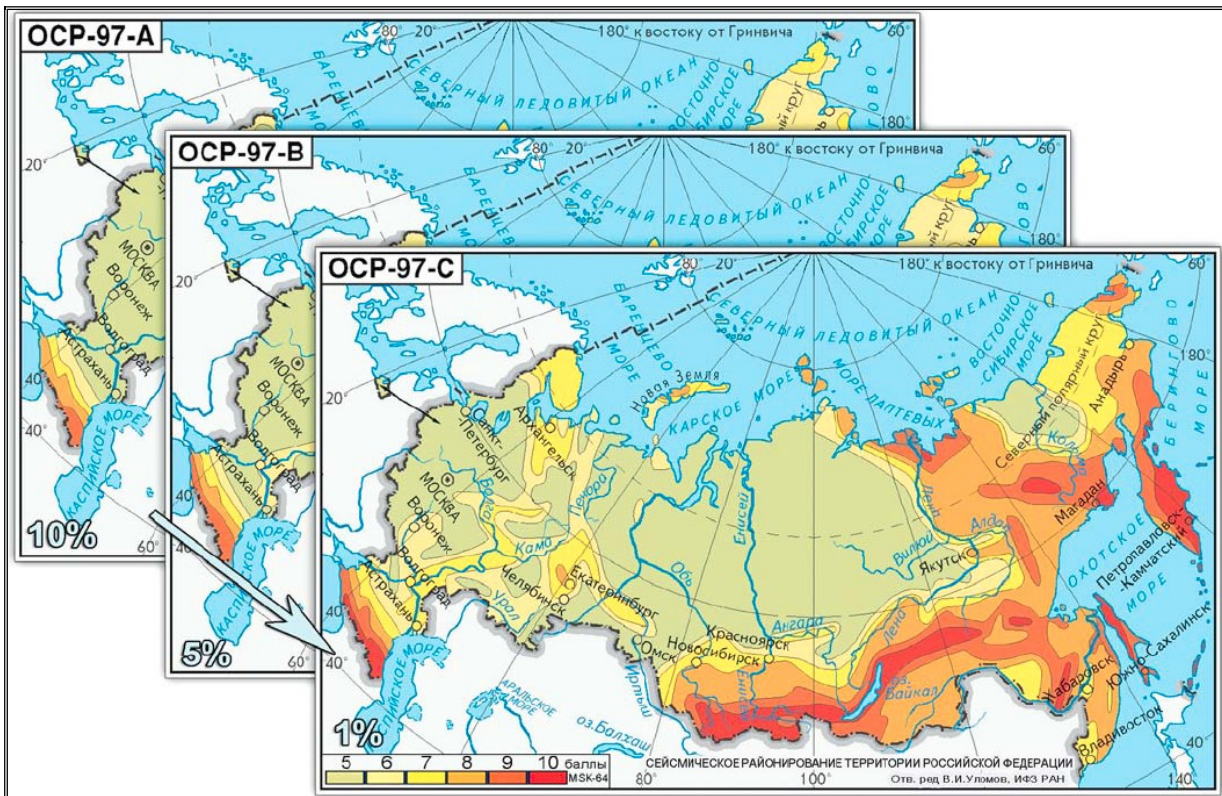


Рис. 34. Комплект вероятностных карт ОСП-97 Российской Федерации.

**Проблема 4.** Коэффициенты, учитывающие при определении расчетных сейсмических нагрузок степень ответственности зданий и сооружений, в нормах разных стран имеют существенно разные значения.

Согласно EN 1998-1:2004 референтные значения пиковых ускорений  $a_{gR}$ , соответствующие землетрясениям с периодом повторяемости 1 раз 475 лет, должны применяться при нормировании параметров внешних сейсмических нагрузок на объекты нормальной (обычной) ответственности.

Для объектов, ответственность которых отличается от нормальной, расчетные значения пиковых ускорений основания должны определяться путем умножения значений  $a_{gR}$  на коэффициенты ответственности.

Значения коэффициентов ответственности  $\gamma_I$  можно получить из выражений:

$$\gamma_I \sim (P_L/P_{LR})^{-1/k} \quad (2) \quad \text{или} \quad \gamma_I \sim (T_{LR}/T_L)^{-1/k} \quad (3),$$

где:  $P_{LR}$  – референтная вероятность превышения сейсмического воздействия за  $T_L$  лет для объектов нормальной ответственности;

$P_L$  – вероятность превышения сейсмического воздействия за  $T_L$  лет, принятая для рассматриваемого объекта в соответствии со степенью его ответственности;

$T_{LR}$  – референтный период повторяемости сейсмических воздействий для объектов нормальной ответственности;

$T_L$  – период повторяемости сейсмических воздействий, принятый для рассматриваемого объекта в соответствии со степенью его ответственности;

$k$  – коэффициент, значение которого зависит от сейсмичности, но обычно принимается равным примерно 3.

В Еврокоде 8 референтный период повторяемости землетрясений принят равным 475 лет, а рекомендуемые значения коэффициентов ответственности равны:

- для объектов с низкой ответственностью  $\gamma_I=0,8$  ( $T_L=225$  лет);
- для объектов с нормальной ответственностью  $\gamma_I=1,0$  ( $T_L=475$  лет);

- для объектов с большим скоплением людей и для объектов, повреждения или разрушения которых представляют повышенную опасность для жизни людей,  $\gamma_I=1,2$  ( $T_L=825$  лет);
- для объектов, функционирование которых необходимо для ликвидации последствий землетрясений и обеспечения жизнедеятельности населения после землетрясения,  $\gamma_I=1,4$  ( $T_L=1275$  лет).

Нормы США и международные нормы ИВС ориентированы на карты, составленные для периода повторяемости землетрясений 2475 лет, а значения коэффициентов ответственности приняты:

- для объектов с низкой и нормальной ответственностью – 0,667 ( $T_L=725$  лет);
- для объектов с большим скоплением людей, и для объектов, повреждения или разрушения которых представляют повышенную опасность для жизни людей – 0,833 ( $T_L=1425$  лет);
- для объектов, функционирование которых необходимо для ликвидации последствий землетрясений и обеспечения жизнедеятельности населения после землетрясения – 1,0 ( $T_L=2475$  лет).

ПРИМЕЧАНИЕ Приведенные выше значения  $T_L$  получены в соответствии с выражением (3).

Принципиальные различия между значениями коэффициентов ответственности в Еврокоде 8 и нормах США объясняются тем, что в Еврокоде 8 эти коэффициенты корректируют пиковые ускорения, определенные по карте  $I_{475}$ , а в нормах США – определенные по карте  $I_{2475}$ .

Методика определения параметров сейсмических воздействий с помощью коэффициентов, учитывающих ответственность объектов и якобы отвечающих большим или меньшим периодам повторяемости землетрясений, подверглась в работе /10/ объективной критике. По мнению В.И. Уломова «... легко показать, что простым умножением параметров одной карты на какой-либо коэффициент невозможно получить другую карту и, соответственно, адекватную оценку сейсмической опасности. Дело в том, что при переходе от одного периода повторяемости сейсмического эффекта к другому, изменяются не только номиналы, но и конфигурация сейсмических зон».

Для иллюстрации этого факта на рис. 35 показаны карты сейсмического зонирования территории США, составленные для периодов повторяемости сейсмических событий 475 (а) и 2475 (б) лет.

а)

б)

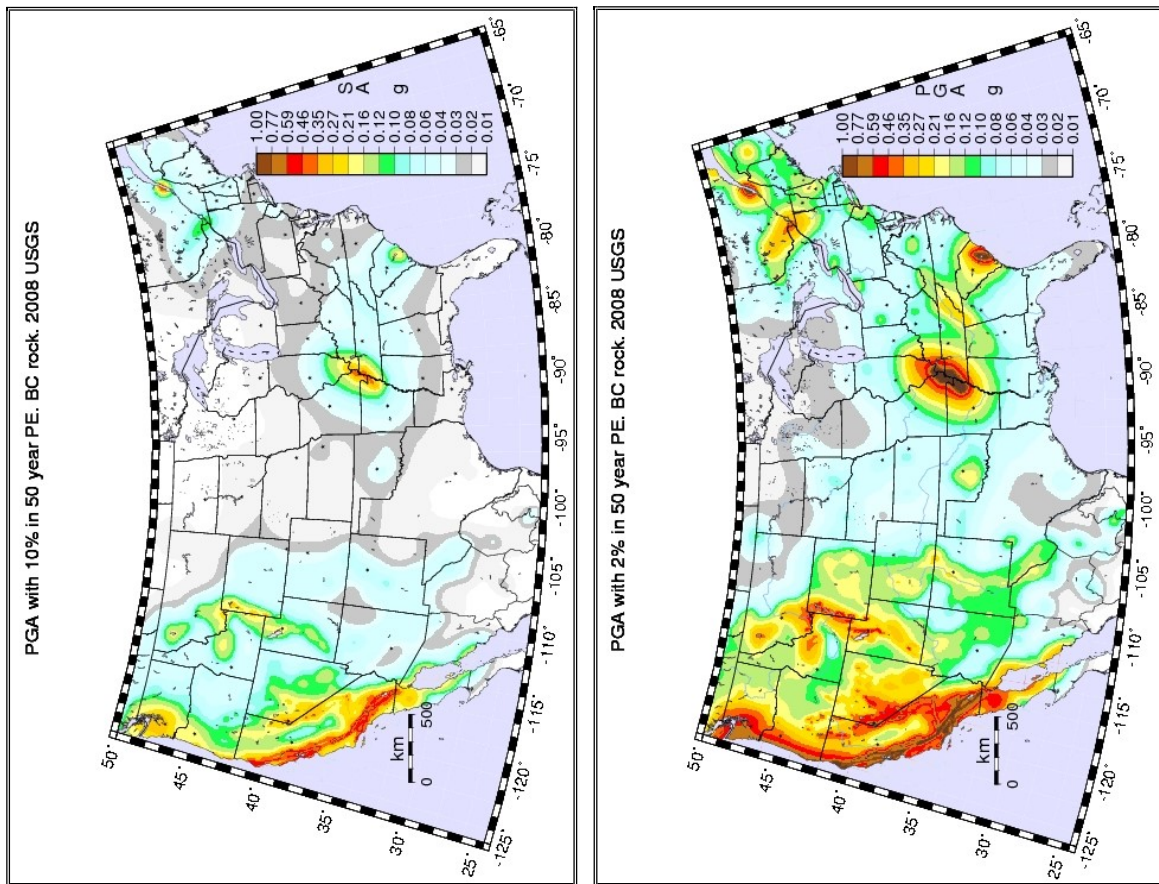


Рис. 35. Карты сейсмического зонирования территории США

Вместе с тем подход к определению расчетных значений пиковых ускорений основания с помощью коэффициентов ответственности, принятый в нормах США, по нашему мнению можно считать более корректным, чем подход, принятый в Еврокоде 8. Причины этого объясняются следующим.

При применении повышающих коэффициентов ответственности, предусмотренных в Еврокоде 8, увеличиваются номиналы пиковых ускорений, соответствующие конфигурациям сейсмических зон на карте  $I_{475}$ . Как следствие сейсмические нагрузки на здания с повышенной и особой ответственностью, определенные по карте  $I_{475}$ , могут оказаться существенно недооцененными для объектов, расположенных в районах подверженных сильным, но редким землетрясениям с периодами повторяемости более 475 лет.

При применении понижающих коэффициентов ответственности, предусмотренных нормами США и ИВС, уменьшаются номиналы пиковых ускорений, соответствующие конфигурациям сейсмических зон на карте  $I_{2475}$ . В результате применения карты  $I_{2475}$  расчетные сейсмические нагрузки на проектируемые объекты нормальной ответственности могут превышать нагрузки, соответствующие карте  $I_{475}$ , но происходить это будет только в тех случаях, когда проектируемые объекты будут расположены в районах подверженных сильным, но редким землетрясениям.

В качестве примера на рис. 36 показаны расчетные спектры реакции, построенные для объектов нормальной ответственности на основании карт  $I_{2500(2475)}$  и  $I_{500(475)}$  для городов Лос Анжелес и Нью Йорк /18/.

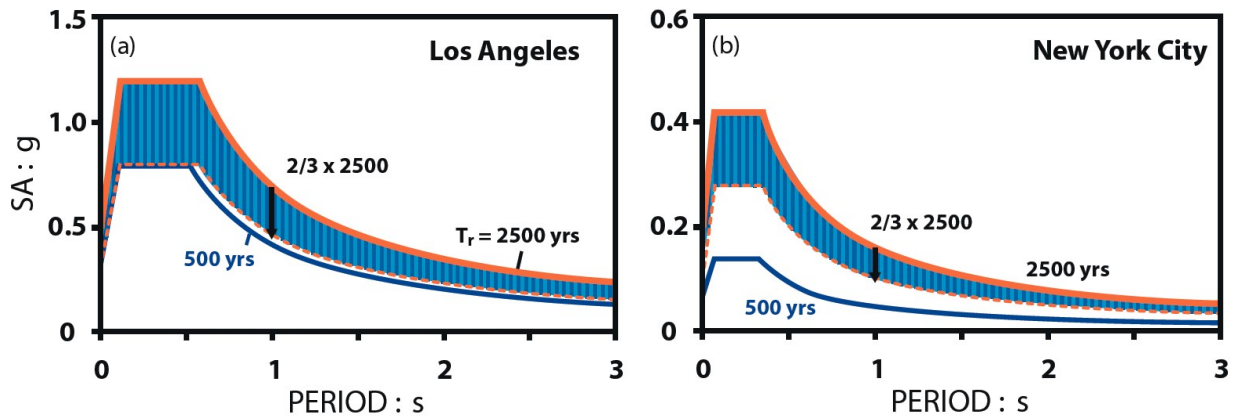


Рис. 36. Спектры реакции, построенные по картам  $I_{2500(2475)}$  и  $I_{500(475)}$  для определения расчетных сейсмических нагрузок на здания нормальной ответственности в городах Лос Анжелес и Нью Йорк (категория грунтов по сейсмическим свойствам D).

Город Лос Анжелес расположен в регионе с довольно частой повторяемостью умеренных, сильных и разрушительных местных землетрясений, поэтому между спектром реакции, построенным по данным карты  $I_{2500(2475)}$  с понижающим коэффициентом  $2/3=0,667$ , и спектром, построенным по карте  $I_{500(475)}$ , нет значимых различий.

Примечание. Коэффициент  $2/3$  характеризует минимальный запас прочности сооружения, необходимый для предотвращения коллапса.

Для территории Нью Йорка существенную опасность представляют в основном редкие разрушительные землетрясения, эпицентры которых находятся на больших расстояниях от города. Местные землетрясения существенной опасности не представляют. Вследствие этого параметры спектра реакции, построенного по карте  $I_{2500(2475)}$  с понижающим коэффициентом  $0,667$ , существенно превышают параметры спектра, построенного по карте  $I_{500(475)}$ .

На основе подхода к нормированию расчетных сейсмических воздействий, принятого в международных нормах ИВС, можно решить актуальную задачу, возникающую при применении вероятностных карт – разработать методику нормирования расчетных сейсмических воздействий с учетом показателей сейсмической опасности, указанных не на одной, а на нескольких картах.

В нормах Российской Федерации, действующих с середины 2011 года, эта задача решена с помощью коэффициентов  $K_A$ , значения которых принимаются для рассматриваемого участка в зависимости от сочетаний расчетной сейсмической интенсивности на картах А, В и С ОСР-97. Значения коэффициентов  $K_A$ , принятые в нормах РФ, приведены в таблице 14.

В настоящей работе предлагается иная методика нормирования расчетных сейсмических воздействий с учетом показателей сейсмической опасности, указанных на нескольких картах, составленных для разных периодов повторяемости землетрясений. В таблице 15 она проиллюстрирована на примере использования двух вероятностных карт –  $I_{500}$  и  $I_{2500}$ . Все исходные данные, приведенные в таблице 15, носят условный характер.

Таблица 14

№ № сочетаний	Интенсивность (в баллах MSK) на картах ОСР-97			Значения коэффициента $K_A$
	ОСР-97-А	ОСР-97-В	ОСР-97-С	
1	7	7	7	1,0
	8	8	8	
	9	9	9	
2	7	7	8	1,2
	8	8	9	
	9	9	10	
3	7	8	8	1,4
	8	9	9	
	9	10	10	
4	7	8	9	1,5
	8	9	10	

Таблица 15

№ сочетаний	Условно принятые значения пиковых ускорений А (в долях g) на картах		$A_{500 \times 2/3}$ (в долях g)	$A_{расч}$ расчетное значение А (в долях g)	Значения коэффициента $K_A = A_{расч} / A_{500} \geq 1$
	$I_{500}$	$I_{2500}$			
1	0,20	0,20	0,133	0,200	1,0
2	0,20	0,25	0,167	0,200	1,0
3	0,20	0,30	0,200	0,200	1,0
4	0,20	0,40	0,267	0,267	1,33
5	0,20	0,50	0,333	0,333	1,67
6	0,20	0,60	0,400	0,400	2,0
7	0,20	0,80	0,533	0,533	2,67

Методика нормирования расчетных пиковых ускорений, проиллюстрированная в табл. 15, представляется более обоснованной и корректной, чем принятая в нормах РФ.

До нормирования значений  $T_{NCR}$  и  $N_{NCR}$ , к которым должны быть приурочены карты ОСЗ территории Республики Казахстан, сейсмологи и строители должны совместно определить порядок применения вероятностных карт в практике проектирования. В противном случае неизбежно возникновение сложных проблем, решение которых растягивается на годы. Пример – ранее действовавшие и действующие нормы сейсмостойкого строительства Российской Федерации /14, 15/.

На данном этапе в целях гармонизации норм сейсмостойкого строительства Республики Казахстан с Еврокодом 8 для обсуждения предлагается следующее.

В нормах РК классифицировать здания и сооружения по степени ответственности примерно следующим образом:

а) объекты пониженной ответственности – здания и сооружения с проектным сроком эксплуатации до 30 лет, повреждения которых не представляют угрозы для безопасности людей, не сопровождаются порчей ценного оборудования, не вызывают прекращения непрерывных технологических процессов и/или загрязнения окружающей среды (небольшие одноэтажные сельскохозяйственные и складские сооружения, временные одноэтажные сооружения, легкие открытые летние павильоны);

б) объекты нормальной ответственности – обычные жилые, административные, общественные, производственные, сельскохозяйственные здания и сооружения высотой до 5 этажей включительно с проектным сроком эксплуатации до 50 лет включительно;

в) объекты повышенной ответственности – здания и сооружения с проектным сроком эксплуатации 50 лет и с большим скоплением людей: здания школ, детских садов и им подобные; здания повышенной этажности; монументальные и уникальные здания и сооружения и т.п.;

г) объекты особой ответственности – здания и сооружения, функционирование которых необходимо в постсейсмический период для гражданской защиты населения (больницы, пожарные депо, электростанции, правительственные здания повышенной ответственности); автомобильные и железнодорожные мосты, уникальные и монументальные объекты с проектным сроком эксплуатации 100 лет; здания музеев, памятники, представляющие большую историческую и художественную ценность и т.п.

д) объекты исключительной ответственности – объекты, повреждения которых способны вызвать чрезвычайные ситуации государственного или межгосударственного характера.

ПРИМЕЧАНИЕ Проектный срок эксплуатации (design working life) – период времени, в течение которого несущие конструкции объекта, при их соответствующем обслуживании, но без капитального ремонта, должны эксплуатироваться в соответствии со своим функциональным назначением (п. 1.2.5.8 EN 1990:2002).

*В нормы Республики Казахстан предлагается включить карты, характеризующие сейсмическую опасность территории РК, как минимум для периодов 500 и 2500 лет. Все остальные карты ( $I_{225}$ ,  $I_{1000}$ ,  $I_{5000}$ ,  $I_{10000}$ ) при необходимости, могут быть приведены в справочных приложениях.*

В перечне населенных пунктов РК, расположенных в сейсмоопасных районах, следует указать пиковые значения ускорений  $a_{gR}$ , соответствующие периодам повторяемости 500 и 2500 лет.

До составления карт сейсмического микрозонирования:

– расчетное значение пикового ускорения при проектировании объектов с пониженной ответственностью следует определять по карте  $I_{500}$  и принимать с понижающим коэффициентом ответственности, значение которого должно быть установлено на основании результатов анализа карт  $I_{250}$  и  $I_{500}$  (значение понижающего коэффициента может составлять примерно 0,8);

– в качестве расчетного значения пикового ускорения при проектировании объектов с нормальной ответственностью следует принимать наибольшее из двух значений:

▪ первое значение следует определять по карте  $I_{500}$  и принимать с коэффициентом ответственности 1,0;

▪ второе значение следует определять по карте  $I_{2500}$  и принимать с понижающим коэффициентом ответственности, значение которого должно быть установлено на основании результатов анализа карт  $I_{500}$  и  $I_{2500}$  (значение понижающего коэффициента может составлять примерно 0,667);

– в качестве расчетного значения пикового ускорения при проектировании объектов с повышенной ответственностью следует принимать наибольшее из двух значений:

▪ первое значение следует определять по карте  $I_{500}$  и принимать с коэффициентом ответственности 1,2;

▪ второе значение следует определять по карте  $I_{2500}$  и принимать с

понижающим коэффициентом ответственности, значение которого должно быть установлено на основании результатов анализа карт  $I_{500}$  и  $I_{2500}$  (значение понижающего коэффициента может составлять примерно 0,8);

– в качестве расчетного значения пикового ускорения при проектировании объектов с особой ответственностью следует принимать наибольшее из двух значений:

- первое значение следует определять по карте  $I_{500}$  и принимать с коэффициентом ответственности 1,4;
- второе значение следует определять по карте  $I_{2500}$  и принимать с коэффициентом ответственности 1,0.

Карты  $I_{5000}$  и  $I_{10000}$  предлагается применять при проектировании исключительно ответственных объектов, повреждения которых способны вызвать ЧС местного или регионального характера. Порядок применения карт  $I_{5000}$  и  $I_{10000}$  в рамках настоящей работы не рассматривается.

### ***Выводы по разделу 2.4***

Карты общего сейсмического зонирования территории Республики Казахстан предлагается составить для двух уровней вероятности возникновения и возможного превышения сейсмического эффекта:

- 10% за 50-летний период времени — повторяемость сейсмических событий примерно 500 лет;
- 2% за 50-летний период времени — повторяемость сейсмических событий примерно 2500 лет.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Проведен комплексный инженерный анализ положений Еврокода 8 и ряда норм зарубежных стран, регламентирующих требования к картам общего сейсмического зонирования.
2. Выявлены общие черты и различия между картами ОСЗ разных стран.
3. Показано, что карты ОСЗ территории Республики Казахстан могут быть составлены в соответствии с обязательными положениями Еврокода 8.
4. Составлены «Рекомендации по содержанию карты сейсмического зонирования территории Республики Казахстан, соответствующей научно-методическим основам Еврокода 8».
5. В «Рекомендациях по содержанию карты сейсмического зонирования территории Республики Казахстан, соответствующей научно-методическим основам Еврокода 8» даны конкретные предложения по положениям EN 1998, подлежащим регламентации на национальном уровне.

## Литература

1. А.К. Курскеев, А.В. Тимуш, В.И. Шацлов, А. Сыдыков, П.Н. Горбунов, А.Б. Садыков. Сейсмическое районирование Республики Казахстан. Алматы, «Эверо», 2000, 220 с.
2. А.С. Мукамбаев, Н.Н. Михайлова. К проблеме оценки сейсмической опасности Западного Казахстана. Вестник НЯЦ РК. 2010, вып. 4, с. 142-147.
3. В.И. Уломов, Л.С. Шумилина. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-97. Объяснительная записка. ОИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН. М. 1999. 57 стр.
4. V. Benito, A. Bernal. Y. Torres, L. Hermanns. Comparative analysis between elastic response spectra of different European Codes. 14 ECEE, 2010.
5. А.А. Гусев. Некоторые вопросы сейсмологического обоснования норм сейсмостойкого проектирования. // Сейсмостойкое строительство и безопасность сооружений. 2003, №1, с. 32-36.
6. И.Е. Ицков. Предложения по совершенствованию методики учета влияния грунтовых условий на величины расчетных сейсмических нагрузок. // Сейсмостойкое строительство и безопасность сооружений. 2001, №6, с. 44-49.
7. С. В. Медведев. Инженерная сейсмология. М., 1962, С. 282.
8. А.Д. Завьялов. Основы геориска: землетрясения. Геориск, №3, 2009, С. 20-27.
9. А.Н. Бирбраер. Расчет конструкций на сейсмостойкость. Санкт-Петербург, «Наука», 1998, с. 40.
10. В.И. Уломов. Техническое регулирование. Совершенствование нормативных документов по сейсмостойкому строительству. // Сейсмостойкое строительство и безопасность сооружений. 2008, №3, с. 16-21.
11. В.И. Уломов. Об инженерно-сейсмологических изысканиях в строительстве. Инженерные изыскания, Сентябрь 2009, с. 28-39.
12. В.И. Уломов, С.А. Перетокин. Об актуализации нормативных карт сейсмического районирования территории Российской Федерации. Инженерные изыскания, январь, 2010, с. 44-53.
13. СН РК 2.03-28-2004 «Шкала для оценки интенсивности землетрясений MSK-64 (К). Алматы, 2004, С. 15 (Т.Ж. Жунусов, А.К. Курскеев, М.У. Ашимбаев, И.Е. Ицков, Ф.Ф. Аптикаев, Н.Н. Михайлова, А.С. Таубаев).
14. Я.М. Айзенберг. Модели сейсмического риска и методологические проблемы планирования мероприятий по смягчению сейсмических бедствий. // Сейсмостойкое строительство и безопасность сооружений. 2004, №6, с. 31-38.
15. Я.М. Айзенберг. Пояснительная записка к актуализированной редакции СНиП II-7-81\* «Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования». // Сейсмостойкое строительство и безопасность сооружений. 2010, №1, с. 13-15.
16. Михайлова Н.Н., Соколова И.Н., Неделков А.И. Новые данные о землетрясениях в асейсмичных районах Казахстана. // Геофизика XXI столетия. Сборник трудов четвертых геофизических чтений им. В.В. Федынского. Москва: Научный мир, 2003.
17. Михайлова Н.Н., Неделков А.И., Султанова Г.С. Новые данные о сейсмичности Западного Казахстана. Тезисы доклада на Седьмых геофизических чтениях им. Федынского В.В. М., 2005.
18. V.S. Nikolaou. Site-Specific Seismic Studies for Optimal Structural Design. Structural magazine, February, 2008. p. 15-19.

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОДЕРЖАНИЮ КАРТЫ СЕЙСМИЧЕСКОГО  
ЗОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН,  
СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИМ ОСНОВАМ ЕВРОКОДА 8.  
Часть 2**

**ВВЕДЕНИЕ**

Защита населения Казахстана, проживающего в сейсмически опасных районах, относится к одной из приоритетных задач государства. В соответствии с Законом Республики Казахстан "О Гражданской обороне" (от 07.05.1997 N 100-І) в целях защиты населения, территорий и объектов хозяйствования от возможных землетрясений, наряду с другими мероприятиями, заблаговременно должны осуществляться:

- научное прогнозирование землетрясений, оценка сейсмической опасности и сейсмическое микрорайонирование территории Республики;
- разработка строительных норм и правил с учетом сейсмической опасности.

Современная наука не может дать надежного прогноза силы, места и времени землетрясений, но это не означает, что на последствия сейсмических событий нельзя влиять.

Мероприятия, обеспечивающие минимизацию последствий сильных землетрясений, в наиболее сконцентрированном виде содержатся в нормах по проектированию и строительству зданий и сооружений в сейсмических районах. Неотъемлемыми частями этих норм являются карты сейсмического районирования (зонирования), характеризующие сейсмическую опасность территорий, для которых эти карты составлены.

Наличие карт общего сейсмического районирования позволяет:

- оценивать степень сейсмической опасности разных регионов страны;
- планировать развитие регионов с учетом степени их сейсмической опасности;
- планировать затраты на проведение антисейсмических мероприятий в масштабе страны;
- назначать, с учетом некоторых дополнительных показателей, параметры расчетных моделей сейсмических воздействий на новые или реконструируемые здания и сооружения.

Чем более достоверные оценки сейсмической опасности будут даны на картах общего сейсмического районирования, тем более обоснованные решения могут быть приняты для минимизации ущерба от землетрясений.

Впервые в отечественной практике разработку карт сейсмического зонирования предполагается осуществлять при тесном взаимодействии специалистов в области сейсмологии и сейсморайонирования со специалистами в области сейсмостойкого строительства.

Настоящие Рекомендации разработаны РГП «КазНИИССА» в рамках научно-исследовательских работ, выполняемых по республиканской бюджетной программе 003 «Совершенствование нормативно-технических документов в сфере архитектурной, градостроительной и строительной деятельности» на основании договора № 003-3-М/4 от 23.02.2011 г. с Агентством по делам строительства и жилищного хозяйства Республики Казахстан.

Положения настоящих Рекомендаций основываются на результатах инженерного анализа зарубежных норм сейсмостойкого строительства и карт общего сейсмического районирования (зонирования) территорий стран Европейского Союза, США, Канады, Австралии, Новой Зеландии, Японии, Российской Федерации и других.

Обоснование положений, приведенных в «Рекомендациях по содержанию карты сейсмического зонирования территории Республики Казахстан, соответствующей научно-методическим основам Еврокода 8», изложено в Пояснительной записке, прилагаемой к настоящим Рекомендациям.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

**1.1.** Настоящие Рекомендации предназначены для составления и подготовки к внесению на утверждение карт общего сейсмического зонирования (ОСЗ) территории Республики Казахстан, соответствующих научно-методическим основам Еврокода 8 «Проектирование сейсмостойких конструкций» и гармонизированных с современными картами общего сейсмического районирования стран, входящих в зоны ЕврАзЭС и Таможенного союза.

**1.2.** Настоящие Рекомендации составлены:

а) в порядке оказания научно-методической помощи составителям карт общего сейсмического зонирования территории Республики Казахстан;

б) для обеспечения соответствия карт общего сейсмического зонирования научно-методическим основам Еврокода 8 и их гармонизации с современными картами общего сейсмического районирования территорий стран, входящих в зоны ЕврАзЭС и Таможенного союза;

в) для обеспечения взаимосвязи между новыми картами общего сейсмического зонирования территории Республики Казахстан и подлежащими в последующем разработке картами детального сейсмического зонирования (районирования) и сейсмического микрорайонирования (микрорайонирования).

**1.3.** Положения, приведенные в настоящих Рекомендациях, носят рекомендательный характер и содержат предложения по содержанию карт ОСЗ территории Республики Казахстан, сформулированные с инженерных позиций по результатам анализа:

а) положений Еврокода 8, регламентирующих принципы составления карт сейсмического зонирования национальных территорий;

б) современных карт сейсмического зонирования (районирования) национальных территорий, принятых в странах Европейского Союза, СНГ и в ряде других стран мира;

в) современных норм сейсмостойкого строительства, принятых в странах Европейского Союза, СНГ и в ряде других стран мира;

г) научных публикаций последних лет, посвященных вопросам совершенствования карт сейсмического зонирования национальных территорий.

### ПРИМЕЧАНИЕ

1. Настоящие Рекомендации не распространяются на научно-методические основы составления карт общего сейсмического зонирования, относящиеся к прерогативе специалистов в области сейсмологии и сейсмического районирования.

2. Настоящие Рекомендации отражают мнение «потребителей» информации, представленной на картах ОСЗ, и составителей норм проектирования и строительства зданий и сооружений в сейсмических районах РК.

**1.4.** Настоящие Рекомендации вступают в действие только после из согласования Агентством по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Казахстан.

**1.5.** Положения настоящих Рекомендаций в процессе составления карт общего сейсмического зонирования могут корректироваться по согласованию с РГП

«КазНИИССА» и, при необходимости, с Агентством по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Казахстан.

Положения, корректировка которых должна сопровождаться обязательным согласованием с Агентством по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Казахстан, оговорены в примечаниях к этим положениям.

## **2. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

**2.1** Сейсмическая опасность – вероятность проявления сейсмических воздействий определенной силы на заданной площади в течение заданного интервала времени. Сейсмические воздействия выражаются в баллах шкалы сейсмической интенсивности, амплитудах колебаний грунта или иных характеристиках, используемых при проектировании зданий и сооружений.

**2.2** Сейсмический риск – вероятность социального и экономического ущерба, связанного с землетрясениями на заданной территории за определенный интервал времени в соответствии с сейсмической опасностью территории и уязвимостью объектов.

**2.3** Сейсмическая уязвимость – отношение ожидаемых затрат на восстановление объектов, которые могут быть подвержены разрушающему воздействию землетрясения заданной интенсивности, к их первоначальной стоимости. Уязвимость изменяется от 0 (отсутствие повреждений) до 1.0 (не подлежит восстановлению). Под сейсмической уязвимостью населения понимается возможная доля погибших, раненых от общего числа жителей, находившихся в той или иной зоне сейсмической интенсивности.

**2.4** Сейсмическое зонирование (районирование) – картирование потенциальной сейсмической опасности территорий, выполняемое с целью определения вероятной интенсивности сейсмических воздействий (в баллах шкалы сейсмической интенсивности, амплитудах колебаний грунта или иных характеристиках) за выбранный интервал времени.

**2.5** Общее сейсмическое зонирование или районирование (ОСЗ или ОСР) – исследования по оценке сейсмической опасности обширной территории путем выделения крупных сейсмогенерирующих зон, определяющих сейсмичность районов. В результате общего сейсмического зонирования (районирования) составляются карты масштаба 1:2500000, позволяющие рационально планировать развитие различных районов и производить оценку общих затрат, необходимых для проведения антисейсмических мероприятий в масштабе страны.

ПРИМЕЧАНИЕ Термины карты «общего сейсмического районирования» и карты «сейсмического зонирования» идентичны по своему смыслу. Первый термин нашел применение в нормах СССР и большинства стран СНГ, второй (Seismic Zoning Maps) – в нормах стран дальнего зарубежья. Далее в настоящих Рекомендациях будут использоваться термины зонирование и зоны.

**2.6** Детальное сейсмическое зонирование (ДСЗ) – комплекс геолого-геофизических работ по выявлению зон возможного возникновения очагов землетрясений (ВОЗ), определение сейсмологических характеристик этих зон и оценка сейсмического эффекта на территории района и пункта строительства.

**2.7** Сейсмическое микронирование (СМЗ) - оценка сейсмической опасности, при которой:

- учитывается влияние местных условий на интенсивность сейсмических колебаний на поверхности Земли;

- определяются поправки, уменьшающие или увеличивающие сейсмичность зоны, задаваемую картами общего или детального сейсмического зонирования.

**2.8** Сейсмоактивная (сейсмическая) зона – зона в пределах сейсмоактивного региона, выделяемая по комплексу сейсмологических и геолого-геофизических признаков.

**2.9** Проектный срок эксплуатации (design working life) – период времени, в течение которого несущие конструкции объекта, при их соответствующем обслуживании, но без капитального ремонта, должны эксплуатироваться в соответствии со своим функциональным назначением (п. 1.2.5.8 EN 1990:2002).

**2.10** Максимальное пиковое ускорение на горизонтальной плоскости – пиковое ускорение, значение которого равно наибольшему из значений распределения, характеризующего величины пиковых ускорений рассматриваемого сейсмического процесса на разных полярных направлениях горизонтальной плоскости.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Инструментальная информация, полученная на случайно ориентированных осях, носит случайный характер и не может в полной мере характеризовать максимальный эффект сейсмического процесса. Для определения максимального значения пикового ускорения на горизонтальной плоскости следует построить распределение значений пиковых ускорений на разных полярных направлениях. Величины пиковых ускорений на разных полярных направлениях вычисляются по инструментально зарегистрированным записям землетрясения на двух ортогональных горизонтальных направлениях, ориентированных на плоскости случайным образом.

**2.11** Эффективные пиковые ускорения (EPGA) – пиковые ускорения, характеризующие разрушающий потенциал сейсмических колебаний грунтов.

### **3. ТРЕБОВАНИЯ К КАРТАМ СЕЙСМИЧЕСКОГО ЗОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**3.1.** Карты общего сейсмического зонирования территории Республики Казахстан, соответствующие научно-методическим основам Еврокода 8 «Проектирование сейсмостойких конструкций», рекомендуется составить в масштабе 1: 2 500 000.

**3.2.** На картах общего сейсмического зонирования территорию Республики Казахстан в зависимости от степени ее сейсмической опасности следует разделить на зоны (см. пункт 3.2.1(1)Р EN 1998-1:2004).

**3.3.** Сейсмическая опасность внутри каждой сейсмической зоны, выделенной на картах ОСЗ РК, предполагается постоянной (см. пункт 3.2.1(1)Р EN 1998-1:2004).

**3.4.** В нормы Республики Казахстан, гармонизированные с положениями Еврокода 8, предлагается включить два комплекта карт ОСЗ.

Показатели сейсмической опасности, представленные на картах комплекта №1, должны:

а) относиться к «средним» грунтам по сейсмическим свойствам, для поверхностных 30-метровых толщ которых типичны скорости распространения поперечных волн от 250 до 550 м/с;

б) характеризовать сейсмическую опасность территории Республики Казахстан целочисленными баллами по СН РК 2.03-28-2004 «Шкала для оценки интенсивности землетрясений MSK- 64 (К)»;

в) характеризовать сейсмическую опасность территории Республики Казахстан на двух уровнях вероятности возникновения и возможного превышения сейсмического эффекта в течение 50-летних интервалов времени:

- 10% — период повторяемости сейсмических сотрясений примерно 500 лет (I-1<sub>500</sub>);

- 2% — период повторяемости сейсмических сотрясений примерно 2500 лет (I-1<sub>2500</sub>).

Показатели сейсмической опасности, представленные на картах комплекта №2, должны:

а) относиться к скальным и скально-подобным геологическим формациям, для поверхностных 30-метровых толщ которых типичны скорости распространения поперечных волн  $\geq 800$  м/с (грунты типа А по Еврокоду 8);

б) характеризовать сейсмическую опасность территории Республики Казахстан в интервалах пиковых ускорений (в долях g) колебаний скальных и скально-подобных грунтов;

в) характеризовать сейсмическую опасность территории Республики Казахстан на двух уровнях вероятности возникновения и возможного превышения сейсмического эффекта в течение 50-летних интервалов времени:

- 10% — период повторяемости сейсмических сотрясений примерно 500 лет (I-2<sub>500</sub>);
- 2% — период повторяемости сейсмических сотрясений примерно 2500 лет (I-2<sub>2500</sub>).

#### ПРИМЕЧАНИЕ

1. Положения пункта 3.4 настоящих Рекомендаций не противоречат пункту 3.2.1(1)Р EN 1998-1:2004) и только дополняют изложенные в нем требования в части описания сейсмической опасности зон.

2. Риск возникновения и возможного превышения сейсмического эффекта связан с 50-летним интервалом времени, т.к. этот интервал времени соответствует проектным срокам эксплуатации объектов нормальной ответственности.

3. Допустимые риски возникновения и возможного превышения сейсмического эффекта в течение 50-летних интервалов подлежат согласованию Агентством по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства.

4. Карты ОСЗ, составленные для уровня риска возникновения и возможного превышения сейсмического эффекта 10% в течение 50-летних интервалов времени и 2% в течение 50-летних интервалов времени, предлагается применять для определения параметров внешних сейсмических воздействий на объекты пониженной, нормальной, повышенной и особой ответственности (см. п. 6 настоящего примечания). Порядок применения указанных карт ОСЗ при определении параметров внешних сейсмических воздействий на объекты с разной степенью ответственности будет оговорен в нормах РК «Проектирование сейсмостойких конструкций».

5. Здания и сооружения по степени ответственности предлагается классифицировать примерно следующим образом:

- объекты пониженной ответственности – здания и сооружения с проектным сроком эксплуатации до 30 лет, повреждения которых не представляют угрозы для безопасности людей, не сопровождаются порчей ценного оборудования, не вызывают прекращения непрерывных технологических процессов и/или загрязнения окружающей среды (небольшие одноэтажные сельскохозяйственные и складские сооружения, временные одноэтажные сооружения, легкие открытые летние павильоны);

- объекты нормальной ответственности – обычные жилые, административные, общественные, производственные, сельскохозяйственные здания и сооружения высотой не более 5 этажей с проектным сроком эксплуатации до 50 лет включительно;

- объекты повышенной ответственности – здания и сооружения с проектным сроком эксплуатации 50 лет и с большим скоплением людей; здания школ, детских садов и им подобные; здания повышенной этажности; монументальные и уникальные здания и сооружения и т.п.;

- объекты особой ответственности – здания и сооружения, функционирование которых необходимо в постсейсмический период для гражданской защиты населения (больницы, пожарные депо, электростанции, правительственные здания повышенной ответственности); автомобильные и железнодорожные мосты, уникальные и монументальные объекты с проектным сроком эксплуатации 100 лет; здания музеев, памятники, представляющие большую историческую и художественную ценность и т.п.;

- объекты исключительной ответственности – объекты, повреждения которых способны вызвать чрезвычайные ситуации государственного или межгосударственного характера (в рамках Еврокода 8 и гармонизированных с ним документов не рассматриваются).

6. Допустимые риски, до составления карт ОСЗ территории Республики Казахстан, должны быть согласованы директивными органами.

**3.5.** Помимо карт I-1<sub>500</sub>, I-1<sub>2500</sub> и I-2<sub>500</sub> и I-2<sub>2500</sub>, включаемых в нормы, предлагается составить карты ОСЗ, на которых показатели сейсмической опасности должны:

а) относиться к скальным и скально-подобным геологическим формациям, для поверхностных 30-метровых толщ которых типичны скорости распространения поперечных волн  $\geq 800$  м/с (грунты типа А по Еврокоду 8);

б) характеризовать сейсмическую опасность территории Республики Казахстан в интервалах пиковых ускорениях (в долях g) колебаний скальных и скально-подобных грунтов;

в) характеризовать сейсмическую опасность территории Республики Казахстан на четырех уровнях вероятности возникновения и возможного превышения сейсмического эффекта в течение 50-летних интервалов времени:

- 20% — период повторяемости сейсмических сотрясений примерно 225 лет (I-2<sub>225</sub>);
- 5% — период повторяемости сейсмических сотрясений примерно 500 лет (I-2<sub>1000</sub>);
- 1% — период повторяемости сейсмических сотрясений примерно 5000 лет (I-2<sub>5000</sub>).

Допускается вместо карт I-2<sub>225</sub>, I-2<sub>1000</sub> и I-2<sub>5000</sub> представить графики, характеризующие вероятности возможного превышения сейсмического эффекта (пиковых ускорений) в течение разных интервалов времени для конкретных населенных пунктов.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

1. Карты, характеризующие сейсмическую опасность территорий для периодов повторяемости сейсмических сотрясений 225 и 1000 лет, необходимы для нормирования коэффициентов ответственности, применяемых при определении параметров расчетных сейсмических воздействий на объекты с пониженной и повышенной ответственностью.

2. Карты, характеризующие сейсмическую опасность территорий для периодов повторяемости сейсмических сотрясений 5000 лет, необходимы для определения параметров расчетных сейсмических воздействий на объекты особой ответственности, повреждения которых способны вызвать чрезвычайные ситуации регионального масштаба.

3. В настоящих рекомендациях не рассматриваются вопросы составления карт, характеризующих сейсмическую опасность территорий для периодов повторяемости сейсмических сотрясений 10000, 50000 и 100000 лет, необходимых для определения параметров расчетных сейсмических воздействий на исключительно ответственные объекты, повреждения которых способны вызвать чрезвычайные ситуации государственного или межгосударственного характера.

**3.6.** Рекомендуемые значения интервалов пиковых ускорений PGA, характеризующих сейсмическую опасность зон, предлагается принять в соответствии с данными, приведенными в таблице 1.

Таблица 1

Номер сейсмической зоны	Сейсмичность зоны I (в баллах)	Значения пиковых ускорений PGA (в долях g)
0	$\leq V$	$<0,05$
1	VI	0,05-0,075
2		0,075-0,10
3	VII	0,10-0,15
4		0,15-0,20
5	VIII	0,20-0,30
6		0,30-0,40
7		0,40-0,50
8	IX	0,50-0,70
9		0,70-0,90
10	X	$>0,9$

ПРИМЕЧАНИЕ Карты общего сейсмического зонирования, на которых сейсмическая опасность зон будет описываться соответствующими интервалами значений пиковых ускорений:

- не будут противоречить картам ДСР и СМР, на которых значения пиковых ускорений могут иметь градацию с меньшим шагом;

- при отсутствии для строительных площадок карт СМР позволят при определении параметров внешних сейсмических воздействий на проектируемые объекты пользоваться среднеарифметическими значениями пиковых ускорений.

**3.7.** На картах общего сейсмического зонирования территории Республики Казахстан или в пояснительной записке к ним следует в обязательном порядке указать, какое именно содержание придано значениям пиковых ускорений грунта (PGA - peak ground acceleration – пиковое ускорение основания), характеризующим сейсмическую опасность сейсмических зон.

**3.8.** Значения PGA на картах общего сейсмического зонирования предлагается отождествлять со значениями максимальных пиковых ускорений на горизонтальной плоскости или с эффективными значениями пиковых ускорений (EPGA).

**3.9.** При составлении карт ОСЗ следует учитывать, что значения максимальных пиковых ускорений на горизонтальной плоскости превышают:

- значения пиковых ускорений на наиболее интенсивных горизонтальных компонентах, ориентированных на плоскости случайным образом, примерно в 1,08 раза;
- среднеарифметические, среднегеометрические и среднеквадратичные значения между пиковыми ускорениями, зарегистрированными на двух ортогональных осях, ориентированных на плоскости случайным образом, примерно в 1,15 раза.

ПРИМЕЧАНИЕ Данные п. 3.9 могут быть применены:

- для приведения значений PGA, полученных с помощью разных эмпирических моделей сейсмических колебаний грунтов, к единому показателю;
- для обоснованного перехода от «сейсмологических» показателей сейсмической опасности зон к расчетным показателям.

**3.10.** Соотношения эффективных значений пиковых ускорений EPGA со значениями PGA будут установлены на основании результатов дополнительных расчетно-теоретических исследований.

**3.11.** На картах ОСЗ (а также ДСЗ и СМЗ) следует учесть, что в качестве случаев низкой сейсмичности в Еврокоде 8 предполагается рассматривать случаи, при которых расчетное ускорение для грунта типа А,  $a_g$ , составляет не более 0,08 g (0,78 м/с<sup>2</sup>), либо случаи, когда произведение  $a_g \cdot S$  не более 0,1 g (0,98 м/с<sup>2</sup>), где S – коэффициент, характеризующий влияние грунтовых условий на величины ускорений.

**3.12.** На картах ОСЗ (а также ДСЗ и СМЗ) следует учесть, что в качестве случаев очень низкой сейсмичности в Еврокоде 8 предполагается рассматривать случаи, при которых расчетное ускорение для грунта типа А,  $a_g$ , составляет не более 0,04 g (0,39 м/с<sup>2</sup>), либо случаи, когда произведение  $a_g \cdot S$  не более 0,05 g (0,49 м/с<sup>2</sup>).

**3.13.** На картах ОСЗ (а также ДСЗ и СМЗ), при необходимости, следует выделять зоны, в которых землетрясения, представляющие опасность для строений (например, техногенные землетрясения), будут иметь магнитуды  $M_S \leq 5,5$ .