

УДК 550.343

**ОЦЕНКА И КАРТИРОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА
ТЕРРИТОРИИ КРЫМА**

© Бурым Ю.А., Иваненко Т.А., Лущик А.В., Пустовитенко Б.Г.

*Крымский экспертный совет по оценке сейсмической опасности
и прогнозу землетрясений, г. Симферополь**Приведены результаты расчета и картирования относительного
сейсмического риска территории Крыма с применением сочетания
различных подходов к понятию риска. Полученные результаты могут быть
использованы в градостроительной и природоохранной деятельности.****Ключевые слова:** сейсмический риск, опасность, грунтовые
условия.*

Вводная часть. Высокая степень сейсмической опасности территории Республики Крым [3, 4] определяет необходимость принятия превентивных мер по предотвращению возможного ущерба и/или минимизации последствий разрушительных землетрясений.

Ранее [4] авторами была проделана работа по оценке и картированию всех основных природных факторов, определяющих первичную и вторичную сейсмическую опасность территории Крыма. Карты первичной (сейсмической) и вторичной (геологической) опасностей получены с использованием методики, примененной В.Г. Алказом для территории Республики Молдовы [1]. Суть этого методического подхода, состоит в определении весовых коэффициентов всех действующих на территории факторов первичной и вторичной сейсмической опасности, а также факторов, определяющих возможный ущерб. К факторам ущерба относится социальный (плотность населения), уязвимость строений и фактор, характеризующий состояние экономики. Вся рассматриваемая территория делится на квадраты с необходимой детальностью. В каждом квадрате определяется численное значение для каждого из указанных факторов. Сейсмический риск вычисляется как конволюция (свертка) всех значений указанных факторов с соответствующими весовыми коэффициентами.

Материалы и методы исследования. В настоящей работе, которая является логическим продолжением предыдущей [4] и основана на тех же исходных данных, для картирования обзорного сейсмического риска территории Крыма использован несколько иной подход. Неизменным остался подход [1] лишь для вычисления отдельных компонентов риска. В соответствии с общепринятым представлением [2], риск определяется произведением величины ущерба Q в результате реализации опасного события, и его вероятности P . В нашем случае величина ущерба складывается из трех составляющих: социальный фактор, уязвимость строений и экономический фактор. Для получения величины Q для этих факторов аналогично [1] были приняты весовые коэффициенты. Далее с применением метода экспертных оценок для каждого квадрата разбиения были определены численные значения каждого фактора и суммарная величина Q . Под величиной P рассматривается величина интегральной сейсмической опасности, имеющая вероятностный характер. Обе полученные таким образом составляющие сейсмического риска P и Q нормируются на максимально возможные в регионе соответствующие величины. Далее по аналогии с [2], используя квантификацию риска, вычисляем сейсмический риск для каждой ячейки разбиения R как произведение PQ .

Результаты и их обсуждение. В отличие от работы [4] в качестве исходной карты сейсмической опасности в настоящей работе использована карта 90-процентной вероятности превышения сейсмических воздействий в пиковых ускорениях (ОСР-2004-Аг) [3], приведенная на рис.1. Эта карта позволяет более подробно ранжировать

сейсмическую опасность территории по сравнению с картой ОСР-А, представленную в целочисленных значениях сейсмической интенсивности, выраженную в баллах.

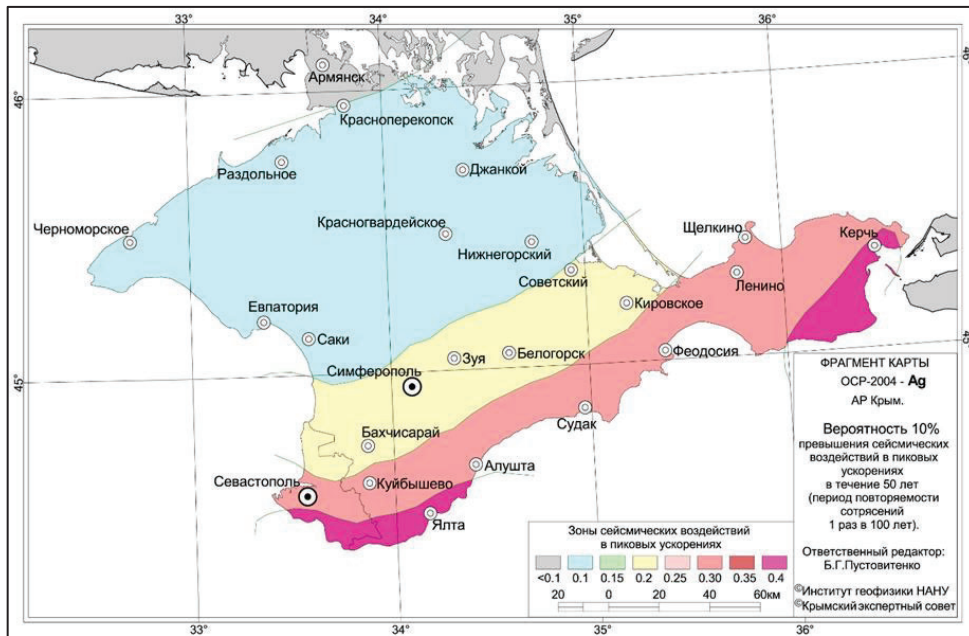


Рис. 1. Карта сейсмической опасности территории Крыма в пиковых ускорениях

Для сейсмической опасности введено 4 градации: 1 - для зоны сейсмических воздействий в пиковых ускорениях со значениями менее 0,1 (опасность минимальная); 2 - для зоны со значениями 0,1-0,2g (опасность средняя), 3- для зоны со значениями 0,2-0,3 (опасность высокая) и 4 - для зоны со значениями 0,3-0,4g (опасность очень высокая).

Картографические модели ранжирования грунтов, рельефа, обводненности горных пород верхней части литосферы, как составляющих первичной сейсмической опасности, а также оползней, карста, селей, грязевых вулканов, разжижения и просадки грунтов взяты из предыдущей работы [4]. В таблице 1 приведены применяемые для получения интегральной оценки опасности весовые коэффициенты для всех вышеперечисленных факторов. Интегральная сейсмическая опасность P в соответствии с [2] вычисляется для каждой ячейки разбиения как сумма произведений величины (градации) значения каждого из факторов опасности на соответствующий вес, нормированная на максимально возможное в регионе значение.

На следующем этапе составляется картографическая модель возможного ущерба от землетрясений на территории Крыма.

Для составления картографической модели социального фактора, использовались результаты переписи населения Крыма в 2014 г. и карта плотности населения, приведенная в Приложении к Постановлению Совета Министров Республики Крым от 30 декабря 2015 г. № 855 «Об утверждении Схемы территориального планирования Республики Крым».

Основные исходные данные для оценки уязвимости строений были получены из космических снимков необходимого масштаба. Для региональной модели населенные пункты были разделены на четыре группы (города с населением более 100 тыс. и 50-100 тыс., поселения городского типа и села). Такая классификация обусловлена тем, что процент зданий с повышенной уязвимостью (тип А) наиболее высокий в сельских поселениях и достигает 89% и более, в то время как в крупных городах не превышает 75-78%. Однако, анализ мирового опыта оценки разрушений после разрушительных

землетрясений указывает на то, что не все сооружения типа А разрушаются. Согласно ДСТУ Б В.1.1-28:2010 [5] наиболее вероятные оценки возможных количественных показателей (медианные значения) разрушения различных типов сооружений (А, В, С), соответствуют 75; 40; 10 %%. Используя эти данные, для каждой ячейки рассчитывались средневзвешенные показатели уязвимости.

Таблица 1

Весовые коэффициенты для определения обзорного (регионального) сейсмического риска

№№ п.п.	Факторы риска	Вес,	Градация	Всего
Факторы опасности				
1	Сейсмическая опасность (Сейсмичность по карте общего сейсмического районирования в пиковых ускорениях)	60	1-4	240
2	Особенности горных пород в разрезе до 30м	20	1-4	80
3	Рельеф	10	1-4	40
4	Обводненность	20	0-4	80
Геологическая опасность				
5	Оползни	15	0-4	60
6	Тиксотропия	5	0-4	20
7	Грязевой вулканизм	10	0-4	40
8	Карст	5	0-4	20
9	Сели	5	0-4	20
Факторы ущерба				
10	Уязвимость строений	15	1-4	60
11	Социальный фактор	20	1-4	80
12	Экономический фактор	30	1-4	120

Ввиду отсутствия и невозможности получения объективной информации об экономике регионов Крыма для ранжирования экономического фактора использовался метод экспертных оценок. Отдельно учитывался возможный ущерб от разрушения экологически опасных объектов, исторических, архитектурных, природных охраняемых памятников и объектов, а также возможный ущерб при разрушении зданий, где могло находиться одновременно много людей (вокзалы железнодорожные, крупные автовокзалы, порты, аэропорты, театры и др.).

Величины риска R как произведения PQ подразделяются условно на пять категорий:

допустимый (минимальный) — $R < 0,16$

низкий — $0,16 < R \leq 0,32$

средний — $0,32 < R \leq 0,48$

высокий — $0,48 < R < 0,64$

максимальный — $R \geq 0,64$

Итоговая карта сейсмического риска территории Крыма приведена на рис. 2.

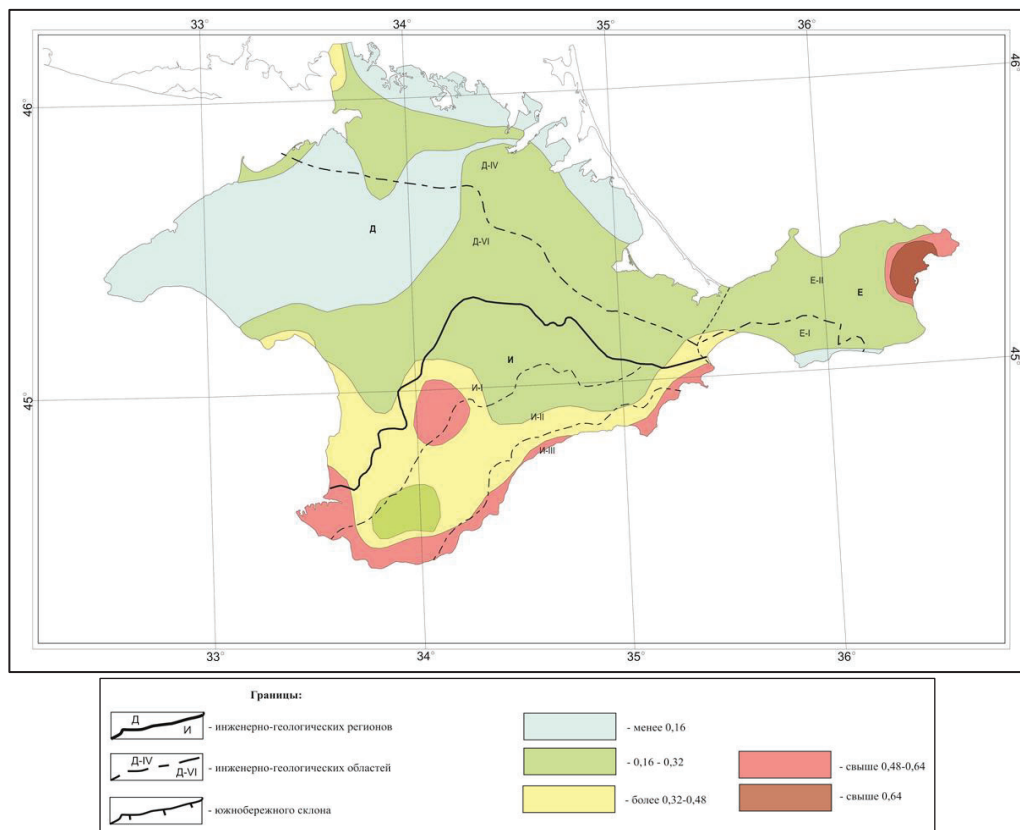


Рис. 2. Картографическая модель регионального сейсмического риска территории Крыма

Условные обозначения:

Инженерно-геологические регионы: Д - Причерноморская впадина Е - Индоло-Кубанский прогиб (Западная часть) И - Горный Крым,

Инженерно-геологические области: Д-IV - Аккумулятивная Присивашская равнина, Д-VI - Аккумулятивно-денудационные равнины Равнинного Крыма. Е-I - Аккумулятивно-денудационная Керченская юго-западная равнина - низменность, Е-II - Аккумулятивно-денудационная северо-восточная равнина - низменность, I-I - Моноклиналильные Внешняя и Внутренняя гряды, I-II - Средне- и низкогорные хребты и массивы Главной гряды, I-III - Низкогорье Южного берега Крыма.

Выводы и рекомендации. Максимальные значения регионального сейсмического риска (рис. 2) установлены в пределах промышленных центров восточных и южных районов Крыма, что обусловлено комплексным влиянием сейсмических, геологических, геоморфологических условий и социальным и экономическими факторами. Достаточно высокие показатели сейсмического риска указывают на необходимость постоянно учитывать сейсмический риск при освоении новых территорий и в пределах существующих природно-технических систем при эксплуатации и обустройстве. По мере появления новых данных о состоянии экономики и полном кадастре строений Крыма разработанный вариант карты обзорного сейсмического риска может быть уточнен.

В целом, разработанная обзорная карта сейсмического риска территории Крыма уже сегодня может быть использована при разработке стратегии устойчивого развития экономики Республики, составлении генеральных планов рационального землепользования, развития инфраструктуры и инвестиционной политики. Ценность рассмотренной методики, применяемой в настоящее время в странах ЕС и США, состоит в возможности приоритизации экологических проектов на основе выявленного

ранжирования, установления очередности природоохранных мероприятий и оптимизации расходов на их проведение.

Литература

1. *Алказ В.Г.* Основы прогноза сейсмической опасности и сейсмического риска территории Республики Молдова. Кишинев: Elena-VISRL, 2007. 229 с.
2. *Ваганов П.А.* Экогеологический риск: оценка прогнозирование и картирование // Вестник СПбГУ. Серия 7, 2003. Вып. 1. № 7. С. 33–45.
3. *Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Пустовитенко А.Н.* Новые карты общего сейсмического районирования территории Украины. Особенности модели долговременной сейсмической опасности // Геофизический журнал, 2006. № 3. С. 54–77.
4. Оценка сейсмической и геологической опасностей – необходимая составляющая повышения экологической безопасности Крыма / *А.В. Луцкич, Т.А. Иваненко, Б.Г. Пустовитенко и др.* // Материалы I Международного экологического форума в Крыму «Крым – эколого-экономический регион. Пространство ноосферного развития» 2017 года / Под ред. *В.А. Иванова, Е.И. Игнатова, И.С. Кусова и др.* Севастополь: Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Севастополе, 2017. С. 121-124.
5. Шкала сейсмической интенсивности. ДСТУ Б.В.1.1-28:2010. / *Ю. Немчинов, М. Маренков, К. Егунов и др.* Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 46 с.