

МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАСАНСКОГО РАЙОНА ПРИМОРСКОГО КРАЯ

¹П. В. Горелов, ²Н. Г. Шкабарня

¹Геофизической службы РАН, региональный информационно-обрабатывающий центр (РИОЦ) г. Владивосток, pet_gor@mail.ru

²Дальневосточный Федеральный университет г. Владивосток

Аннотация

Целью данной работы является изучение современной сейсмической активности Приморского края и оценка сейсмической опасности Хасанского района. Методикой изучения являются сейсмологические исследования, в которую входят макросейсмические и инструментальные исследования. Проводится анализ инструментально-наблюдённых землетрясений, а так же рассчитывается оценка сейсмического влияния на населённый пункт.

Abstract.

The aim of this work is to study the modern seismic activity of Primorye and seismic hazard assessment of Khasan district. Methodology for the study are the seismological studies, which includes instrumental and macroseismic research. The analysis of observed instrumental earthquakes, as well as a calculated estimation of seismic impact on the locality.

Введение

Среди всех стихийных бедствий землетрясения относятся к наиболее опасным. Оно занимает одно из первых мест по числу человеческих жертв и причиняемому ущербу. На основании сейсмического анализа было установлено, что на территории края за последние 20–30 лет не было сильных землетрясений. Зона сейсмической опасности в Приморском крае определена как средняя и по шкале MSK не превышает 8 баллов [1]. Такая оценка подтверждается комплектом карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97, где Приморский край относится к зоне шести и семи баллов [4,5].

В настоящее время накоплен большой объем материалов о сейсмической активности Приморского края и составлена карта исторических землетрясений масштаба 1:1000000 – 1:2000000 [1]. На основании анализа определены наиболее опасные в сейсмическом отношении районы. За последние столетия в пределах Японского моря отмечались сильные землетрясения с магнитудой 7–8, которые сопровождалась цунами на всём побережье Приморского края.

Непосредственно на территории края за период с 1867 по 2015 г. известны примерно свыше 360 землетрясений. Среди них наблюдаются глубокофокусные и коровые землетрясения с магнитудой в диапазоне $7 < M < 9$ (сильные) и $1 < M < 5$ (слабые). Поэтому эта территория является сейсмически опасным регионом. К настоящему времени известна лишь малая часть инструментально зарегистрированных землетрясений, что объясняется слабо развитой сейсмической сетью. Параметры многих землетрясений, особенно слабых, к сожалению не установлены.

Сейсмологические исследования

При оценке сейсмической опасности, важной частью являются сейсмологические исследования, которые позволяют решать некоторые задачи детального сейсмического районирования. Сейсмологические исследования делятся на инструментальные и макросейсмические.

Слабые современные землетрясения в основном распространены в западном Приморье, образуя линейные группы и гнездовые скопления. Рассматривая карту, следует отметить, что здесь отмечаются значительные по площади (60×80 км) территории, где никогда не было землетрясений.

Коровые землетрясения в западной части края сосредоточены преимущественно по бортам остаточных горстов среди впадин или на их перемычках. Это даёт основание считать, что современная коровая активность связана с рифтогенными процессами. Основной причиной этих землетрясений возможно является растяжение земной коры с возникновением сбросов, поэтому они сравнительно слабые и умеренной силы.

За последние 8 лет в Хасанском районе и близлежащих окрестностях, произошло 11 землетрясений. Часть была зарегистрирована вблизи побережья края и у границы с Китаем. Непосредственно на исследуемой территории не было сильных землетрясений, все они относятся к глубокофокусным:

В 2008 г. было зарегистрировано 1 глубокофокусное землетрясение на территории Хасанского района ($42^{\circ}.00'$; $131^{\circ}.43'$), $h = 570$ км, $M = 5.3$.

В 2009 г. произошло три глубокофокусных землетрясения вблизи исследуемого района: 1) Прибрежное, зарегистрированное 6 марта у побережья Хасанского района ($42^{\circ}.54'$; $131^{\circ}.75'$), $h = 520$ км, $M = 4.2$; 2) 6 апреля – в заливе Петра Великого, в 5 км от островов Рейнеке и Рикорда ($42^{\circ}.87'$; $131^{\circ}.75'$), $h = 520$ км, $M = 4.7$; 3) 18 апреля – на территории Хасанского района, в 2 км от пос. Верхняя ($42^{\circ}.80'$; $130^{\circ}.65'$), $h = 560$ км, $M = 5.3$;

В 2010 г. зарегистрировано три землетрясения на территории Хасанского района, 8-го и 21-го февраля вблизи пос. Андреев Мыс ($42^{\circ}.61'$; $130^{\circ}.75'$), $h = 570$ км, $M = 6.7$, ($42^{\circ}.55'$; $130^{\circ}.88'$), $h = 580$ км, $M = 4.6$; 9 сентября – у оз. Птичье ($42^{\circ}.52'$; $130^{\circ}.82'$), $h = 580$ км, $M = 4.5$.

В 2011 г. зарегистрировано два проявления сейсмической активности 1) Хасанское, 7 января, – вблизи рек Пойма и Нарва ($43^{\circ}.00'$; $131^{\circ}.10'$), $h = 560$ км, $M = 5.1$; 2) Китайское, 10 мая, – на границе с Хасанским районом ($43^{\circ}.32'$; $131^{\circ}.07'$), $h = 550$ км, $M = 5.5$;

В 2013 г. было зарегистрировано два землетрясения: 5 апреля – на территории Хасанского района, вблизи реки Рязановка, ($42^{\circ}.81'$; $131^{\circ}.13'$), $h = 570$ км, $M = 6.3$; 6 апреля – у оз. Утиное, в 4 км от с. Андреевка ($42^{\circ}.68'$; $131^{\circ}.12'$), $h = 570$ км, $M = 5.6$; у границы Китая с Хасанским районом 29 октября ($43^{\circ}.25'$; $131^{\circ}.00'$), $h = 540$ км, $M = 5.3$;

Хасанский район и приграничная территория относится к наиболее сейсмически опасной зоне. Большая часть землетрясений в районе являются глубокофокусными, и они очень часто происходят. За год может произойти до четырёх землетрясений, но бывают и годы затишья. Так начиная начала с двадцатого века землетрясения в этом районе происходили через 2-4 года, но есть и временные промежутки затишья с 1940 по 1946 годы, с 1985 по 1990 годы, и промежутки длиною в десятилетия с 1946 по 1957 годы, и с 1959 по 1968 годы. Начиная с 1968 г. повторяемость увеличилась, а начиная с 2006 года землетрясения происходят почти ежегодно и порой до трёх раз в год. Так же происходит и рост магнитуды. Если в начале двадцатого века активность возрастала от 3 до 7 и затем падала, то начиная с начала 21 века активность растёт от 4.5 до 6. В среднем гипоцентр находится на глубине 550 км, но случаются и отклонения.

Макросейсмические методы дают оценку конфигурации зон с определенной балльностью, дают информацию о сейсмическом режиме. Макросейсмические и инструментальные методы независимы, они дополняют друг друга, что даёт более точный результат.

При соотношении карт сейсмической активности и тектонических нарушений автором была создана карта зон возможных очагов землетрясений (ВОЗ), в основе, которой лежала карта зон ВОЗ разработанная в институте физики Земли РАН (Рогожин и др., 2008).

Проанализировав карту (рис. 2), можно выделить 15 зон ВОЗ, так же были выбраны 41 населённый пункт, которые по тем или иным соображениям являются значительными для Приморского края.

Фактические данные инструментальных сейсмических наблюдений в этих зонах могут отличаться от расчетных возможных сейсмических сотрясений.

Все расчеты будем вести от осевых частей разломов, одноимённых с зонами ВОЗ, как наиболее вероятных линий расположения эпицентров.

Связь между макросейсмической балльностью в точке наблюдения, магнитудой землетрясения и расстоянием от точки наблюдения до гипоцентра определяется эмпирическим по своей природе уравнением макросейсмического поля.

Уравнение макросейсмического поля (УМП) [2,3], дающее корреляционную связь между наблюдаемой макросейсмической балльностью, магнитудой землетрясения, эпицентральной расстоянием и глубиной очага, для Приамурья и Приморья рекомендуется использовать в виде:

$$I \text{ (баллы шкалы MSK-64)} = 1.5 \cdot M - 3.5 \cdot \lg R + 3.0. \quad (1.1)$$

Здесь $R = \sqrt{(L^2 + h^2)}$ – расстояние от гипоцентра землетрясения до точки наблюдения, M – магнитуда, L – эпицентральной расстояние; h – данные о средних глубинах очагов землетрясений.

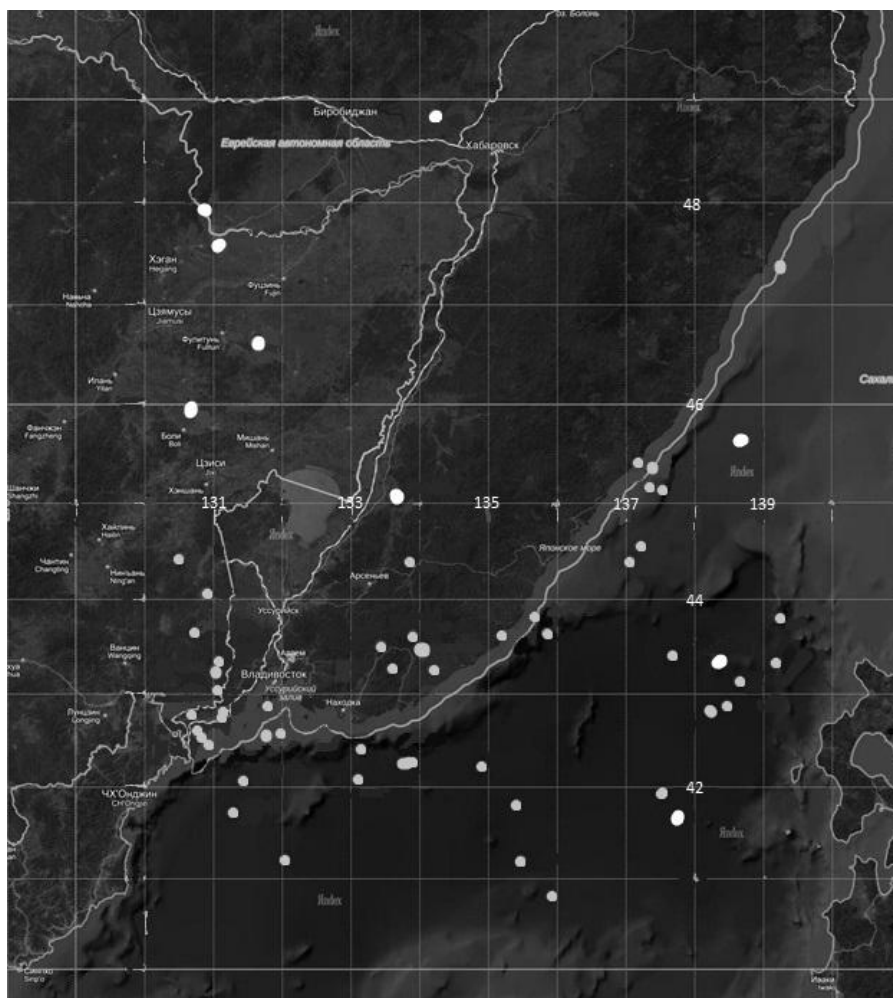


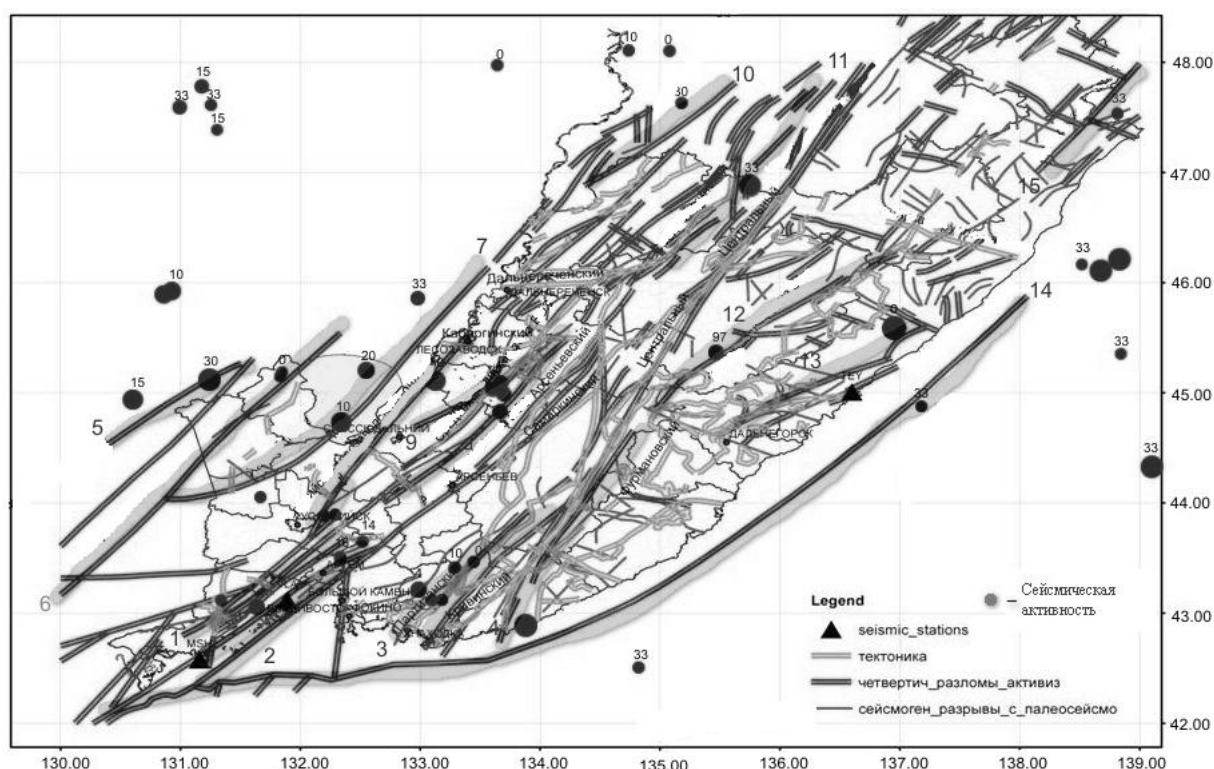
Рис. 1. Карта-схема землетрясений Приморского края с 2007 г. по настоящее время. Белыми точками показано расположение землетрясений.

Расчет сейсмической сотрясаемости в данном районе, осуществляется путем численного интегрирования сейсмических воздействий, в локальной зоне, от всех сейсмических источников на рассматриваемой территории, с учетом средней частоты повторения в них землетрясений различных магнитуд.

Макросейсмические исследования проводились в 5 населённых пунктах Хасанского района: Хасан, Краскино, Зарубино, Славянка и Барабаш.

Для посёлка Хасан наибольшую опасность предоставляет Береговая зона ВОЗ, т. к. она располагается в непосредственной близости. Пгт. Хасан по рассчитанным данным попадает в зону примерно пяти бальной интенсивности по шкале MSK-64. При 5 баллах (Пробуждение) Землетрясение ощущается всеми людьми внутри помещения, и многими под открытым небом. Многие спящие просыпаются. Животные беспокоятся. Сотрясение зданий в целом. Висячие предметы сильно качаются. Некоторые неустойчивые предметы опрокидываются или сдвигаются. Незапертые двери и окна распахиваются и снова захлопываются. Ощущаемые колебания схожи с колебаниями, создаваемыми падением тяжелых предметов внутри здания. Так же возможны повреждения в виде тонких трещин в штукатурке в зданиях типа А.

Для посёлка Краскино наибольшую опасность предоставляет Приморская зона ВОЗ, т. к. она располагается в непосредственной близости. Пгт. Краскино по рассчитанным данным попадает в зону четырёх бальной интенсивности по шкале MSK-64. При 4 баллах (Заметное сотрясение) землетрясение ощущается внутри зданий многими людьми, и немногими под открытым небом. Некоторые спящие просыпаются. Дребезжание окон, дверей, посуды, скрип полов и стен. Начинается дрожание мебели. Висячие предметы слегка раскачиваются.



— Зоны ВОЗ:

- | | | |
|--|-----------------------------|---------------------------|
| 1. Приморская | 6. Пограничная | 11. Среднебекинская |
| 2. Шкотовская | 7. Ханкайская | 12. Тигринковская |
| 3. Партизанская (восточная и западная) | 8. Уссурийско-Лесозаводская | 13. Тернейская |
| 4. Преображенская | 9. Кировская | 14. Шельфовая |
| 5. Китайская | 10. Алчанская | 15. Приморско-Хабаровская |

Рис. 2. Схема возможных очагов землетрясений Приморья.

Для посёлка Зарубино наибольшую опасность предоставляют Береговая и Приморская зона ВОЗ, т. к. они располагаются в непосредственной близости. Пгт. Зарубино по рассчитанным данным попадает в зону примерно пяти балльной интенсивности по шкале MSK-64. При 5 баллах (Пробуждение) Землетрясение ощущается всеми людьми внутри помещения, и многими под открытым небом. Многие спящие просыпаются. Животные беспокоятся. Сотрясение зданий в целом. Висячие предметы сильно качаются. Некоторые неустойчивые предметы опрокидываются или сдвигаются. Незапертые двери и окна распахиваются и снова захлопываются. Ощущаемые колебания схожи с колебаниями, создаваемыми падением тяжелых предметов внутри здания. Так же возможны повреждения в виде тонких трещин в штукатурке в зданиях типа А.

Для посёлка Славянка наибольшую опасность предоставляют Береговая, Шкотовская и Приморская зона ВОЗ, т. к. они располагаются в непосредственной близости. Пгт. Славянка по рассчитанным данным попадает в зону примерно пяти-шести балльной интенсивности по шкале MSK-64. При 5-6 баллах (Пробуждение - Испуг) Землетрясение ощущается всеми людьми внутри помещения, и под открытым небом. Спящие просыпаются. Люди пугаются. Немногие теряют равновесие. Животные беспокоятся и выбегают из укрытий. Сотрясение зданий в целом. Висячие предметы сильно качаются и падают. Движение мебели, падает посуда, книги и т.д. Так же возможны повреждения в виде тонких трещин в штукатурке в зданиях типа Б и во многих зданиях типа А. Так же в зданиях типа А откалываются куски штукатурки, трещины в штукатурке и дымовых трубах с частичным разрушением.

Для посёлка Барабаш наибольшую опасность предоставляет Приморская зона ВОЗ, т. к. она располагается в непосредственной близости. Пгт. Барабаш по рассчитанным данным попадает в зону шести балльной интенсивности по шкале MSK-64. При 6 баллах (Испуг) землетрясение ощущается большинством людей как внутри помещений, так и под открытым небом. Многие люди, находящиеся в зданиях, пугаются и выбегают на улицу. Немногие – теряют равновесие. Домашние животные выбегают из укрытий. В некоторых случаях может разбиться посуда и другие стеклянные изделия;

падают книги. Возможно движение тяжелой мебели. Так же возможны повреждения в виде тонких трещин в штукатурке в зданиях типа Б и во многих зданиях типа А. Так же в зданиях типа А откалываются куски штукатурки, трещины в штукатурке и дымовых трубах с частичным разрушением.

Выводы

На основании проведенных исследований можно прийти к выводу что, на территории Хасанского района возможны землетрясения не выше 6 баллов в некоторых исследуемых населённых пунктах. Данные исследования отчасти совпадают с картами ОСР-97. Сейсмическая активность в данном регионе не определённая, за год может быть зарегистрировано два или три случая и все они находятся на очень большой глубине. Возникновение землетрясения свыше 7 баллов крайне мала, хоть и не исключается, что подтверждается Приморским землетрясением 1955 года и то вблизи побережья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Олейников А.В., Олейников Н.А. Палеосейсмогеология и сейсмическая опасность Приморского края // Вестник ДВО РАН. 2006. № 3. С. 76–84.
2. РБ 006-98 Определение исходных сейсмических колебаний грунта для проектных основ. Москва 2000 г. 58 с.
3. Рекомендации по сейсмическому микрорайонированию при инженерных изысканиях для строительства. М.: Госстрой СССР, 1985. 73 с.
4. Сейсмическое районирование территории СССР. М.: Наука, 1980. 308 с.
5. Уломов В.И., Шумилина Л.С. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Масштаб 1:8000000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных регионах. М.: Институт физики Земли РАН, 1999. 57 с.