

УДК 550.34

П.В. Горелов, Н.Г. Шкабарня

ГОРЕЛОВ ПЁТР ВЛАДИМИРОВИЧ – младший научный сотрудник сейсмической станции «Владивосток» отдела сейсмического мониторинга Геофизической службы РАН (Владивосток), аспирант Дальневосточного федерального университета (Владивосток).

E-mail: pet\_gor@mail.ru

ШКАБАРНЯ НИКОЛАЙ ГРИГОРЬЕВИЧ – доктор технических наук, профессор кафедры геологии, геофизики и геоэкологии Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток).

## Современная сейсмическая активность Приморского края

Описаны последние, неопубликованные, землетрясения Приморского края (2007–2014 гг.) с точным местоположением и параметрами землетрясения. Представлены выводы, основанные на анализе уже имеющихся материалов, в частности каталогов приморских землетрясений.

*Ключевые слова:* землетрясение, глубина, магнитуда, глубокофокусные, мелкофокусные.

Среди всех стихийных бедствий землетрясения относятся к наиболее опасным. Они занимают одно из первых мест по числу человеческих жертв и причиняемому ущербу.

К сожалению, причины возникновения глубоких землетрясений на данный момент не имеют достоверного обоснования. Существует множество теорий, но наиболее правдоподобны лишь две: движение литосферных плит и движение газов в мантии.

В Приморском крае благодаря большой глубине и средней магнитуде  $M < 6$  землетрясения не причинили большого вреда. Однако в последние годы наблюдаются коровые землетрясения с магнитудой более пяти. Поскольку горы Сихотэ-Алиня являются молодыми, и горообразование все ещё продолжается, то существует вероятность того, что на территории Приморского края в ближайшем будущем могут быть коровые землетрясения с большой магнитудой. Исторические факты свидетельствуют, что сильные землетрясения в Приморье происходили: например, землетрясение 14.09.1955 г. с очагом в районе ст. Приморская на глубине в 6 км и интенсивностью в 7 баллов. В результате местами изменился рельеф, пострадали все постройки в п. Приморский, наблюдалось поднятие морской глади у п-ова Песчаный, Эгершельд, бух. Нарва.

На основании сейсмического анализа автором было установлено, что на территории Приморского края за последние 20–30 лет не было сильных землетрясений. Зона сейсмической опасности здесь определена как средняя и по шкале MSK не превышает 8 баллов [5]. Такая оценка подтверждается комплектом карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97, где Приморский край относится к зоне шести и семи баллов [3, 4, 6], и каталогами землетрясений, создаваемых в нашей стране на протяжении десятилетий А.В. Олейниковым, Б.А. Пышкиным, Геофизической службой РАН и многими другими исследователями и организациями. В данной работе использовался каталог А.В. Олейникова, так как он более информативен для анализа.

В настоящее время накоплен большой объем материалов о сейсмической активности Приморского края и составлена карта исторических землетрясений масштаба 1:1000000 – 1:2000000 [2]. На основании анализа автором определены наиболее опасные в сейсмическом отношении районы. За последние столетия в пределах Японского моря отмечались сильные землетрясения с магнитудой 7–8, которые сопровождались цунами на всём побережье Приморского края.

Непосредственно на территории края за период с 1867 по 2007 г. известны примерно 316 землетрясений. Среди них наблюдаются глубокофокусные и коровые землетрясения с магнитудой в диапазоне  $7 < M < 9$  (сильные) и  $1 < M < 5$  (слабые) [2]. 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.

Долгие годы здесь работали только две станции сейсмического наблюдения – «Владивосток» и «Терней» [1], расстояние между ними превышает 400 км. Но в 1994 г. из-за сложностей с финансированием сейсмостанция «Владивосток» была закрыта. Спустя 11 лет во Владивостоке возобновились наблюдения с помощью современной цифровой станции, а в 2008 г. открыли ещё один пункт сейсмического наблюдения вблизи г. Владивостока, на мысе Шульца в бухте Витязь.

Целью этой статьи является изучение последних землетрясений, ранее нигде не опубликованных.

На основании анализа карты инструментальных землетрясений [2] можно прийти к выводу, что землетрясения происходили на всей территории Приморского края и его побережья. Известно о большом количестве проявлений сейсмической активности в Лазовском, Хасанском, Тернейском и в Пожарском районах, а также в Артёмовском городском округе и вблизи оз. Ханка. На карте отчётливо прослеживается преобладание глубокофокусных землетрясений, особенно в юго-западной части Приморского края. В южной части края глубокофокусные и коровые землетрясения приурочены к краю шельфа. Просматривается уменьшение глубин очагов с запада на восток с 650 до 300 км. Наиболее мощные землетрясения ( $M > 6,5$ ) расположены на западе края.

Непосредственно на территории края коровые землетрясения единичны и разбросаны по площади, кроме землетрясений 1962–1967 гг. севернее оз. Ханка, которые образуют линейный ряд субширотного простиранья.

Слабые современные землетрясения в основном распространены в западном Приморье, образуя линейные группы и гнездовые скопления. Следует обратить внимание на то, что на карте отмечаются значительные по площади ( $60 \times 80$  км) территории, где никогда не было землетрясений.

Сопоставление карт новейшей тектоники и инструментальных современных землетрясений позволяет отметить следующие особенности. 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.

Начиная с 2007 г. и по настоящее время в Приморье и близлежащих окрестностях произошло 58 землетрясений. Большая часть была зарегистрирована вблизи побережья края, в Японском море и у границы с Китаем (см. рисунок). Непосредственно на территории края не наблюдалось сильных землетрясений, сейсмическая активность была умеренной и не превышала в большинстве случаев величину 6 по магнитуде. Ниже приведена характеристика наиболее значимых землетрясений по годам.

**2007 г.** Зарегистрировано 10 проявлений сейсмической активности. Среди них следует отметить следующие землетрясения. Партизанское землетрясение произошло 9 марта в 3.22 ночи. Оно располагалось между селами Сергеевка и Беневское, вблизи р. Рудкова ( $43^{\circ}.26'$ :  $133^{\circ}.61'$ ). Характеризуется как глубокофокусное при глубине  $h_{г} = 440$  км и со средней магнитудой  $M_{г} = 6.3$ .

На территории Тернейского района у побережья были зарегистрированы землетрясения: 29 апреля – вблизи с. Малая Кема ( $45^{\circ}.36'$ ;  $137^{\circ}.34'$ ) с глубиной  $h \Gamma = 300$  км и  $M_{\Gamma} = 4.4$ , 21 мая – недалеко от с. Пластун ( $44^{\circ}.51'$ ;  $137^{\circ}.13'$ ),  $h \Gamma = 300$  км и  $M_{\Gamma} = 4.2$ .

На территории Лазовского района вблизи побережья произошли два глубокофокусных землетрясения: 27 октября ( $42^{\circ}.25'$ ;  $133^{\circ}.94'$ ) с глубиной гипоцентра 450 км,  $M_{\Gamma} = 4.3$ , 4 декабря ( $42^{\circ}.23'$ ;  $133^{\circ}.39'$ ) с  $h \Gamma = 420$  км,  $M_{\Gamma} = 4.4$ .

Из других землетрясений с умеренной опасностью отметим следующие: Хабаровское, произошедшее 22 апреля вблизи с. Новокуровка ( $48^{\circ}.80'$ ;  $134^{\circ}.23'$ ), коровое (10 км),  $M_{\Gamma} = 4.3$ ; Китайское – 5 апреля, вблизи границы Китая с Октябрьским районом Приморского края ( $44^{\circ}.02'$ ;  $130^{\circ}.91'$ ),  $h \Gamma = 570$  км,  $M_{\Gamma} = 4.7$ ; Морское – 10 ноября в Японском море ( $43^{\circ}.42'$ ;  $137^{\circ}.65'$ ),  $h \Gamma = 270$  км,  $M_{\Gamma} = 4.5$ .

Остальные землетрясения с магнитудой менее 4 наблюдались в Чугуевском районе Приморского края, вблизи сёл Ясное и Каменка.

**2008 г.** Зарегистрировано всего 4 землетрясения. Все они относятся к глубокофокусным, так как их глубина составила более 70 км. Партизанское произошло 9 апреля вблизи с. Молчановка между реками Левая Сергеевка и Передереев ( $43^{\circ}.52'$ ;  $133^{\circ}.46'$ ), при  $h \Gamma = 440$  км,  $M_{\Gamma} = 4.9$ .

Прибрежные глубокофокусные землетрясения наблюдались: вблизи Уссурийского залива ( $42^{\circ}.57'$ ;  $131^{\circ}.94'$ ),  $h \Gamma = 500$  км,  $M_{\Gamma} = 5.7$ ; у поселка Терней ( $45^{\circ}.12'$ ;  $137^{\circ}.51'$ ),  $h \Gamma = 320$  км,  $M_{\Gamma} = 5.6$ ; у южного побережья края на территории Хасанского района ( $42^{\circ}.00'$ ;  $131^{\circ}.43'$ ),  $h \Gamma = 570$  км,  $M_{\Gamma} = 5.3$ .

**2009 г.** 11 глубокофокусных землетрясений, 7 из которых наблюдались вблизи побережья, два в Японском море и два – на территории Китая и у границы с Приморским краем. Среди них: Прибрежное, зарегистрированное 6 марта у побережья Хасанского района ( $42^{\circ}.54'$ ;  $131^{\circ}.75'$ ),  $h \Gamma = 520$  км,  $M_{\Gamma} = 4.2$ ; 6 апреля – вблизи южного побережья в 5 км от островов Рейнеке и Рикорда ( $42^{\circ}.87'$ ;  $131^{\circ}.75'$ ),  $h \Gamma = 520$  км,  $M_{\Gamma} = 4.7$ ; 18 апреля – на территории Хасанского района, в 2 км от пос. Верхняя ( $42^{\circ}.80'$ ;  $130^{\circ}.65'$ ),  $h \Gamma = 560$  км,  $M_{\Gamma} = 5.3$ ; 26 мая – у восточного побережья Ольгинского района, в 15 км от с. Тимофеевка ( $43^{\circ}.82'$ ;  $135^{\circ}.67'$ ),  $h \Gamma = 350$  км,  $M_{\Gamma} = 4.7$ ; 16 июля – у южного побережья вблизи г. Находка ( $42^{\circ}.39'$ ;  $133^{\circ}.12'$ ),  $h \Gamma = 470$  км,  $M_{\Gamma} = 5.4$ ; 15 ноября – вблизи пос. Терней ( $44^{\circ}.43'$ ;  $137^{\circ}.03'$ ),  $h \Gamma = 300$  км,  $M_{\Gamma} = 5.0$ ; 13 марта – между селами Лазо и Валентин, около р. Чёрная ( $43^{\circ}.26'$ ;  $134^{\circ}.19'$ ),  $h \Gamma = 420$  км,  $M_{\Gamma} = 4.4$ .

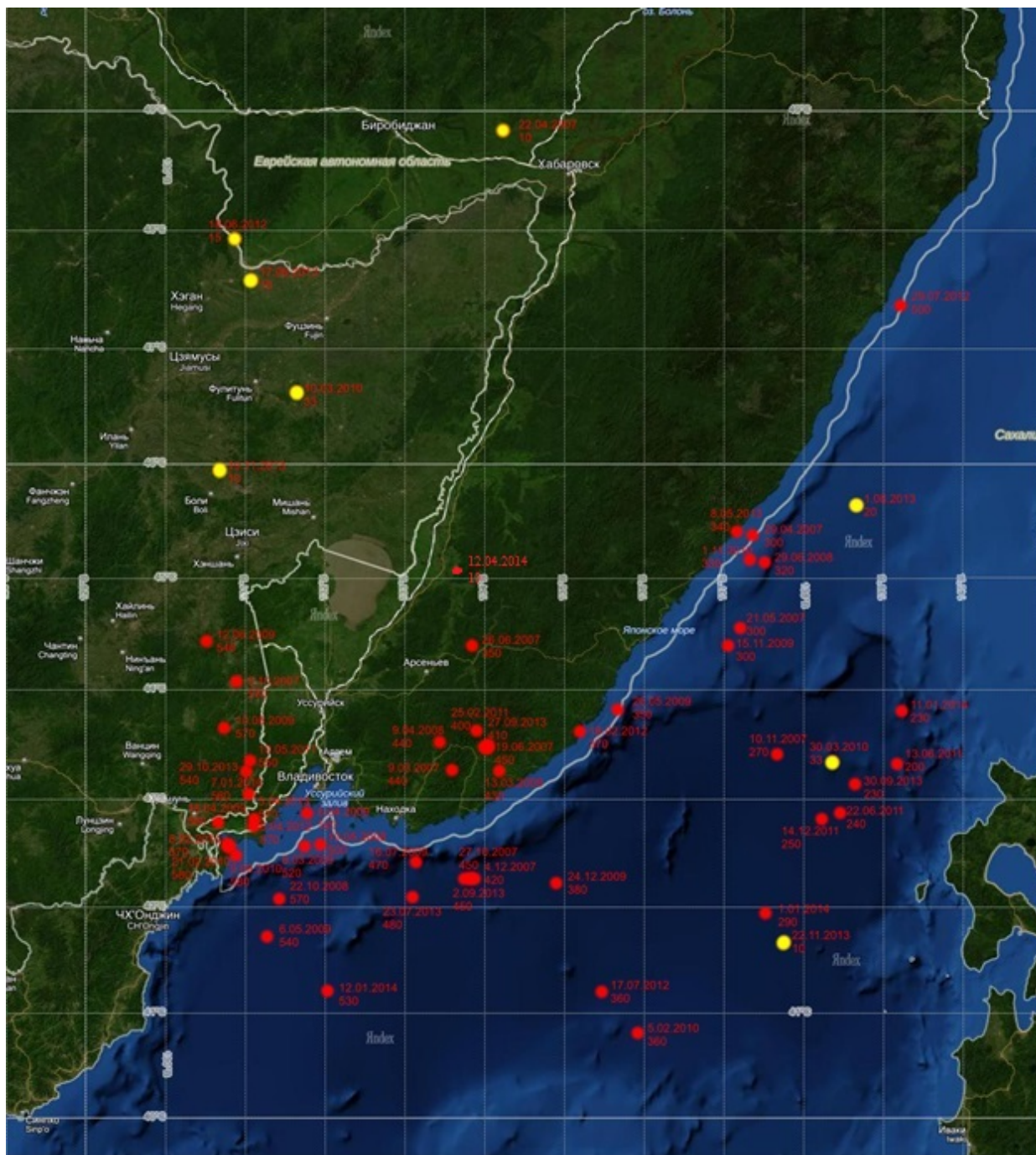
В Японском море землетрясения произошли 6 мая ( $41^{\circ}.71'$ ;  $131^{\circ}.26'$ ),  $h \Gamma = 540$  км,  $M_{\Gamma} = 4.3$  и 24 декабря ( $42^{\circ}.19'$ ;  $134^{\circ}.91'$ ),  $h \Gamma = 380$  км,  $M_{\Gamma} = 6.0$ .

Китайское землетрясение наблюдалось 12 июля вблизи г. Мулин ( $44^{\circ}.39'$ ;  $130^{\circ}.50'$ ),  $h \Gamma = 540$  км,  $M_{\Gamma} = 4.5$ , а 10 августа – у границы Китая с Уссурийским городским округом ( $43^{\circ}.62'$ ;  $130^{\circ}.74'$ ),  $h \Gamma = 570$  км,  $M_{\Gamma} = 5.3$ .

**2010 г.** 7 землетрясений, два из которых являются коровыми. Три из них – на территории Хасанского района, 8 и 21 февраля вблизи пос. Андреевка ( $42^{\circ}.61'$ ;  $130^{\circ}.75'$ ),  $h \Gamma = 570$  км,  $M_{\Gamma} = 6.7$ , ( $42^{\circ}.55'$ ;  $130^{\circ}.88'$ ),  $h \Gamma = 580$  км,  $M_{\Gamma} = 4.6$ ; 9 сентября – у оз. Птичьё ( $42^{\circ}.52'$ ;  $130^{\circ}.82'$ ),  $h \Gamma = 580$  км,  $M_{\Gamma} = 4.5$ . Два наблюдались в пределах Японского моря: 5 февраля ( $40^{\circ}.78'$ ;  $135^{\circ}.90'$ ),  $h \Gamma = 360$  км,  $M_{\Gamma} = 5.2$ , 30 марта ( $43^{\circ}.34'$ ;  $138^{\circ}.39'$ ),  $h \Gamma = 33$  км,  $M_{\Gamma} = 5.7$ . Одно (10 марта) – между городами Фуцзинь и Фулитунь на территории КНР ( $46^{\circ}.61'$ ;  $131^{\circ}.65'$ ),  $h \Gamma = 33$  км,  $M_{\Gamma} = 4.6$  и одно, 1 ноября, – у побережья, в 50 км от пос. Терней ( $45^{\circ}.13'$ ;  $137^{\circ}.35'$ ),  $h \Gamma = 330$  км,  $M_{\Gamma} = 4.2$ .

**2011 г.** Зарегистрировано 6 проявлений сейсмической активности с глубиной от 300 до 500 км и средней магнитудой, не превышающей 5.5. В их число входят три землетрясения в Японском море: 13 июня ( $43^{\circ}.31'$ ;  $139^{\circ}.15'$ ),  $h \Gamma = 200$  км,  $M_{\Gamma} = 4.4$ , 22 июня ( $42^{\circ}.81'$ ;  $138^{\circ}.48'$ ),  $h \Gamma = 240$  км,  $M_{\Gamma} = 4.5$ , 14 декабря ( $42^{\circ}.49'$ ;  $138^{\circ}.16'$ ),  $h \Gamma = 250$  км,  $M_{\Gamma} = 5.1$ . Следующие землетрясения произошли: Хасанское, 7 января, – вблизи рек Пойма и Нарва ( $43^{\circ}.00'$ ;  $131^{\circ}.10'$ ),  $h \Gamma = 560$  км,  $M_{\Gamma} = 5.1$ ; Китайское, 10 мая, – на границе с Хасанским районом ( $43^{\circ}.32'$ ;  $131^{\circ}.07'$ ),  $h \Gamma = 550$  км,  $M_{\Gamma} = 5.5$ ; Чугуевское, 25 февраля, – у пос. Ясное ( $43^{\circ}.63'$ ;  $133^{\circ}.93'$ ),  $h \Gamma = 400$  км,  $M_{\Gamma} = 3.9$ .

2012 г. Произошло 4 землетрясения, из которых лишь одно является коровым: 18 февраля – у побережья Ольгинского района ( $43^{\circ}.63'$ ;  $135^{\circ}.21'$ ),  $h \Gamma = 370$  км,  $M_{\Gamma} = 3.8$  и 29 июля – вблизи пос. Советская Гавань ( $47^{\circ}.35'$ ;  $139^{\circ}.24'$ ),  $h \Gamma = 500$  км,  $M_{\Gamma} = 5.8$ ; 18 июня – на границе Китая с Еврейской АО ( $47^{\circ}.99'$ ;  $130^{\circ}.91'$ ),  $h \Gamma = 15$  км,  $M_{\Gamma} = 4.6$ ; 17 июля – в пределах Японского моря ( $41^{\circ}.17'$ ;  $135^{\circ}.53'$ ),  $h \Gamma = 360$  км,  $M_{\Gamma} = 4.7$ .



Карта землетрясений Приморского края с 2007 г. по настоящее время. Красным выделены глубокофокусные, жёлтым – мелкофокусные (коровые).

Автор карты П.В. Горелов

2013 г. Зарегистрировано наибольшее количество (12) землетрясений, из которых 8 относятся к глубокофокусным с глубиной от 200 до 600 км. Глубокофокусные: 8 мая – у побережья, на территории Тернейского района, ( $45^{\circ}.37'$ ;  $137^{\circ}.12'$ ),  $h \Gamma = 340$  км,  $M_{\Gamma} = 4.0$ , и

1 августа (45°.61'; 138°.61'),  $h \Gamma = 20$  км,  $M_{\Gamma} = 4.0$ ; 23 июля – в 90 км от г. Находки (42°.07'; 133°.16'),  $h \Gamma = 480$  км,  $M_{\Gamma} = 4.1$  и 2 сентября – в 70 км от пос. Преображение (42°.34'; 133°.68'),  $h \Gamma = 450$  км,  $M_{\Gamma} = 5.5$ ; 5 апреля – на территории Хасанского района, вблизи р. Рязановка, (42°.81'; 131°.13'),  $h \Gamma = 570$  км,  $M_{\Gamma} = 6.3$  и 6 апреля – у оз. Утиное, в 4 км от с. Андреевка (42°.68'; 131°.12'),  $h \Gamma = 570$  км,  $M_{\Gamma} = 5.6$ .

Следующие землетрясения произошли на территории Китая: 17 июня – между городами Хэган и Фуцзинь (47°.55'; 131°.07'),  $h \Gamma = 15$  км,  $M_{\Gamma} = 3.7$ ; 29 октября у границы Китая с Хасанским районом (43°.25'; 131°.00'),  $h \Gamma = 540$  км,  $M_{\Gamma} = 5.3$ , вблизи г. Боли, 19 ноября – (45°.95'; 130°.72'),  $h \Gamma = 10$  км,  $M_{\Gamma} = 4.9$ ; 27 сентября – в Чугуевском районе вблизи р. Угольная (43°.57'; 134°.05'),  $h \Gamma = 410$  км,  $M_{\Gamma} = 4.8$ ; 30 сентября – в Японском море (43°.11'; 138°.66'),  $h = 230$  км,  $M_{\Gamma} = 4.9$ ; 22 ноября – в Амурском районе Хабаровского края (41°.63'; 137°.78'),  $h \Gamma = 10$  км,  $M_{\Gamma} = 5.1$ .

За 4 месяца 2014 г. уже зарегистрировано 4 землетрясения, три из которых глубокофокусные, произошли в Японском море: 1 января (41°.93'; 137°.52'),  $h \Gamma = 290$  км,  $M_{\Gamma} = 5.1$ , 11 января (43°.77'; 139°.20'),  $h \Gamma = 230$  км,  $M_{\Gamma} = 5.0$ , 12 января (41°.19'; 132°.03'),  $h \Gamma = 530$  км,  $M_{\Gamma} = 4.3$ , а одно (12 апреля) – в Кировском районе, близ с. Преображенка (45°.03'; 133°.61'),  $h \Gamma = 10$  км,  $M_{\Gamma} = 4.3$ .

На основании проведенного анализа последних землетрясений 2007–2014 гг. можно утверждать, что сейсмическая активность в Приморье увеличивается. Пока что большая часть землетрясений являются глубокофокусными с гипоцентрами ниже границы Моха.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аппаратура и методика сейсмических наблюдений в СССР / отв. ред. З.И. Аранович, Д.П. Кирнос, В.М. Фремд. М.: Наука. 1974. 242 с.
2. Олейников А.В., Олейников Н.А. Палеосейсмогеология и сейсмическая опасность Приморского края // Вестн. ДВО РАН. 2006. № 3. С. 76–84.
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. СНиП II-7-81\*. Строительство в сейсмических районах. М.: ГУП ЦПП, 2002. 44 с.
6. 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.

THIS ARTICLE IN ENGLISH SEE NEXT PAGE

Gorelov P.V., Shkabarnya N.G.

PETR V. GORELOV, Junior Researcher, Geophysical Service, Russian Academy of Sciences, Postgraduate Student, Far East Federal University, Vladivostok, Russia; NIKOLAI G. SHKABARNYA, Doctor of Engineering, Professor, Sub-Department of Geology, Geophysics and Geoecology, School of Engineering, Far East Federal University, Vladivostok, Russia.

## The present day seismic activity in Primorsky Krai

The article deals with the latest unpublished data on the earthquakes of Primorsky Krai (2007–2014) with their exact location and parameters. It presents the conclusions based on the study of the available materials, in particular the catalogues of seaside earthquakes.

*Key words:* earthquake, depth, magnitude, deep-focal, the shallow-focus.

### REFERENCES

1. Apparatus and method of seismic observations in the USSR. USSR Academy of Sciences Institute of Physics of the Earth. M., Nauka, 1974, 243 p. (in Russ.). [Apparatura i metodika seismicheskikh nabludeni v SSSR. AN SSSR Institut fiziki Zemli im. O.Iu. Shmidta. M.: Nauka, 1974. 243 s.]
2. Olejnikov A.V., Olejnikov N.A., Paleoseismogeologiya and seismic hazard of the Primorsky Territory, Herald of the FEB RAS. 2006;3:76-84. (in Russ.). [Oleinikov A.V., Oleinikov N.A. Paleoseismogeologiya i seismicheskaya opasnost' Primorskogo kraia // Vestnik DVO RAN. 2006. № 3. S. 76–84].
3. Recommendations microzoning in engineering surveys for construction. M., USSR State, 1985, 73 p. (in Russ.). [Rekomendatsii po seismicheskomu mikroraiirovaniu pri inzhenernykh izyskaniakh dlia stroitel'stva. M.: Gosstrois SSSR, 1985. 73 s.]
4. Seismic zoning of the USSR. M., Nauka, 1980, 308 p. (in Russ.). [Seismicheskoe raionirovanie territorii SSSR. M.: Nauka, 1980. 308 s.]
5. SNiP II-7-81\*. Construction in seismic regions. M., SUE CES, 2002, 44 p. (in Russ.). [SNiP II-7-81\*. Stroitel'stvo v seismicheskikh raionakh. M.: GUP TsPP, 2002. 44 s.]
6. Ulomov V.I., Shumilina L.S. Set of maps of general seismic zoning of the Russian Federation, the SRF -97, 1:8000000 scale. Explanatory memorandum and a list of cities and towns located in earthquake-prone regions. M., Institute of Physics of the Earth, 1999, 57 p. (in Russ.). [Ulomov V.I., Shumilina L.S. Komplekt kart obshchego seismicheskogo raionirovaniia territorii Rossiiskoi Federatsii – OSR-97. Masshtab 1:8000000. Ob"iasnitel'naia zapiska i spisok gorodov i naselennykh punktov, raspolozhennykh v seismoopasnykh regionakh. M.: Institut fiziki Zemli RAN, 1999. 57 s.]