

ANALYSIS OF SEISMIC ACTIVITY AND FAULTS PRIMORYE

 research-journal.org/en/archive/7-49-2016-july/analiz-sejsmicheskoy-aktivnosti-i-razryvnykh-narushenij-primorskogo-kрая

Горелов П.В.^{1,2}, Шкабарня Н.Г.^{1,3}, Нагорнова Н.А.¹

¹Дальневосточный федеральный университет, ²Геофизическая служба Российской Академии Наук (г. Владивосток), ³Доктор технических наук, заведующий лабораторией Института горного дела ДВО РАН, профессор

АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ И РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Аннотация

Рассмотрены тектонические нарушения и современная сейсмическая активность на территории Приморского края. Для изучения тектонических нарушений предлагается использовать современные геофизические технологии. Приведены сведения о проявлениях сейсмической активности за последние восемь лет. В заключении даны рекомендации по детальному изучению тектонических нарушений, с определением физических свойств горных пород и пространственного расположения границ разломов.

Ключевые слова: землетрясения, геофизические технологии, зоны возможных очагов землетрясений, разломы, мелкофокусные и глубокофокусные землетрясения.

Gorelov P.V.^{1,2}, Shkabarnya N.G.^{1,3}, Nagornova N.A.¹

¹Far Eastern Federal University, ²Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences (Vladivostok), ³PhD in Engineering, Head of Laboratory of the Institute of Mining of Far East Branch of Russian Academy of Sciences, Professor

ANALYSIS OF SEISMIC ACTIVITY AND FAULTS PRIMORYE

Abstract

Considered tectonic faults and modern seismic activity in the Primorye Territory. To study the tectonic disturbances are encouraged to use modern geophysical technology. The information about the manifestations of seismic activity in the past eight years. In conclusion, recommendations for a detailed study of tectonic disturbances, with the determination of the physical properties of rocks and spatial boundaries of the location of faults.

Keywords: earthquake, geophysical technology, areas of possible sources of earthquakes, faults, shallow-focus and deep-focus earthquakes.

Землетрясения являются одним из наиболее опасных природных процессов на Земле. По количеству жертв и разрушений они занимают одно из первых мест. Проанализировав сейсмические события, было выявлено, что на территории Приморского края свыше 40 лет не наблюдалось ощутимых землетрясений. Оценка сейсмической интенсивности в данном регионе на основании комплекса карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97 по шкале MSK не превышает 8 баллов. Однако в течение последних десяти лет наблюдалось повышение сейсмической активности, а так же расширение её географии.

В связи со строительством и эксплуатацией нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий океан», газопровода, нефтеперерабатывающего комплекса и других энергетических объектов на побережье, а также многих объектов на суше, требуется оценка возможных землетрясений и влияние их на эти объекты. Среди этих объектов наибольшую опасность, при землетрясениях, безусловно, вызывают предприятия нефтяной промышленности. Поэтому основным назначением данной работы является оценка современной сейсмотектонической активности в крае и особенно на территориях строительства объектов энергетики.

Приморский край находится в «активной переходной зоне» [3] от Евроазиатского континента к Тихому океану. В крае преобладают современные эндогенные и экзогенные процессы, отличающиеся своей разновидностью и различной степенью активности [1, 2, 6, 7]. Сведений о современных вертикальных и горизонтальных движениях земной коры и возникновении в результате этих движений тектонических нарушений на этой территории мало и они противоречивы.

Центральный Сихотэ-Алинский разлом четко делит территорию Приморья на западную и восточную часть. Западная часть и близлежащие районы Китая это южная оконечность грандиозного рифтового пояса, протягивающаяся от Магадана до Восточно-Корейской впадины. Это область растяжения земной коры в системе сдвигов Тан-Лу и Центрального разлома. Восточная часть представляет собой сводно-горстовые поднятия с гранитным ядром. По геодинамической обстановке – это возрожденный грабен с глыбовыми движениями, вызванными изостатическими процессами.

По количеству проявлений современных активизированных тектонических нарушений выделены три зоны: Ханкайская (Западная), Сихотэ-Алинская (Восточная), разделенные Центральной зоной.

Ханкайская зона шириной более 100 км протягивается от территории КНДР до Хабаровска, с востока граница зоны нечёткая и находится поблизости от активизированного Приморского разлома. Здесь преобладают структуры

опускания, представленные кайнозойскими впадинами. Четвертичные осадконакопления унаследованы с палеогена-неогена.

В Ханкайской зоне мощность земной коры в среднем составляет 35 км. В кору входят до 8-9 слоёв с разными значениями скоростей продольных волн в диапазоне 5-7 км/с. В гравитационном поле хорошо выделяются положительные аномалии силы тяжести. Также присущи сильные положительные магнитные аномалии, соответствующие обширным по площади выступам кристаллического фундамента.

Центральная зона шириной до 120 км на юге выклинивается севернее Хабаровского края. С востока она ограничена Центральным разломом. В пределах зоны развиты системы долин-грабенов, выполненных плейстоценовыми и голоценовыми осадками. Практически все структуры зоны контролируются активизированными продольными протяжёнными разломами. Зона сложена сильно дислоцированными юрско-нижнемеловыми аккреционными комплексами с тенденцией чешуйчатого надвига на запад.

Геодинамические процессы развивались в четвертичный период в основании редких разрозненных поднятий, в небольшом опускании фрагментов долин-грабенов и широком распространении протяжённой зоны активизированных разломов, в особенности в южной части. Тектонические нарушения вытягиваются, как правило, в северо-восточном направлении.

В гравитационном поле области увеличения мощности осадочного чехла отмечаются высокими отрицательными аномалиями. Магнитные поля характеризуются отрицательными и положительными локальными аномалиями.

Восточная (Сихотэ Алинская) зона шириной 60-100 км расположена восточнее Центрального разлома и протягивается от посёлка Преображения к северу на расстояние 800 км. В северной части зоны преобладают высокоамплитудные поднятия (до 2000 м), достигающие размеров в диапазоне от 50 до 80 км. К югу поднятия по размерам уменьшаются, но численность увеличивается. Поднятия образованы сильно ороговикованными породами, свидетельствующими о залегании в их основе интрузий гранитоидов, выходы которых отмечаются на склонах.

Зона сложена складчатыми нижнемеловыми комплексами с блоками палеозойских и раннемезозойских образований. Поперечные структуры имеют раздвиговую природу и ограничены сбросами. На всём протяжении зона сильно была омоложена в четвертичный период, разбита поперечными субширотными разломами с реликтовыми кайнозойскими впадинами между ними. Активизированные четвертичные разломы и палеосейсмодислокации получили широкое распространение, однако их простираие соответствует северо-восточному и субширотному направлениям.

В образовании крупных геологических структур регионального уровня основную роль играли горизонтальные движения [6,7] с незначительной долей сбросовой составляющей. Для структур низшего уровня большое значение имели сбросовые

движения.

Для выделения, перекрытым осадочным слоем, крутопадающих границ между блоками верхней части литосферы следует проводить инженерно-геологические изыскания и мониторинговые наблюдения с использованием современных геофизических методов в комплексе с единичными скважинами.

Эти методы включают электрическую томографию, малоглубинную сейсморазведку и георадиолокацию. Они способны гарантировать почти непрерывное определение физических параметров геологической среды (диэлектрическая проницаемость, удельное электрическое сопротивление, скорости упругих волн, поляризуемость) по трем координатам, а при мониторинговых наблюдениях по четырем - (x, y, z, t) . В местах бурения скважин устанавливается связь физических параметров с водно-физическими и физико-механическими, которые позволяют построить детальные геологические разрезы с выделением тектонических нарушений. Исследования с помощью геофизических методов предусматривают решения двух целевых задач. Первая обеспечивает выделение границ, по которым происходит смещение блоков. Плоскость или поверхность смещения определяется по изменению физических параметров по обе стороны от границы.

При решении второй задачи разрывные нарушения можно рассматривать как особые геологические структуры, мощности и специфические петрофизические свойства. Мощности варьируют от сантиметров до сотен метров, причём в зоне тектонического нарушения может быть несколько разломов. Петрофизические свойства в зонах дробления пород определяются составом, степенью переработки материала, режимом и минерализацией подземных вод. В этих зонах, как правило, горные породы характеризуются низкими удельными сопротивлениями, поляризуемостью, плотностью, скоростями упругих волн и магнитной восприимчивостью.

Особенностью сейсмичности Приморского края являются наличие землетрясений с разными глубинами расположения очагов и связанное с ними разломно-блоковое строение. Следовательно, тектонические движения здесь были, и будут происходить, когда отдельные блоки литосферы перемещаются относительно друг друга по разрывным нарушениям.

В данный момент накоплен большой объем материалов о сейсмической активности Приморского края и составлена карта исторических землетрясений масштаба 1:1000000 – 1:2000000 [6]. В результате анализа материалов определены наиболее опасные в сейсмическом отношении районы.

В течение последних полтора столетия на территории края и вблизи него произошло свыше 370 землетрясений и это лишь малая доля известных нам. Основная часть является глубокофокусными, но так же выявлено свыше 60 коровых землетрясений. Однако на территории края мелкофокусные землетрясения

единичны и разбросаны по всему региону, кроме целой серии землетрясений 1962–1967 гг. расположенной в оз. Ханке. Они составляют линейный ряд субширотного простирания.

Основная часть зарегистрированных землетрясений произошла в акватории Японского моря. За последнюю сотню лет на территории Приморского края и Японского моря отмечались сильные землетрясения с магнитудой 7–8, которые сопровождались цунами на всём побережье Приморского края, достоверно известно о шести случаях проявления цунами [5]. Основная часть известных землетрясений являются глубокофокусными и расположены в беспорядочном состоянии. Однако можно отметить ряд скоплений, часть из которых находятся в непосредственной близости от тектонических нарушений.

Слабоинтенсивные землетрясения, в основном, распространены в западном Приморье, образуя линейные группы и гнездовые скопления. Основываясь картой сейсмически опасных районов Приморья (рис. 1), которая составлена с использованием данных информации [6], следует, что землетрясения происходили на всей территории Приморского края и его побережья. Известно о скоплении землетрясений в Лазовском, Хасанском, Тернейском и в Пожарском районах, а также в, Артёмовском городском округе и в близи о. Ханка.

На карте-схеме (рис. 1) явно заметно проявление глубокофокусной сейсмической активности, и в большей мере это наблюдается в южной и западной части Приморья. В южной части края глубокофокусные и мелкофокусные землетрясения приурочены к оконечности шельфа. Просматривается уменьшение глубин очагов с запада на восток с 650 до 300 км. На этой территории отмечаются наиболее мощные землетрясения ($M > 6,5$). Следует также отметить, что в Приморье отмечаются значительные по площади (60×80 км) территории, где никогда не было землетрясений.

Сопоставление карт новейшей тектоники и инструментальных современных землетрясений позволяет отметить следующие особенности. Мелкофокусные землетрясения в западной части края сосредоточены преимущественно по бортам остаточных горстов среди впадин или на их перемычках. В результате можно вывести связь современных мелкофокусных землетрясений с рифтогенными процессами. Главной причиной проявления сейсмической активности может являться растяжение земной коры с возникновением сбросов и сдвигов, поэтому они сравнительно слабые и умеренной силы.

На сегодняшний день работают четыре современные цифровые сейсмические станции, которые в круглосуточном режиме регистрируют современные землетрясения: VLAR (Владивосток), MSH (мыс Шульц), TEY (Терней), GRTR (Горнотаёжное), а так же готовится к установке ещё одна - HSN (Хасан).

Известно, что с 2007 г. и по настоящее время в Приморском крае и прилегающей территории, произошло около 60 землетрясений. Основная часть была зафиксирована у побережья Приморья, в Японском море и в приграничной территории с Китаем. На территории края не было зафиксировано сильных землетрясений и в среднем не превышает магнитуду 6, однако большая часть являются глубокофокусными, которые не являются угрозой. Всё же следует отметить, что география землетрясений на территории края расширяется о чем свидетельствуют землетрясения в Кировском районе, произошедшее в 2014 году, Прибрежное (2008 г.) и землетрясение вблизи г. Находки (2013-2015 г.). Оценка влияния современных землетрясений также требует дополнительных исследований.

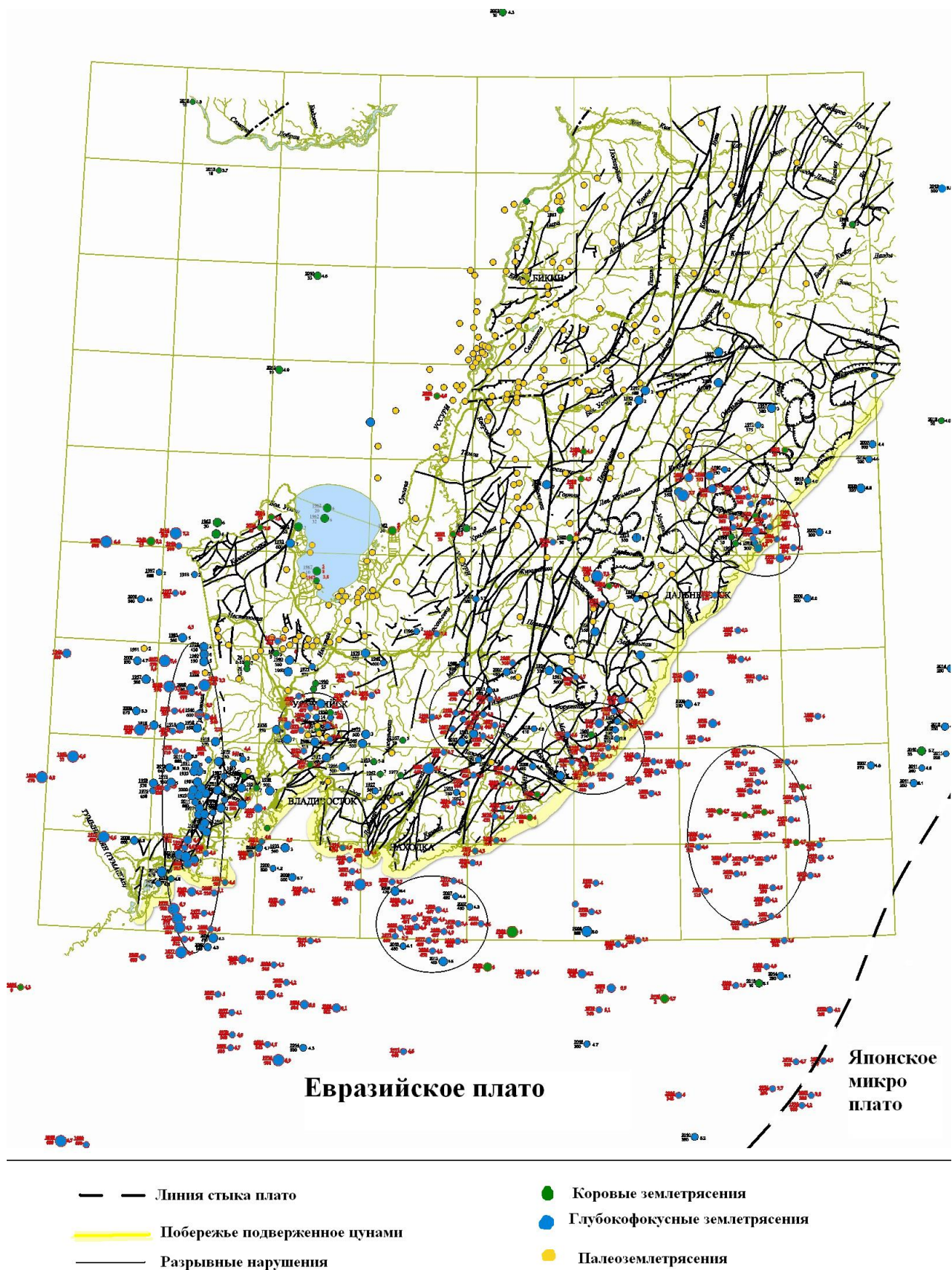


Рис.1 - Карта-схема сейсмически опасных районов Приморского края

В дальнейшем рекомендуем детальное изучение элементов залегания и изменений физико-механических свойств горных пород на участках тектонических нарушений, обязательное ведение мониторинговых наблюдений с использованием

современных геофизических технологий в комплексе с единичными инженерно-геологическими скважинами. Важно на участках с повышенной опасностью с тектоническими нарушениями проводить уточнение сейсмической активности с оценкой влияния землетрясений на площадях с населёнными пунктами. Для обеспечения детального сейсмического мониторинга следует увеличить количество сейсмических станций, поскольку расстояния между имеющимися довольно велико.

Литература

1. Аббасов П.А., Шкабарня Н.Г., Шкабарня Г.Н. Опасные геологические процессы на Приморском участке трассы нефтепровода «Восточная Сибирь-Тихий океан»/ Научные труды РААСН. В 2-х т. – М. Иваново: изд. РААСН, 2010. С. 28-37.
2. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: в кн / под ред. А.И.Ханчука. – Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн 1. С. 1 – 572; Кн 2. С. 573 – 981.
3. Геоморфология зон перехода от континентов к океанам. М.: Наука, 1992. 239 с.
4. Горелов П.В., Шкабарня Н.Г. Современная сейсмическая активность Приморского края // Вестник Инженерной школы ДВФУ. Научно-технический электронный журнал. ISSN 2227-6858. Эл № ФС77-54742
5. Горелов П.В., Шкабарня Н.Г., Иванов Р.О.Цунамигенная обстановка у берегов Приморского края. //Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 2-4 (33). С. 76-78.
6. Олейников А.В., Олейников Н.А. Палеосейсмогеология и сейсмическая опасность Приморского края Вестник ДВО РАН. 2006. № 3 С.76-84.
7. Органова Н.М. Сейсмическое проявление современных движений юга Дальнего Востока и сопредельных территорий // Современные движения земной коры. М.: Радио и связь. 1982. С. 103-108.

References

1. Abbasov PA, Shkabarnya NG Shkabarnya GN Dangerous geological processes on the part of the route Primorsky oil pipeline "Eastern Siberia-Pacific Ocean" / Publications RAASN. In 2 tons - M. Ivanovo. Ed. RAASN, 2010. P. 28-37.
2. Geodynamics, magmatism and metallogeny of the East of Russia: in the book / ed. A.I.Hanchuka. - Vladivostok: Dal'nauka 2006 Kn 1 S. 1 - 572; KH 2. S. 573 - 981.
3. Geomorphology zones of transition from the continents to the oceans. M .: Nauka, 1992. 239 p.
4. Gorelov PV Shkabarnya NG Modern seismic activity // Herald of the Primorsky Territory FEFU School of Engineering. Scientific and technical e-zine. ISSN 2227-6858. E number FS77-547423.
5. Gorelov PV Shkabarnya NG, Ivanov RO Tsunamigenic situation off the coast of Primorye. // International Research Journal. 2015. № 2-4 (33). S. 76-78.
6. Oleynikov AV, Melnikov NA Paleo seismology and seismic risk of the Primorsky Territory Bulletin FEB RAS. 2006. № 3 S.76-84.

7. Organova NM Seismic expression of contemporary movements of the south of the Far East and adjacent territories // Current crustal movement. M .: Radio and communication. 1982. pp 103-108.