

УДК 550.3

ББК 26.2

Горелов П.В. аспирант, младший научный сотрудник

Дальневосточный Федеральный университет

Геофизическая служба Российской академии наук

e-mail: pet_gor@mail.ru

Шкабарня Н.Г. доктор технических наук, профессор

Дальневосточный Федеральный университет

e-mail: shkabarnya_ng@mail.ru

Нагорнова Н.А. магистр,

Дальневосточный Федеральный университет

e-mail: nagorn71@mail.ru

СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ТЕРРИТОРИИ 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 геодинамики и изменению физических свойств горных пород на участках тектонических нарушений.

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

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

установлено, что на территории Приморского 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. Такая оценка подтверждается комплектом карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97, где Приморский край относится к зоне шести и семи баллов.

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, оценка возможных землетрясений и влияние их на эти объекты. Среди этих объектов наибольшую опасность, при землетрясениях, безусловно, вызывают предприятия нефтяной промышленности.

Приморский край находится в «активной переходной зоне» [3,12] от Евразийского континента к Тихому океану. Поэтому здесь широко распространены современные эндогенные и экзогенные процессы, характеризующиеся разнообразием и различной степенью активности [1, 2, 5, 6].

Сведений о современных вертикальных и горизонтальных движениях земной коры и возникновение в результате этих движений тектонических нарушений на территории Приморского края 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 из КНДР до Хабаровска, с востока граница зоны не чёткая и проходит вблизи активизированного Приморского разлома. Здесь преобладают структуры опускания, представленные кайнозойскими впадинами. Четвертичные осадконакопления унаследованы с палеогена-неогена.

Зона сложена сильно дислоцированным комплексом докембрийских, палеозойских и мезозойских образований, перекрытых в пределах Ханкайской впадины чехлом рыхлых кайнозой-четвертичных отложений мощностью до 1500 м (чаще 100-200 м). Осадки залегают в многочисленных, тектонически обособленных, рифогенных грабенах. С запада последние ограничены горстовыми поднятиями.

Мощность земной коры в Ханкайской зоне достигает 30-36 км. Кора включает до 8-9 слоёв с разными скоростями профильных волн в диапазоне 5-7 км/с.

В гравитационном поле характерны положительные аномалии силы тяжести, а также (в западной части и на локальных участках) повышенные аномалии в редукции Графа-Хантера, свидетельствующие об изостатической неустойчивости коры. Характерны также высокие положительные магнитные аномалии, соответствующие обширным по площади выступам кристаллического фундамента.

Центральная зона шириной до 120 км на юге выклинивается к северу в Хабаровском крае. 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 надвигания на запад.

В четвертичный период геодинамические процессы проявились в формировании редких разрозненных поднятий, слабом опускании фрагментов долин-грабенов и широком распространении протяжённых, особенно в южной части зона активизированных разломов. Тектонические нарушения вытягиваются, как правило, в северо-восточном направлении.

В гравитационном поле участки увеличения мощности осадочного слоя отмечаются высокими отрицательными аномалиями. Аномалии в редукции Графа-Хантера отсутствуют. Магнитные поля характеризуются отрицательными аномалиями с локальными положительными.

Восточная (Сихотэ Алинская) зона шириной 60-100 км расположена к востоку от Центрального разлома и протягивается в пределах Приморского края от посёлка Преображения к северу на расстояние 800 км. В северной части зоны преобладают высокоамплитудные поднятия (1200-2000 м), достигающие размеров 50 x 60 x 80 км. К югу поднятия по размерам уменьшаются, но по числу их становится больше. Поднятия образованы сильно ороговикованными породами, свидетельствующими о залегании в их основе интрузии гранитоидов, выходы которых отмечаются на склонах.

Зона сложена складчатыми нижнемеловыми комплексами с блоками палеозойских и раннемезозойских образований. Поперечные структуры имеют раздвиговую природу и ограничена сбросами. На всём протяжении зона значительно омоложена в четвертичное время, разбита поперечными субширотными разломами на разно поднятые блоки с реликтовыми кайнозойскими впадинами между ними.

Активизированные четвертичные разломы и палеосейсмодислокации получили широкое распространение, однако их простирание соответствует северо-восточному и субширотному направлениям.

В образовании крупных геологических структур регионального уровня основную роль играли горизонтальные движения [5,6,7] с незначительной долей сбросовой составляющей. Для структур низшего уровня большое значение имели сбросовые движения. В условиях муссонного климата свежие дислокации в течение одного – двух сезонов или уничтожаются или перерабатываются в эрозионные формы рельефа.

Для выделения погребенных крутопадающих границ между блоками верхней части литосферы следует проводить инженерно-геологические изыскания и мониторинговые наблюдения в комплексе с единичными скважинами с использованием современных геофизических технологий.

Эти технологии включают электрическую томографию, малоглубинную сейсморазведку и георадиолокацию. Они способны обеспечить практически непрерывное определение физических параметров геологической среды (удельного электрического сопротивления, диэлектрической проницаемости, скорости упругих волн, поляризуемости) по трем координатам, а при мониторинговых наблюдениях по четырем (x , y , z , t). В местах бурения скважин определяются связи физических параметров с водно-физическими и физико-механическими, которые позволят проводить детальное построение геологических разрезов с выделением тектонических нарушений.

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

В настоящее время накоплен большой объем материалов о сейсмической активности Приморского края и составлена карта исторических землетрясений масштаба 1:1000000 – 1:2000000 [5]. 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 сопровождались цунами на всём побережье Приморского края.

На территории Приморского края работают три современные цифровые сейсмические станции: VLA (Владивосток), MSH (мыс Шульц) и ТЕУ (Терней).

За последние полтора века на территории края и близлежащих районах произошло более 370 землетрясений и это лишь те, о которых известно. Большая часть из них относится к глубокофокусным, но так же отмечено около 62 коровых землетрясений. Непосредственно на территории края коровые землетрясения единичны и разбросаны, кроме землетрясений 1962–1967 гг. севернее оз. Ханка. Последние образуют линейный ряд субширотного простирания.

Около половины всех землетрясений края зафиксированы на акватории Японского моря. Большинство этих землетрясений являются глубокофокусными и распределены в хаотичном порядке по всей акватории, но есть ряд землетрясений, которые образуют скопление.

Слабые современные землетрясения, в основном, распространены в западном Приморье, образуя линейные группы и гнездовые скопления. На основании анализа карты сейсмически опасных районов Приморья (рис. 1), можно прийти к выводу, что землетрясения происходили на всей территории Приморского края и его побережья. Известно о большом количестве проявления сейсмической активности в Лазовском, Хасанском, Тернейском и в Пожарском районах, а также в, Артёмовском городском округе и вблизи о. Ханка. На карте-схеме (рис. 1) 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 здесь же. Рассматривая карту, следует

отметить, что здесь отмечаются значительные по площади (60×80 км) территории, где никогда не было землетрясений.

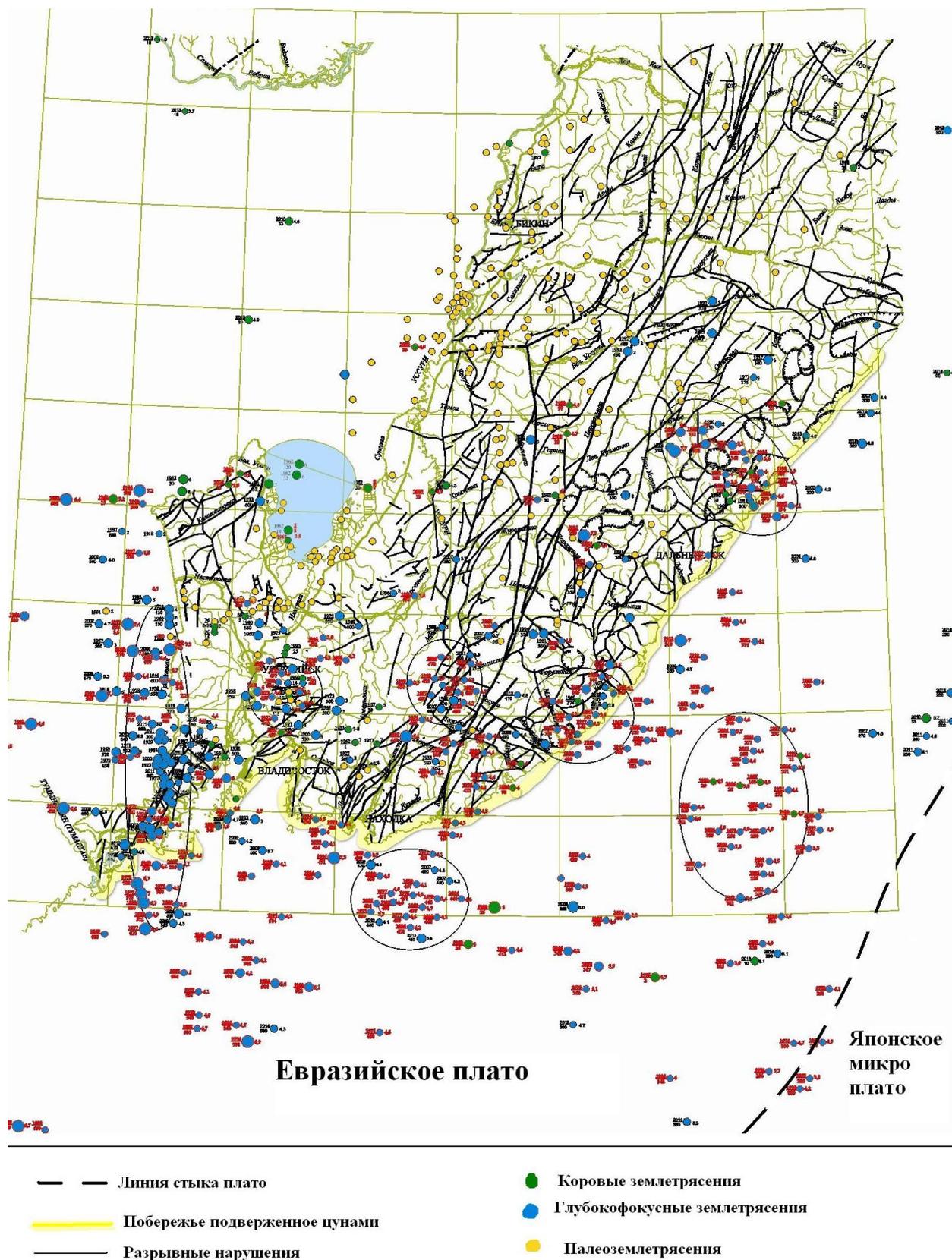


Рис.1 Сейсмически опасные районы Приморского края

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 около 60 землетрясений. Большая часть была зарегистрирована вблизи побережья края, в Японском море и у границы с Китаем. Непосредственно на территории края не было сильных землетрясений, сейсмическая активность была умеренной и не превышала, в большинстве случаев, величину 6 по магнитуде [4].

Следует особо отметить, что география землетрясений на территории края расширяется о чем свидетельствует землетрясение 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.

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 с использованием единичных инженерно-геологических скважин. На особо опасных участках с разломами следует проводить уточнение сейсмической активности, с оценкой влияния землетрясения на какой-либо населённый пункт. Для обеспечения детального сейсмического мониторинга следует увеличить количество сейсмических станций, так как расстояние 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 № ФС77-547423.
5. Олейников А.В., Олейников Н.А. Палеосейсмогеология и сейсмическая опасность Приморского края Вестник ДВО РАН. 2006. № 3 С.76-84.
6. 11. 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.
7. 13. Тихоокеанская окраина Азии. Геология. М.: Наука, 1989. 269 с.