

Сейсмический мониторинг вдоль трассы газонефтепровода в Приморском крае

¹ П.В. Горелов, ² Н.Г. Шкабарня, ³ А.Н. Гульков, ⁴ С.Ф. Соломенник, ⁵ Н.А. Нагорнова.

¹ младший научный сотрудник Геофизической службы Российской академии наук, аспирант Дальневосточного федерального университета г. Владивосток Приморский край, pet_gor@mail.ru;

² доктор технических наук, профессор Дальневосточного федерального университета г. Владивосток Приморский край.

³ доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой нефтегазового дела и нефтехимии Инженерной школы Дальневосточного федерального университета.

⁴ кандидат технических наук профессор, доцент кафедры нефтегазового дела и нефтехимии Инженерной школы Дальневосточного федерального университета.

⁵ магистр, старший преподаватель кафедры Геологии, геофизики и геоэкологии Инженерной школы Дальневосточного федерального университета.

Аннотация

Целью данной работы является изучение современной сейсмической активности на территории Приморского края вблизи нефтепровода «Восточная Сибирь - Тихий океан» и газопровода «Сахалин-Хабаровск-Владивосток». Проведение анализа сильных землетрясений региона, а так же оценка влияния сейсмической опасности на изучаемые объекты.

Ключевые слова: сейсмическая активность, магнитуда, глубина, интенсивность, баллы, мелкофокусные и глубокофокусные землетрясения, зоны возможных очагов землетрясений (ВОЗ).

1 Введение

Среди всех стихийных бедствий землетрясения относятся к одним из наиболее опасных геологических явлений на Земле. Проявление сейсмической активности входит в тройку Земных катаклизмов по числу человеческих жертв и причиняемому ущербу. Зона сейсмической опасности в Приморском крае, на основании карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97 [1], определена как средняя и по шкале MSK не превышает 7 баллов.

В настоящее время накоплен обширный объём материалов о сейсмоактивности Приморья, однако большинство современных исследований относятся к переосмыслению ранее известных [2]. Стоит заметить что, за последние полтора века на территории края и вблизи него произошло около четырёх сотен землетрясений и это лишь те, о которых мы знаем. Основная часть из них относится к глубокофокусным, но так же отмечено свыше 60 мелкофокусных сейсмических толчков, которые являются, единичны и разбросаны по территории [3].

На данный момент на территории Приморского края пустили в эксплуатацию нефтепровод «Восточная Сибирь - Тихий океан» и газопровод «Сахалин-Хабаровск-Владивосток». Следует учесть влияние сейсмического воздействия на эти объекты. Так как в мире есть яркие примеры экологических катастроф в результате землетрясений. В России таким примером является трагедия 1995 года в Нефтегорске на севере о. Сахалин. Где помимо человеческих жертв были повреждены почти 300 км магистрального нефтепровода, свыше 100 км промысловых нефтепроводов и более сотни порывов. Оценочные потери нефти составляли свыше 9 млн. тонн, то есть десятки тысяч тонн вылилось в окружающую среду. Это не поправимый ущерб для Природной среды.

2 Мелкофокусная сейсмическая активность вблизи газонефтепровода Приморья

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

Проявление малоглубинной сейсмической активности связано с современным вертикальным и горизонтальным движением земной коры и возникшие в итоге этих движений тектонические разрывы. К сожалению, данных не так много в Приморье они не многочисленны и противоречивы.

Проведя анализ сеймотектонической активности Приморского края, вблизи газонефтепровода можно выделить основные опасные районы (рис. 1) [4].

Одним из наиболее сейсмически опасных является *Партизанский район* так как его пересекают два крупных тектонических нарушения:

- Западно-Партизанский разлом имеет субмеридиональное направление и трасса нефтепровода на протяжении почти пятидесяти километров расположена вблизи него. Пересечение же происходит вблизи села Васильевка на юге. Данный разрыв изучен крайне недостаточно и неравномерно. Он фиксируется в виде отдельных зон милонитизации и разгнейсования по смене фаций и степени дислоцированности пермских отложений. Хорошо выражен в рельефе, сопровождается многочисленными сейсмодетекциями.

- Партизанский разлом проходит большей частью по долине р. Партизанка. В видимых местах наблюдаются участки интенсивной милонитизации и расщепления. Смещение блоков Партизанской зоны составляет не менее 20 км. Данное тектоническое нарушение сопровождается многочисленными оперяющими сдвигами и надвигами.

Наибольшая активность проявлялась в период поздней перми и мела.



Рис.1 Схема сеймотектонической активности вблизи трасс газонефтепровода.

Вблизи этих разрывов произошло четыре сейсмических случая, которые причинили существенный ущерб:

- Землетрясение 1867 года, эпицентр располагался поблизости от села Сергеевка. Глубина очага составляла 10 км с магнитудой около 4 и силой доходящей до 7 баллов. Эти данные не могли быть зафиксированы, и более вероятно описаны в результате интенсивности на поверхности, а остальные характеристики получены уже в результате математических расчётов позднее.

- Землетрясение 1933 года, эпицентр располагался в пределах станции Красноармейская. Произошло на глубине 4 км с магнитудой 4.5, на поверхности ощущалась в пределах 7-8 баллов. Пострадали жилища (разрушились печные трубы, отвалилась штукатурка), в шахтах чувствовались толчки под

ногами, был повреждён водопровод, на крутых берегах рек произошли обвалы.

- Землетрясение 1962 года – Партизанское, очаг находился на юго-западной окраине г. Партизанска. Гипоцентр на глубине 1 км, магнитуда 2.7, интенсивность на поверхности составила 7 баллов. Из-за малой глубины разрушения оказались обширнее. В Старом Сучане разрушились трубы и печи, повело некоторые ветхие строения. В шахтах был частично повреждён трубопровод. Облетела штукатурка. Землетрясение ощущалось во многих посёлках Партизанского района.

- Землетрясение 1971 года – Партизанское, эпицентр зарегистрирован вблизи села Николаевка. На глубине 4 км, с магнитудой 4.1 и силой на поверхности земли равной 7 баллам. Вблизи эпицентра образовались трещины до 10 метров длиной и первых сантиметров шириной. Чувствовался сильный гул похожий на взрыв.

Артемовский район является стыком трёх крупных разломов: Шкотовский, Муравьевский и Арсеньевский. Шкотовский тектонический разрыв, выделяется по данным магнитной и гравитационной съёмок. Он проходит под водами Уссурийского залива. Вдоль западного побережья полуострова проходит Муравьевский разлом сопровождающийся серией мелких трещин, которые пересекают геологические структуры полуострова и островов. Магнитное поле отражает мощную зону дробления. Мощность зоны достигает 100 м, с ориентацией до 200°, угол падения по плоскости скольжения – до 80°. Разрыв вероятнее всего, является продолжением Арсеньевского разлома. Арсеньевский же действует границей крупных геоблоков с существенно различным геологическим строением. Представляет собой крутой взброс, до 70°, с элементами правого сдвига, наклоненным на юго-восток. Зона сложена милонитами и катаклазитами мощностью до 1 км, висячем борту наблюдается обширное расщепление пород. На основании геофизических исследований проведённых в 1976 году, земная кора на востоке опущена на 2,5 км, а мощность «базальтового» слоя уменьшается на 5 км. Время образования тектонического нарушения относится к позднему

палеозою. Во времена кайнозоя вдоль разлома формировались угленосные толщи.

На стыке этих крупных разрывов произошло в 1950 году землетрясение, известное как - Артёмовское, очаг находился между Артёмом и Уссурийском. Глубина гипоцентра 40 км, магнитуда 4, на поверхности доходило до 5 баллов. Многие чувствовали на большом расстоянии от эпицентра: в г. Владивостоке, пос. Шкотово, с. Тереховка и многих других, в общей сложности насчитывается около 19 населённых пунктов.

Обширнейшим районом является Хасанско-Приканкайский, так как область его влияния простирается с Хасанского до Кировского района вдоль Уссурийского разлома, который чётко выражен в рельефе рекой Уссури под углом 30^0 в северо-восточном простирании. Южнее он проходит вдоль долин рек Илистая и Раздольная и отчётливо выражен на береговой линии Амурского залива. Ему характерны сбросо-сдвиговые деформации. В пределах Ханкайской впадины выявлены деформации угленосных и четвертичных отложений, что говорит о его современной активности. Подтверждению этому служат:

- Землетрясение 1955 года – Приморское, эпицентр располагался вблизи станции Приморская и Кедровая Падь. Очаг был на глубине 6 км, с магнитудой 4.4, силой на поверхности в пределах 7 баллов. Толчки ощущали на всём побережье Амурского залива. В посёлке Приморском были повреждены все постройки. На склонах гор и сопок произошли оползни и обвалы. Образовались небольшие трещины в грунте. Наблюдался небольшой подъём воды в Амурском заливе, изменился рельеф дна залива.

- 1962 год – Лесозаводское. Очаг землетрясения на глубине 30 км, с магнитудой равной 5. На поверхности проявление интенсивности было около 6.5 баллов и было ощутимо на большом расстоянии от эпицентра.

- Землетрясение 12.04.2014 года – Кировское, в непосредственной близости от Кировского села на глубине 10 км с магнитудой равной 4 (рис.2). По данным местных жителей ощущалось на расстоянии свыше 50 км от эпицентра.

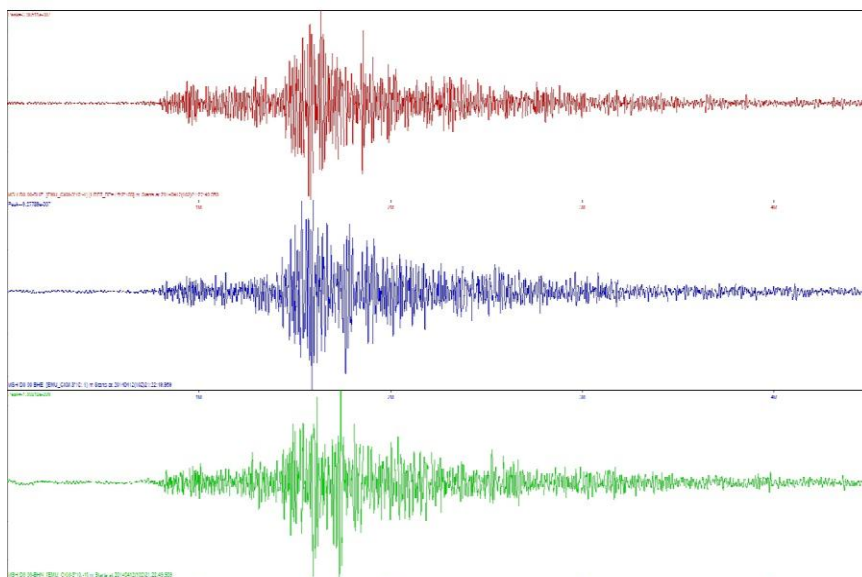


Рис. 2. Сейсмограмма Кировского землетрясения.

Так же к области возможного влияния разлома можно отнести сейсмический толчок 1967 года, более известное как Ханкайское, гипоцентр у южного побережья озера Ханка. На глубине 10 км, с магнитудой 5 и силой на поверхности в пределах 7-8 баллов. Вблизи эпицентра возникли провалы и трещины, был слышен подземный гул. Ощущалось на большей территории Приморского края. По имеющимся данным общая площадь колебания составляла 200 тысяч квадратных километров, что почти в полтора раза больше территории края.

Это отнюдь не все сеймотектонические районы, существует как минимум ещё две возможные зоны влияния на газонефтепровод:

- Покровский является одним из них. Площадь в большей мере сложена силурийскими гранитами градековского комплекса с многочисленными ксенолитами сланцами и мраморами уссурийской серии. С запада ограничена Западно-Приморским разломом, а с востока граничит со структурами Вознесенского участка. Время формирования ранняя и поздняя пермь. Достоверно известно что, здесь произошло землетрясение в 1976 года именуемое

как– Покровское, эпицентр располагался около села Покровка. На глубине 10 км, с магнитудой 3.1 и интенсивностью на поверхности в 7 баллов. Ощущение было в виде подземного гула и резкого толчка. Повреждено много построек, разрушались печи и трубы, облупилась штукатурка, появились трещины в стенах.

- Восточный , он самый протяжённый и захватывает весь восточный берег Приморского края из-за Берегового разлома, который протягивается свыше 700 км на северо-восток под углом $28-30^0$ вдоль западной кромки вулканического пояса. На поверхности он представлен сдвиговой зоной шириной от 5 до 15 км. По геофизическим данным участок наклонен на юго-восток под углом 60^0 , где мощность земной кора достигает 35км. Максимальная суммарная амплитуда сдвига не менее 75 км. Ранее в области геодинамического влияния разрыва, наблюдались новейшие сейсмодислокации бассейна Бурматовского ключа на севере Приморья. Однако теперь можно утверждать, что это тектоническое нарушение является активным не только на севере края, так как 24.03.2016 года произошло землетрясение, поблизости от г. Дальнегорска. Глубина составляла 10 км с магнитудой равной 3.8. Сила сейсмического явления на поверхности оценивается в 5 баллов. По опросам местных жителей наблюдались лёгкие покачивания предметов. Ощущаемые колебания были схожи с колебаниями, возникшие в результате падения тяжёлых предметов. Так же на одной из шахт произошёл обвал трёх ярусов.

Из выше описанного можно прийти к заключению, что сеймотектоническая активность представляет собой реальную опасность для газопровода и нефтепровода. В связи с этим были проведены математические расчёты оценки сейсмического влияния на газораспределительных станциях (ГРС) и вблизи основных узлов нефтепровода ВСТО.

3 Оценка сейсмической опасности на газонефтепроводе Приморья

Для оценки сейсмоопасности использовалось уравнение макросейсмического поля Шебалина [5] показывающее связь с

расчётной балльностью, гипоцентром, магнитудой, расстоянием до очага и известными землетрясениями (рис.3). Для этого были использованы сеймотектонические данные Приморского края. Расчёт велся для основных узлов нефтепровода и станций ГРС.

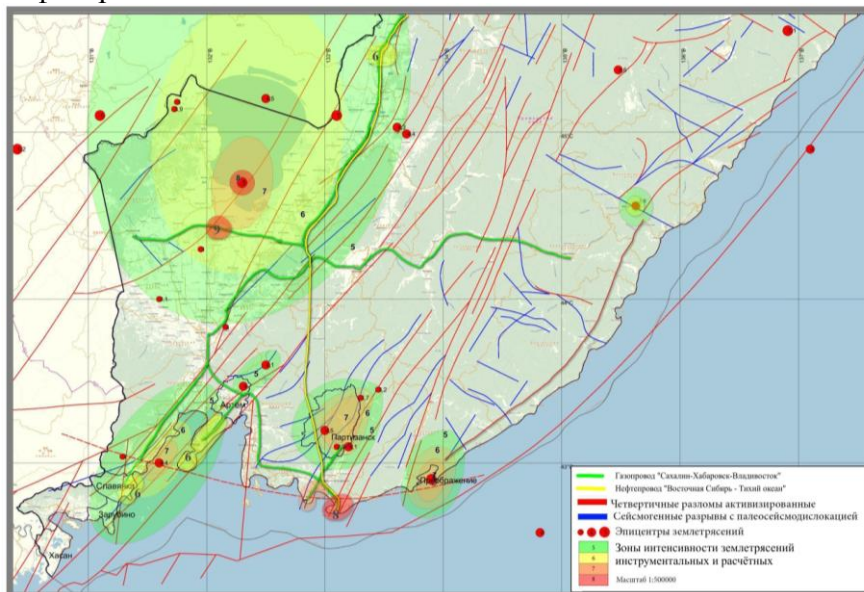


Рис. 3. Схема оценки сеймотектонического влияния.

Сейсмическое влияние на газонефтепровод, оценивалась с расчётов от 6 баллов, что соответствует нормативным документам при строительстве в сейсмически опасных районах [6,7]. В зону шестибалльной активности попадают такие основные узлы и ГРС как: Владивосток, Уссурийск, Спасск Дальний, Лесозаводск и Славянка (рис. 2). Такое землетрясение наносит незначительные повреждения в виде тонких трещин и осыпаний штукатурки в зданиях типа А и Б, так же частичное разрушение дымоходов [8,9].

К зоне семибалльной активности относятся участки газонефтепровода вблизи городов Находки и Партизанска. При этом сходят оползни на крутых склонах дороги, образуются трещины в асфальте. Возникают новые или пропадают старые водоёмы. В зданиях различного типа (А, Б,

В) возникают трещины, сколы, местами обрушение стен и дымовых труб [10].

Большинство зданий и сооружений строятся с учётом проявления сейсмического воздействия не выше 7 баллов. Тем самым вероятной опасности подвергаются нефтепровод «Восточная Сибирь - Тихий океан» и газопровод «Сахалин-Хабаровск-Владивосток», а так же заводы нефтеналивной и газохимический. Так как в окрестностях Врангеля возможны землетрясения свыше 8 баллов. При которых происходят оползни на откосах дорог, видимые трещины в грунтах, возникновение водоёмов. Почти полное разрушение зданий типа А. В зданиях типа Б появляются большие трещины, падение дымовых труб, местами обрушение частей зданий. В зданиях типа – В, откалываются большие куски штукатурки, повреждение дымоходов, появление больших трещин.

Однако наиболее опасному влиянию, в сейсмическом смысле, подвергается газораспределяющая станция в посёлке Хороль. Так как возможны сейсмические толчки с интенсивностью на поверхности в девять баллов. При землетрясениях такой силы возможны наводнения на равнинах, большие трещины в грунтах и на склонах берега свыше 10 см. Осыпи, обвалы, оползни и возникновение водоёмов. Частичное и полное разрушение зданий типа А и Б. Здания типа В появляются сквозные трещины и обвал стен. В целом здания сильно повреждены.

4 Выводы

Таким образом, проведённые исследования показали возможность проявления современных разрывных дислокаций и новых землетрясений на территориях вблизи трасс нефтепровода ВСТО и газопровода «Сахалин-Хабаровск-Владивосток». Стоит заметить, что география сейсмических событий на территории края расширяется, о чём свидетельствуют землетрясения Кировское в 2014 году, и в Дальнегорское в 2016 г.

Поэтому необходимо провести дополнительно инженерно-геологические изыскания на участках

тектонических нарушений с определением геометрических и физических параметров в зоне разломов. В дальнейшем рекомендуем проведение мониторинговых наблюдений на этих участках с использованием современных геофизических технологий. Так же следует принять во внимание тот факт что, участки будущего газопровода в Хороле и газонефтепровода во Врангеле подвержены сильному сейсмическому воздействию. В результате, которого будет причинён непоправимый вред экологической среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Горелов П.В., Шкабарня Н.Г. Современная сейсмическая активность Приморского края// Вестник ИШ ДВФУ, г. Владивосток, 2014. 99-104 с.
3. Олейников А.В., Олейников Н.А. Палеосейсмогеология и сейсмическая опасность Приморского края // Вестник ДВО РАН. 2006. № 3. С. 76–84.
4. Горелов П.В., Шкабарня Н.Г. Сейсмически опасные районы Приморского края.//Шестнадцатая уральская молодёжная научная школа по геофизике. Сборник научных материалов. Пермь 2015. С. 91-95
5. РБ 006-98 Определение исходных сейсмических колебаний грунта для проектных основ. Москва 2000 г. 58 с.
6. Рекомендации по сейсмическому микрорайонированию при инженерных изысканиях для строительства. М.: Госстрой СССР, 1985. 73 с.
7. СНиП II-7-81*. Строительство в сейсмических районах. М.: ГУП ЦПП, 2002. 44 с.
8. Горелов П.В., Шкабарня Н.Г. Сейсмологические исследования Хасанского района.// Международный научный институт «Educatio» Ежемесячный научный журнал №4 (11) 2015. С. 89-92.

9. Горелов П.В., Шкабарня Н.Г. Макросейсмические исследования Приморского края (г. Спасск-Дальний).// Евразийский союз учёных (ЕСУ). Ежемесячный научный журнал №5 (14) 2015 часть 8, с. 12.

10. Горелов П.В., Шкабарня Н.Г., Соляник И.В. Расчётные исследования сейсмической активности на территории Партизанского района.//Научно-практический журнал «АСПИРАНТ» ООО «Приоритет» №7/2015., г. Ростов-на-Дону. С. 150-152.