

**ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ И НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГЕОФИЗИКА,
МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО И ГЕОМЕТРИЯ НЕДР / MINING AND OIL AND GAS GEOLOGY, GEOPHYSICS,
MINE SURVEYING AND SUBSOIL GEOMETRY**

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.130.49>

**ОЦЕНКА СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НА ПРИМОРСКОМ УЧАСТКЕ ТРАССЫ
НЕФТЕПРОВОДА**

Научная статья

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

¹ORCID : 0009-0000-2214-170X;

¹Единая геофизическая служба РАН, Владивосток, Российская Федерация

²Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Российская Федерация

³Тихоокеанский океанологический институт им. В.И.Ильичева ДВО РАН, Владивосток, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (pet_gor[at]mail.ru)

Аннотация

Изучены тектонические нарушения и сейсмическая активность на территории Приморского края вдоль трассы нефтепровода Восточная Сибирь – Тихий океан. Отмечены участки молодых разрывных дислокаций в виде системы или одиночных рвов. Приведены сведения об основных тектонических нарушениях и землетрясениях в Ханкайской и Партизанской подзонах, причины их возникновения, произошедшие за последние 100 лет. Поэтому основным назначением данной работы является оценка современной сейсмической и тектонической активности в крае, в частности на участках трассы нефтепровода ВСТО. В заключении даны рекомендации по детальному изучению геодинамики и изменению физических свойств горных пород на участках тектонических нарушений.

Ключевые слова: неотектонические движения, землетрясения, геофизические технологии, электрическая томография, разломы, подзоны.

AN EVALUATION OF SEISMOTECTONIC ACTIVITY ALONG THE PRIMORYE OIL PIPELINE ROUTE

Research article

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

¹ORCID : 0009-0000-2214-170X;

¹Geophysical Survey of Russia Academy of Sciences, Vladivostok, Russian Federation

²Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russian Federation

³V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russian Federation

* Corresponding author (pet_gor[at]mail.ru)

Abstract

Tectonic faults and seismic activity in Primorsky Krai along the route of the East Siberia – Pacific Ocean oil pipeline have been studied. Areas of young disjuncture dislocations in the form of a system or single trenches are marked. Information is given on the main tectonic faults and earthquakes in the Hankai and Partizansky subzones and the reasons for their occurrence over the last 100 years. Therefore, the main objective of this work is to evaluate present-day seismic and tectonic activity in the region, in particular at sections of the ESPO pipeline route. It concludes with recommendations for a detailed study of geodynamics and changes in the physical properties of rocks in areas of tectonic disturbances.

Keywords: neotectonic movements, earthquakes, geophysical techniques, electrical tomography, faults, sub-zones.

Введение

В настоящий момент в России, на западном направлении, появился ряд проблем с экспортом углеводородов. Поэтому безопасная эксплуатация трассы нефтепровода Восточная Сибирь – Тихий океан (ВСТО) стала актуальна в последнее время. Приморский край, на территории которого проложена конечная часть трассы ВСТО, имеет сложные метеорологические, геоморфологические, геологические и инженерно-геологические условия. Это связано с тем, что он находится в «активной переходной зоне» [3], [6], [11] от Евразийского континента к Тихому океану. Поэтому здесь широко распространены опасные эндогенные и экзогенные процессы [2], [3], [12], [13], характеризующиеся разнообразием и различной степенью активности.

Многие из них, включая современные движения литосферных блоков земной коры, тектонические нарушения, землетрясения, тайфуны со свойственными им сильными ветрами и обильными осадками, оползни, склоновая и русловая эрозия грунтов, наводнения могут стать причиной катастрофических событий при эксплуатации нефтепровода. Существенную угрозу в этом ряду представляют тектонические нарушения и землетрясения. Беря во внимание напряжённую сейсмическую обстановку в мире, следует уделить должное внимание для проведения различного рода исследований в области сейсмологии, тектоники и строительства, чтобы не произошло подобных трагедий как в Турции в феврале 2023 г.

Цель данного исследования – оценить риск сейсмотектонической обстановки вблизи сложного инженерно-технического сооружения как нефтепровод ВСТО, повреждение которого принесет много ущерба как природного, так и экономического.

Поэтому основной задачей данной статьи является анализ современной сейсмической активности в пределах разломных структур на территории вдоль трассы нефтепровода и оценка полноты информации для определения негативного влияния этих процессов на нефтепровод. Для решения проблемы проведён сбор материалов по сейсмичности, их систематизация, анализ тектонических нарушений и зарегистрированных землетрясений на территории вблизи трассы нефтепровода.

Методы и принципы исследования

Известно [7], [8], что особенностью сейсмичности являются наличие землетрясений с разными глубинами расположения очагов и связанное с ними разломно-блоковое строение. В соответствии со схемой сеймотектонического районирования (рис. 1) трасса нефтепровода ВСТО расположена в рифтовой зоне наиболее вероятного возникновения землетрясений (ВОЗ). Здесь происходили и происходят тектонические движения, когда отдельные блоки литосферы перемещаются друг относительно друга по разрывным нарушениям.

В образовании крупных геологических структур регионального уровня основную роль играли горизонтальные движения [8], [9] 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. Поэтому можно предположить, что сеймотектонические структуры имеют большее распространение вдоль трассы, чем предполагалось ранее.

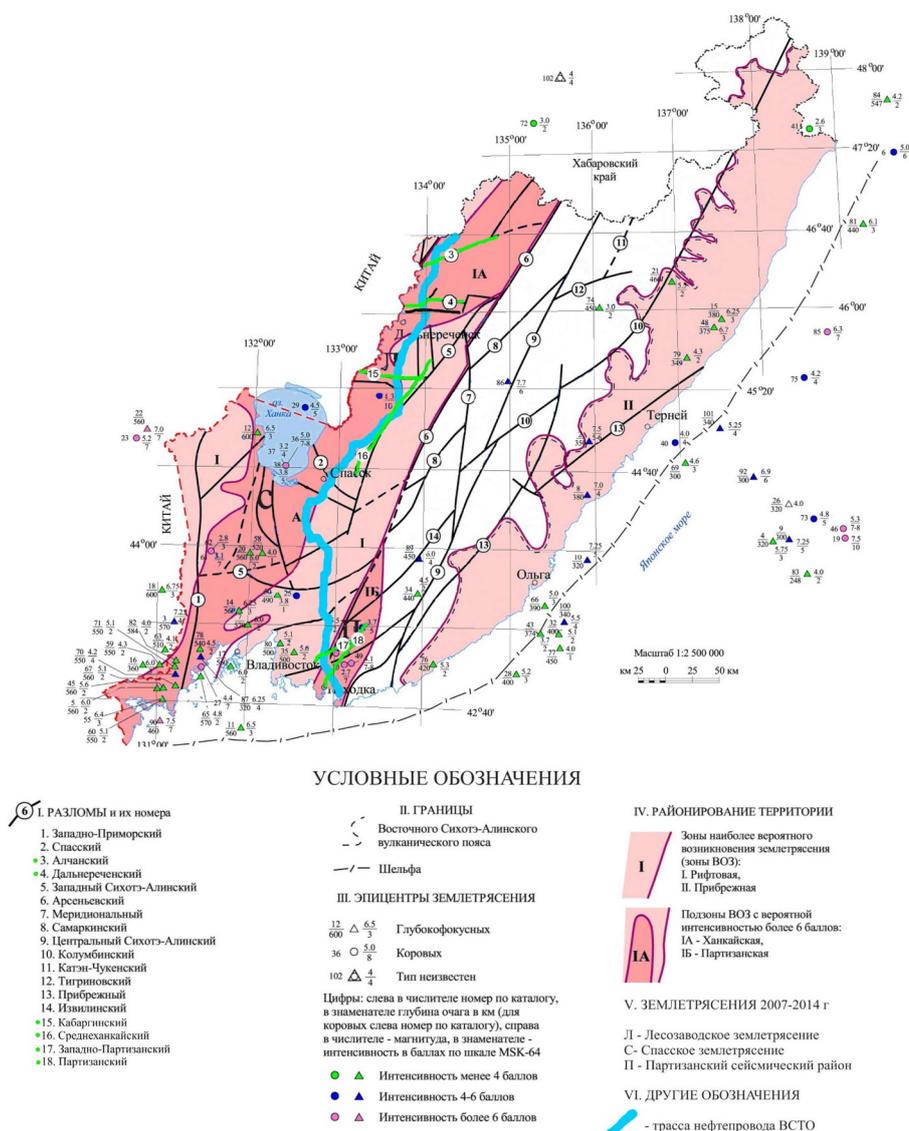


Рисунок 1 - Схема сеймотектонического районирования Приморского края с линией трассы нефтепровода ВСТО
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.130.49.1>

Примечание: с использованием материалов А.В. Олейникова; по ист. [7]

Как видно из рис.1, основная часть трассы ВСТО располагается в Ханкайской подзоне (1 А) вероятного возникновения землетрясений. Она включает Приханкайскую равнину и западные предгорные районы Сихотэ-Алиня. Рельеф Приханкайской равнины равнинный, пологоволнистый с незначительными массивами мелкосопочника, реде

низкогорный. Для региона характерны неотектонические движения преимущественно отрицательного знака, которые в соответствии с ландшафтно-климатическими особенностями определяют направленность развития опасных геологических процессов. Основными из этих процессов являются выветривание, заболачивание, склоновая и плоскостная эрозии.

В тектоническом отношении территория представляет собой жесткую глыбовую структуру (Ханкайский срединный массив), сложенную денудированным складчатым фундаментом протерозой-палеозойского возраста и сравнительно маломощным чехлом кайнозойских отложений. Породы фундамента выходят на поверхность в краевых частях и представлены, в основном, интенсивно метаморфизованными и выветрелыми с поверхности образованиями терригенно-карбонатной и гранитоидной формациями. Отложения чехла слагают ряд наложенных кайнозойских впадин с нечеткими границами. Верхний структурный ярус впадин образован четвертичными озерно-болотными и аллювиальными отложениями равнинных рек.

Трасса пересекает крупные тектонические нарушения дочетвертичного возраста (Алчанский, Дальнереченский, Кабаргинский, Среднеханкайский, Западно-Партизанский и Партизанский) и множество мелких разломов (рис. 2). Все они перекрыты кайнозойскими и четвертичными отложениями, и параметры их изучены недостаточно. Разломы, как правило, включают две границы и область дробления (трещиноватости) пород между ними. Мощности зоны дробления изменяются от сантиметров до сотен метров и зависят от многих факторов, главными из которых являются амплитуда смещения блоков, положение плоскости разрыва, вещественный состав и физические свойства пород. Описание разломов в Ханкайской подзоне проведем с севера на юг.

Трасса пересекает Алчанский разлом в предгорьях хребта Стрельникова, западнее села Игнатьевка. Разлом перекрыт кайнозойскими отложениями и в этом районе практически не изучен. По отрывочным данным сочленения блоков происходит не по одной четкой линии, а представляет зону субпараллельных надвигов шириной до 15 км. При этом варьирование их происходит с северо-запада на юго-восток. Зона характеризуется интенсивным дроблением и истиранием пород, которые нередко превращены [2] в каолинит-гидрослюдистые метасоматиты.

Дальнереченский разлом трасса пересекает восточнее г. Дальнереченска, в районе села Звенигородка. Разлом состоит из серии разрывов северо-восточного простирания, вдоль р. Большая Уссурка. Мощность зоны разломов изменяется от нескольких десятков до сотен метров. Разрывы не обнажены и поэтому слабо изучены.

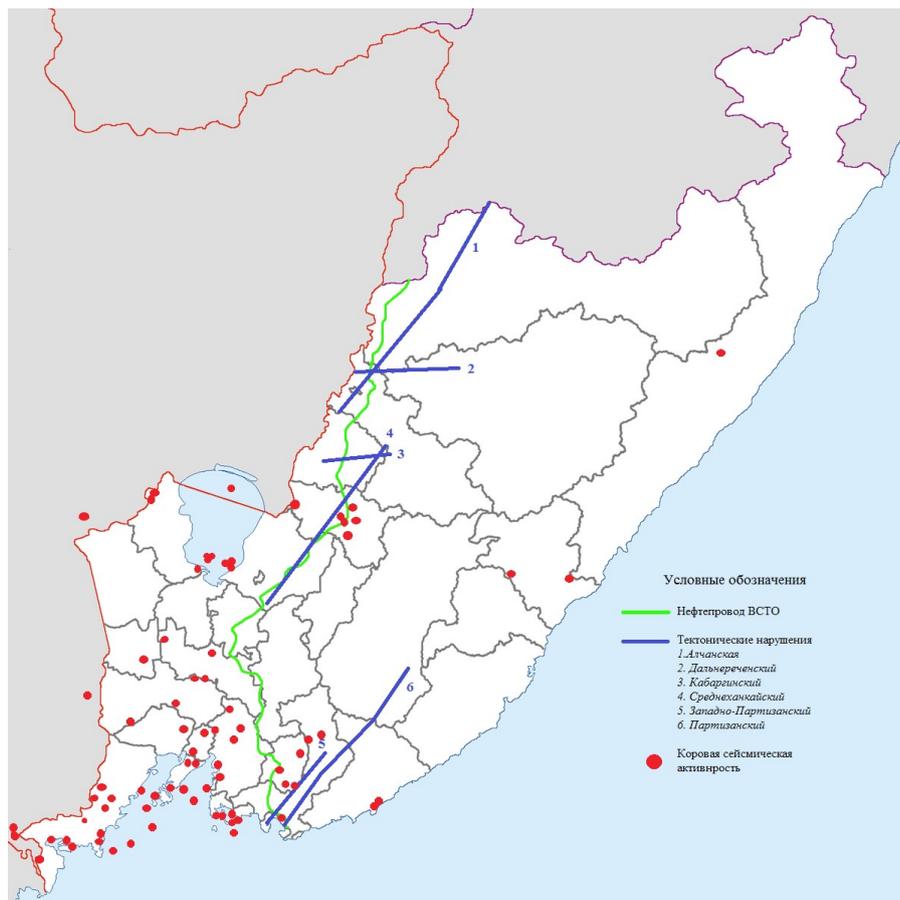


Рисунок 2 - Схема тектонических нарушений вблизи трассы ВСТО
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.130.49.2>

Кабаргинский разлом трасса пересекает юго-восточнее г. Лесозаводска, в районе села Орловка. Разлом перекрыт четвертичными отложениями и представляет собой взброс, местами переходящий в надвиг. Зона разлома наклонена на юг под углами 40°-60° и представлена висячем боку интенсивно дробленными милонитизированными гнейсами мощностью 10-15 м, в лежачем-расланцеванием терригенных отложений.

Среднеханкайский разлом пересекается восточнее посёлка Кировский, причём в этом районе трасса на протяжении 30 км проложена параллельно разлому. В гравитационном поле разлом трассируется цепочкой локальных минимумов, отождествляемых с гранитными интрузиями. На поверхности он выглядит как плутоническая зона шириной 10-20 км, в которой сконцентрированы многие интрузии различного возраста. Зона разлома разбита разнонаправленными разрывами на множество блоков, испытавших значительные вертикальные смещения. О тектонической раздробленности, а, следовательно, и проницаемости разлома свидетельствуют огромное количество даек разного состава. Дайки мощностью 1-20 м чередуются с такими же интервалами вмещающих пород.

На сравнительно небольшой площади Партизанской подзоны ВОЗ (рис. 1) располагаются хребты и плоскогорья южного Сихотэ-Алиня. К этому типу рельефа относятся мало затронутые эрозией базальтовые плато и столовые горы. Например, для Шкотовского плато, по которому проходит трасса нефтепровода, характерен радиальный тип эрозионного расчленения с густой сетью речных долин, верховья которых находятся на плоских поверхностях водоразделов. В краевых частях плато глубина вреза настолько велика, что долины рек в нижнем течении иногда прорезают не только базальты, но и подбазальтовое основание.

В этой подзоне современные тектонические движения отличаются наибольшей активностью. Амплитуда поднятий за четвертичное время здесь и сопредельных территориях составила порядка 100 метров. Отдельные участки побережья Японского моря в районе города Находка опускаются со скоростью 0.5 – 2 мм/год, но некоторые участки поднимаются [9].

Трасса нефтепровода пересекает здесь два крупных разлома: Западно-Партизанский и Партизанский (рис. 2). Разрывные нарушения сопровождаются многочисленными сдвигами и надвигами. В местах, доступных к наблюдению, зона дробления пород достигает 800 м.

Западно-Партизанский разлом имеет субмеридиональное направление и трасса на протяжении почти пятидесяти километров расположена вблизи него. Она пересекает разлом в районе села Васильевка. Разлом 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 сейсмодеформациями, возможно сейсмоактивен.

Партизанский разлом проходит большей частью по долине р. Партизанская. Трасса пересекает его в районе г. Находка. Разлом представлен серией [5], [6] тесно сближенных сдвигов и наиболее крупные сдвиги выражены мощностью до десятков метров, в пределах которых породы разных формаций превращены в листовые сланцы. Магматические породы чаще всего превращены в тонко-полосчатые милониты, осадочные – в тонколистовые углеродистые динамосланцы. Ширина зоны влияния разлома 4-6 км. Она высокосейсмична, о чём свидетельствуют исторические землетрясения и многочисленные сейсмодеформации.

Сведений о современных вертикальных и горизонтальных движениях земной коры и возникновении в результате этих движений тектонических нарушений на территории края мало, и они противоречивы. Молодые (четвертичные) нарушения наблюдались немногими исследователями.

Так, А.К. Седых [11] описал многочисленные разрывы вплоть до голоцена на Шкотовском бурогольном месторождении. Другие исследователи [9], [12] выявили многочисленные сбросы с амплитудой смещения до 40 м в базальтах Шкотовского плато. Ими же установлен тектонических уступ высотой 3 метра в рыхлых отложениях р. Литовка.

В последнее время при проведении геологических съёмок на территории края установлены участки молодых разрывных дислокаций в виде системы или одиночных рвов шириной в несколько первых или десятков метров. Иногда рвы и выступы наблюдались на небольшой площади (до 10 км²), часто с зияющими трещинами глубиной до 15 м и шириной до 5 м, а также в виде крупных сброса-обвалов, имеющих форму полу обвальных чаш-котловин.

2.1 Особенности происхождения землетрясений

Наиболее надёжная информация о движениях геологических блоков получена с помощью современных средств GPS-наблюдений. Данные замеров за 1996-2003 гг. и сведения о современной тектонической активности территории обобщены А.В. Олейниковым в работе [7]. Здесь приведены также данные по дешифрированию аэрофотоснимков и выявлению современных активизированных тектонических нарушений и палеодислокаций, сопровождавшихся землетрясениями.

На основе систематизации и анализа материалов разных авторов [1], [12], [13], была составлена схема районирования Приморского края по факторам проявления четвертичной тектоники (рис. 3). На схеме выделены современные активизированные четвертичные разломы и палеодислокации, а также новейшие высокоамплитудные поднятия и области накопления мощных четвертичных отложений.

Как видно, трасса кроме выше описанных пересекает множество четвертичных разломов. И понятно, что такие разрывные нарушения могут оказывать существенное влияние на безопасную эксплуатацию нефтепровода. Однако специальные исследования по выделению и прослеживанию разломов и определению геометрических и физических свойств горных пород в зонах разломов не проводились.

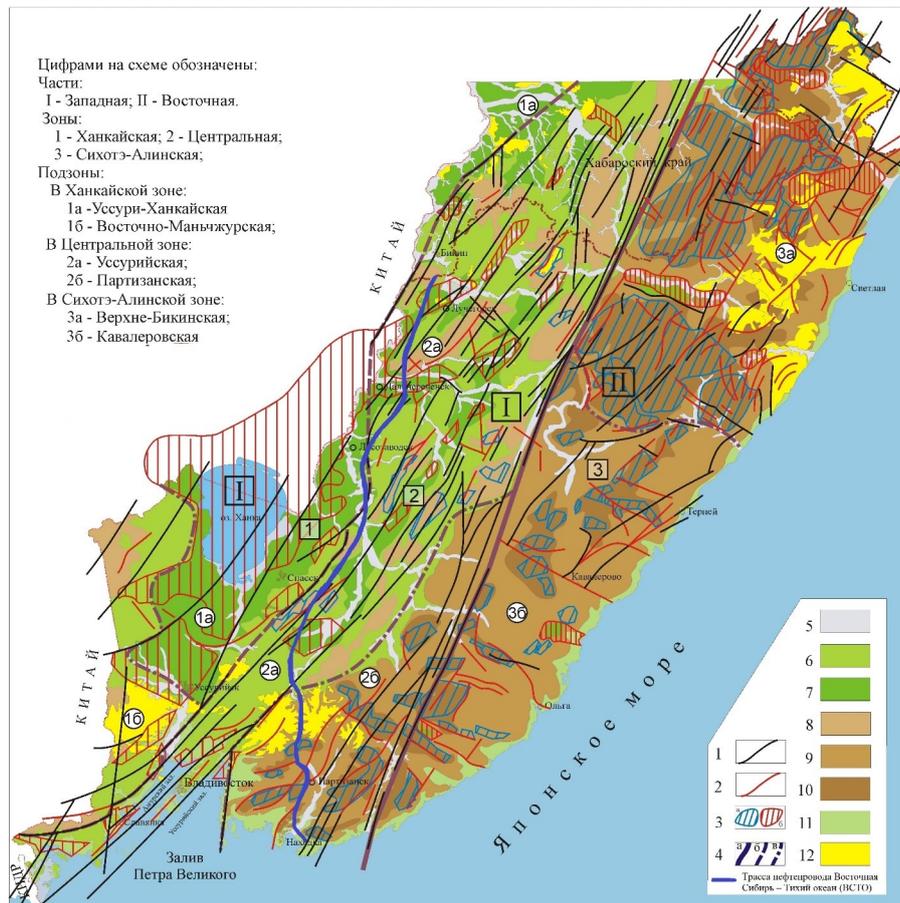


Рисунок 3 - Схема районирования территории Приморья по факторам проявления четвертичной тектоники: 1 – современные четвертичные активизированные разломы; 2 – четвертичные палеосейсмодислокации; 3 – Новейшие высокоамплитудные поднятия (а) кайнозойские и (б) современные впадины; 4 – Границы, частей (а), зон (б), подзон (в); 5 – Области накопления четвертичных аллювиальных и озёрных отложений; 6 – Области накопления мощных (до 100 м) четвертичных отложений в районах современных понижений; 7 – Области накопления мощных (до 28 м) склоновых отложений в пределах современного низкогорья; 8 – Области накопления склоновых отложений среднегорного рельефа в Западном Приморье; 9 – Области накопления четвертичных склоновых отложений среднегорного рельефа в Сихотэ-Алине; 10 – Склоновые отложения массивного среднегорного рельефа в Сихотэ-Алине; 11 – Области накопления четвертичных морских, аллювиально-морских и склоновых отложений в прибрежной полосе восточного и южного Приморья; 12 – Области распространения четвертичной площадной коры выветривания мощностью до 20 м на базальтовых плато
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.130.49.3>

Примечание: с использованием материалов А.В. Олейникова, Г.А. Белянского

Проблема изучения разломов на трассе нефтепровода чрезвычайно важна, поскольку с ними связаны землетрясения с эпицентрами в районах стыка разнонаправленных тектонических разломов. Так и современные проявления сейсмической активности (табл.1).

Таблица 1 - Коровые землетрясения в окрестностях нефтепровода ВСТО

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.130.49.4>

Дата и время	Координаты	М	h	Местоположение
24 июня 1867 г. в 5,12	43.4 N 133.3 E	3,7	10	Партизанский район,
19 сентября 1939 г. в 4,29	43.2 N 133.0 E	4,5	4	Партизанский район,
10 декабря 1950 г. в 12,41	43.6 N 132.5 E	4,1	14	Шкотовский район, севернее оз.Артёмовское

15 августа 1962 г. в 10,06	45.2 N 132.5 E	4,5	30	Северная часть оз. Ханка
1 сентября 1962 г. в 13,55	45.1 N 131.1 E	5	30	КНР вблизи с границей с РФ
1 сентября 1962 г. в 14,20	43.1 N 133.1 E	2,7	1	Партизанский район
15 августа 1967 г. в 15,36	44.7 N 132.3 E	5	10	Южная часть оз. Ханка
15 августа 1967 г. в 17,41	44.7 N 132.3 E	3,2	10	Южная часть оз. Ханка
15 августа 1967 г. в 12,28	44.7 N 132.3 E	3,8	10	Южная часть оз. Ханка
18 декабря 1971 г. в 10,48	43.1 N 133.2 E	4,1	4	Партизанский район
7 сентября 1988 г. в 5,10	44.3 N 131.95 E	3	5	Хорольский район
22 июня 1990 г. в 6,49	43.85 N 132.25 E	-	25	Уссурийский городской округ, вблизи с. Боголюбовка
31 августа 1990 г. в 3,40	43.83 N 132.16 E	-	20	Уссурийский городской округ, вблизи с. Раковка
16 ноября 1990 г. в 4,49	43.47 N 132.31E	-	16	Артёмовский городской округ, с. Заводское
12 апреля 2014 г.	45.03 N 133.61,E	4,3	10	Кировский район, вблизи с. Преображенка
21 января 2017 г. в 13,22	44.66 N 132.48 E	4,4	7	Южная часть оз. Ханка
21 января 2017 г. в 13,41	44.64 N 132.19 E	3,5	6	Южная часть оз. Ханка
24 февраля 2020 г.	44.16 N 131.82 E	2,3	10	Михайловский район, вблизи с. Дальнее
25 мая 2020 г.	43.32 N 132.17 E	3,1	6	Артёмовский городской округ
14 августа 2020 г.	42.91 N 132.79 E	2,2	22	Партизанский район, с. Венеция
17 января 2023 г.	43.05 N 132.30 E	3	10	Граница Артёмовского и Уссурийского городского округа.
5 февраля 2023 г. в 11,34	44.67 N 132.44 E	4	13	Южная часть оз. Ханка
5 февраля 2023 г. в 11,42	44.66 N 132.46 E	4	6	Южная часть оз. Ханка

Как видно, рассмотренные выше землетрясения характеризуются как коровые с интенсивностью на поверхности до 7-8 баллов, по ощущениям населения, повреждениям и расчётным значениям с использованием характеристик грунтов [15] (рис. 2). Непосредственная близость влечёт угрозу повреждения нефтепровода ВСТО, а также повышает риск негативного влияния на жизнедеятельность населения.

2.2 Изучение тектонических нарушений геофизическими методами

В дальнейшем, для безопасной эксплуатации нефтепровода, рекомендуем детальное изучение элементов залегания и изменений физических свойств горных пород на участках тектонических нарушений, обязательное ведение мониторинговых наблюдений с использованием современных геофизических технологий в комплексе с единичными

инженерно-геологическими скважинами. Одной из таких технологий [10], [14] является электрическая томография, которая с успехом применялась вблизи конечного участка трассы, в районе поселка Козьмино.

Электрическая томография способна обеспечить практически непрерывное определение электрических свойств горных пород в зонах дробления и трещиноватости по трём координатам, а при мониторинговых наблюдениях по четырём (x, y, z, t). В местах бурения скважин определяются связи электрических параметров с литологическими, которые позволяют проводить детальное изучение геоэлектрических разрезов с выделением тектонических нарушений.

Исследования выполнены на 23 прямолинейных профилях длиной 156 м с равномерным расположением 40 электродов через 4 м на каждом профиле. Работа выполнена с помощью цифрового комплекса SARIS производства Scintex Ltd (Канада), который имеет восемь вариантов опроса установок, набор фильтров подавления помех, контроля условий заземлений и различные способы проверки точности проводимых наблюдений. В процессе работ использовались системы наблюдений с опросом электродов по установкам Веннера (AMNB, AM=MN=NB), осевой (ABMN, NN = 4 м) и Шлюмберже (AMNB, MN=4 м). Такая методика обеспечивала высокую плотность наблюдений и позволила получить в результате интерпретации полевых материалов, в условиях неоднородных сред с крутопадающими границами, достоверные геоэлектрические разрезы.

На первом, наиболее ответственном этапе интерпретации, формировались фоновые геоэлектрические модели на основе анализа априорной геолого-геофизической информации, установления степени горизонтальной неоднородности среды, выделения и идентификации однотипных блоков и определения, приближенных геометрических и электрических параметров разреза. В процессе формирования моделей проводилось моделирование электрических полей на поверхности двумерных вертикально-слоистых сред [14]. В результате анализа данных моделирования определены закономерные поля на разрезах кажущихся сопротивлений и критерии обнаружения и прослеживания крутопадающих слоёв и границ (рис.4).

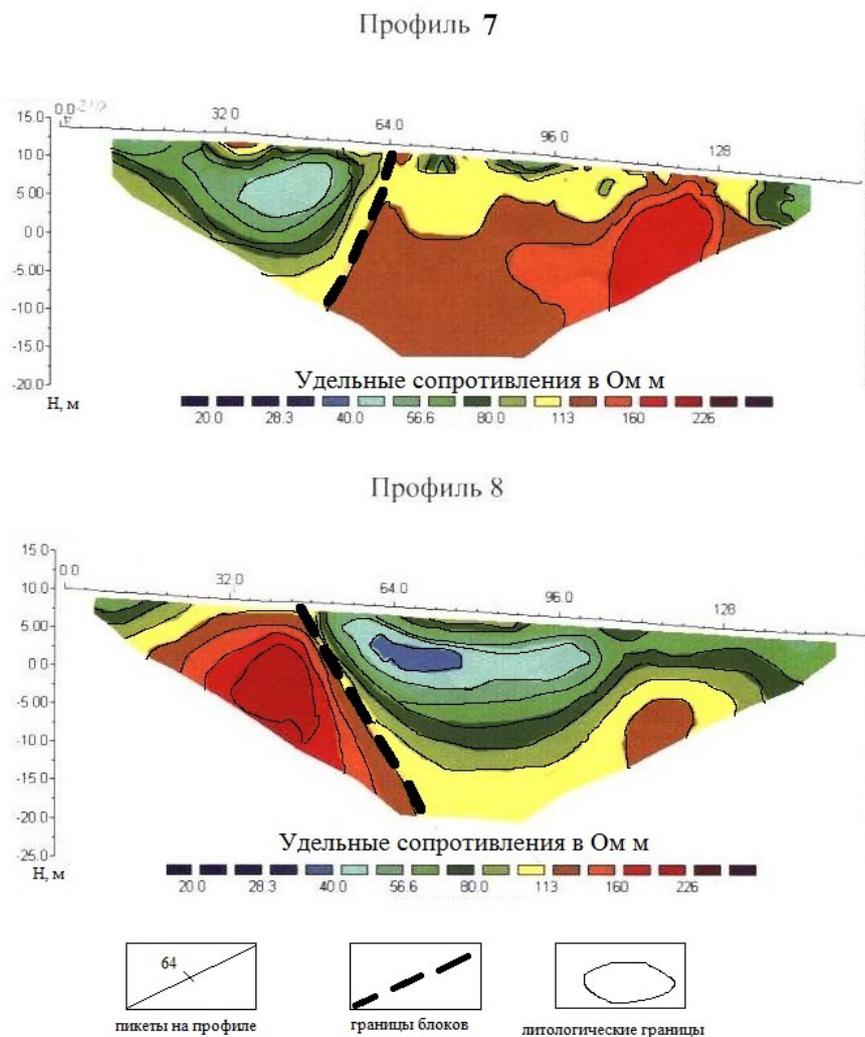


Рисунок 4 - Геоэлектрические разрезы по профилям 7 и 8
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.130.49.5>

Основные закономерности поведения поля на разрезе кажущихся сопротивлений R_k сводятся к следующему:

- на малых разностях установки значения R_n соответствуют удельным сопротивлениям среды, на поверхности которой находится центр установки: здесь уверенно определяется мощность наносов;
- если установка не пересекает линию контактов сред, то значения поля R_n изменяются монотонно, как и в случае слоистых сред; расхождение значений R_n при переходе на большую приёмную линию для установки Шлюмберже не превышают 8% в случае стандартных соотношений MN/AB;
- если установка пересекает линию контакта, то наблюдаются резкие градиенты поля (значения последних зависят от мощности наносов) при переходе линии значений R_n при переходе приёмного электрода линии контакта значительно превышают 8%.

Количественная интерпретация осуществлялась с помощью программы Res 2Dinv [10], где для моделирования поля также применялась двумерная модель разреза. Использование фоновых моделей и выбор доминирующих объектов при инверсии результатов наблюдений по каждому профилю позволило резко уменьшить объем эквивалентных моделей при подборе и, таким образом, повысить разрешающую способность метода исследования среды. В результате получены геоэлектрические разрезы и в качестве примера на рисунке 4 приведены два типовых разреза по профилям 7 и 8.

На приведённых рисунках отчётливо прослеживаются крутопадающие границы, разделяющие массивы трещиноватых андезитов с удельным сопротивлением от 120 Ом·м и суглинки с сопротивлением в диапазоне 40-90 Ом·м. В верхней части разреза повсеместно выделяется не выдержанный по мощности (до 4 м) щебенистый грунт с удельным сопротивлением 90-110 м. Ниже по разрезу, в восточной части на ПР7 и в западной части на ПР8, выделяются суглинки со щебнем с сопротивлением 40-90 Ом м. Подстилающими породами в этих частях являются щебень андезитов и сильнотрещиноватые андезиты. Высокоомные участки разрезов с сопротивлением более 120 Ом м соответствуют трещиноватым андезитам, причём степень трещиноватости с глубиной уменьшается.

В результате геологического истолкования геоэлектрических разрезов и данных бурения построены детальные инженерно-геологические разрезы с выделением инженерно-геологических элементов, их возрастом, консистенцией и влажностью. Получение таких разрезов стало возможным благодаря данным метода электрической томографии.

Заключение

Таким образом, проведённые исследования показали возможность проявления современных разрывных дислокаций и новых землетрясений на территориях вблизи трассы нефтепровода ВСТО. Стоит отметить, что в последние годы география сейсмической активности на территории края расширяется, а повторяемость возрастает, о чём свидетельствуют современные коровые землетрясения, ощутимость которых фиксируется всё чаще. Об этом свидетельствует не только регистрация в Партизанской и Ханкайской подзоне, но и всего южного Приморья в целом. Однако недостаточная развитость сети сейсмостанций в Приморье затрудняет точность и своевременность регистрации землетрясений. Для изучения тектонических нарушений предлагается использовать современные геологические, геодезические и геофизические технологии. Причём наибольшую информативность даёт электрическая томография, которая, позволяет выявить не только слоистость изучаемой среды, но и тектонические нарушения.

Поэтому необходимо проводить дополнительно инженерно-геологические изыскания на участках тектонических нарушений с определением геометрических и физических параметров в зоне разломов. В дальнейшем рекомендуется ведение мониторинговых наблюдений на этих участках с использованием геофизических методов по типу электрической томографии.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Абрамов В.А. Новая карта сейсмической опасности Евразии / В.А. Абрамов, В.А. Абрамова // Тез. Докл. межд. конф.: Стихия, строительство, безопасность. — Владивосток: Дальнаука, 1997. — С. 6-9.
2. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / 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. Геоэкологическое обследование предприятий нефтяной промышленности / Под ред. В.А. Шевнина. — М.: РУССО, 1999. — 511 с.
5. Горелов П.В. Современная сейсмическая активность Приморского края / П.В. Горелов, Н.Г. Шкабарня // Вестник Инженерной школы ДВФУ.
6. Никифоров В.М. Глубинная геоэлектрическая структура и сейсмичность Приморья / В.М. Никифоров, И.В. Дмитриев, С.С. Старжинский [и др.] // Тихоокеанская геология. — Н.: Наука, 2006. — Т. 25. — №4. — С. 18-25.
7. Олейников А.В. Палеосейсмогеология и сейсмическая опасность Приморского края / А.В. Олейников, Н.А. Олейников // Вестник ДВО РАН. — 2006. — № 3. — С. 76-84.

8. Олейников А.В. Геологические признаки сейсмичности и палеосейсмогеология Южного Приморья / А.В. Олейников, Н.А. Олейников. — Владивосток: Дальнаука, 2001. — 185 с.
9. Органова Н.М. Сейсмическое проявление современных движений юга Дальнего Востока и сопредельных территорий / Н.М. Органова // Современные движения земной коры. — М.: Радио и связь, 1982. — С. 103-108.
10. Рассказов И.Ю. Развитие метода электрической томографии при исследовании месторождений со сложными горно-геологическими условиями / И.Ю. Рассказов, Н.Г. Шкабарня, Г.Н.Шкабарня // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. — Н., 2013. — №3 — С. 57-67.
11. Седых А.К. Кайнозойские рифтовые впадины Приморья (геологическое строение минералогения и геодинамика углегенеза) / А.К. Седых. — Владивосток: Дальнаука, 2008. — 248 с.
12. Уткин В.П. Геологические критерии кайнозойской и современной сейсмоактивности разломов приморья и юга Хабаровского края / В.П. Уткин, А.В. Олейников, П.Л. Неволин // Вестник ДВО РАН. — Владивосток: Дальнаука, 1992. — №3/4. — С. 131-143.
13. Шкабарня Н.Г. Неотектонические движения на территории Приморья вдоль трассы нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий океан» / Н.Г. Шкабарня, Н.Е. Ростовская // Стихия, строительство безопасность: Сб. трудов межд. конф. — Владивосток: Дальнаука, 2008. — С. 299-303.
14. Шкабарня Н.Г. Электроразведочные методы при исследовании тектонических нарушений верхней части литосферы на территории Приморья / Н.Г. Шкабарня, Б.Л. Столов, Г.Н. Шкабарня // Геофизика. — М.: Герс, 2010. — №5. — С. 38-46.
15. Свод правил. Строительство в сейсмических районах. СП.14.13330.2018 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. — Москва, 2018.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Abramov V.A. Novaya karta sejsmicheskoy opasnosti Evrazii [A New Map of the Seismic Hazard of Eurasia] / V.A. Abramov, V.A. Abramova // Tez. Dokl. mezhd. konf.: Stihiya, stroitel'stvo, bezopasnost' [Abst. Rep. Inter. Conf.: Element, Construction, Security]. — Vladivostok: Dalnauka, 1997. — P. 6-9. [in Russian]
2. Geodinamika, magmatizm i metallogeniya Vostoka Rossii: v kn [Geodynamics, Magmatism and Metallogeny of the East of Russia: in the book] / Ed. by A.I. Khanchuk. — Vladivostok: Dalnauka, 2006. — Book 1. — P. 1 -572; Book 2. — P. 573-981. [in Russian]
3. Geomorfologiya zon perekhoda ot kontinentov k okeanam [Geomorphology of Transition Zones from Continents to Oceans]. — Moscow: Nauka, 1992. — 239 p. [in Russian]
4. Geoekologicheskoe obsledovanie predpriyatij neftyanoj promyshlennosti [Geoecological Survey of Oil Industry Enterprises] / Ed. by V.A. Shevnin. — M.: RUSSO, 1999. — 511 p. [in Russian]
5. Gorelov P.V. Sovremennaya sejsmicheskaya aktivnost' Primorskogo kraja [Modern Seismic Activity of Primorsky Krai] / P.V. Gerelov, N.G. Shkabarnya // Vestnik Inzhenernoj shkoly DVFU. Nauchno-tekhnicheskij zhurnal [Bulletin of the FEFU Engineering School. Scientific and Technical Journal] [in Russian]
6. Nikiforov V.M. Glubinnaya geoelektricheskaya struktura i sejsmichnost' Primor'ya [Deep Geoelectric Structure and Seismicity of Primorye] / V.M. Nikiforov, I.V. Dmitriev, S.D. Starzhinsky [et al.] // Tihookeanskaya geologiya [Pacific Geology]. — N.: Nauka, 2006. — Vol. 25. — № 4. — P. 18-25. [in Russian]
7. Oleynikov A.V. Paleosejsmogeologiya i sejsmicheskaya opasnost' Primorskogo kraja [Paleoseismogeology and Seismic Hazard of Primorsky Krai] / A.V. Oleynikov, N.A. Oleynikov // Vestnik DVO RAN [Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences]. — 2006. — № 3. — P. 76-84. [in Russian]
8. Oleynikov A.V. Geologicheskie priznaki sejsmichnosti i paleosejsmogeologiya YUzhnogo Primor'ya [Geological Signs of Seismicity and Paleoseismogeology of the Southern Primorye] / A.V. Oleynikov, N.A. Oleynikov. — Vladivostok: Dalnauka, 2001. — 185 p. [in Russian]
9. Organova N.M. Sejsmicheskoe proyavlenie sovremennyh dvizhenij yuga Dal'nego Vostoka i sopredel'nyh territorij [Seismic Manifestation of Modern Movements of the South of the Far East and Adjacent Territories] / N.M. Organova // Sovremennye dvizheniya zemnoj kory [Modern Movements of the Earth's Crust]. — Moscow: Radio and Communications, 1982. — P. 103-108. [in Russian]
10. Rasskazov I.Yu. Razvitie metoda elektricheskoy tomografii pri issledovanii mestorozhdenij so slozhnymi gorno-geologicheskimi usloviyami [Development of the Method of Electrical Tomography in the Study of Deposits with Complex Mining and Geological Conditions] / I.Yu. Rasskazov, N.G. Shkabarnya, G.N. Shkabarnya // Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznyh iskopaemyh [Physico-technical Problems of Mineral Development]. — N., 2013. — № 3. — P. 57-67. [in Russian]
11. Sedykh A.K. Kajnozojskie riftovye vpadiny Primor'ya (geologicheskoe stroenie mineralogeniya i geodinamika uglegeneza) [Cenozoic Rift Depressions of Primorye (Geological Structure of Mineralogy and Geodynamics of Coal Genesis)] / A.K. Sedykh. — Vladivostok: Dalnauka, 2008. — 248 p. [in Russian]
12. Utkin V.P. Geologicheskie kriterii kajnozojskoj i sovremennoj sejsmoaktivnosti razlomov primor'ya i yuga Habarovskogo kraja [Geological Criteria of Cenozoic and Modern Seismic Activity of the Faults of Primorye and the South of the Khabarovsk Territory] / V.P. Utkin, A.V. Oleynikov, P.L. Nevolin // Vestnik DVO RAN [Bulletin of the FEB RAS]. — Vladivostok: Dalnauka, 1992. — № 3/4. — P. 131-143. [in Russian]
13. Shkabarnya N.G. Neotektonicheskie dvizheniya na territorii Primor'ya vdol' trassy nefteprovoda "Vostochnaya Sibir' – Tihij okean" [Neotectonic Movements on the Territory of Primorye along the Route of the Pipeline "Eastern Siberia – Pacific Ocean"] / N.G. Shkabarnya, N.E. Rostovskaya // Stihiya, stroitel'stvo bezopasnost': Sb. trudov mezhd. konf. [Element, Construction Safety: Proceedings of the International Conference]. — Vladivostok: Dalnauka, 2008. — P. 299-303. [in Russian]

14. Shkabarnya N.G. Elektrorazvedochnye metody pri issledovanii tektonicheskikh narushenij verhnej chasti litosfery na territorii Primor'ya [Electrical Exploration Methods in the Study of Tectonic Disturbances of the Upper Part of the Lithosphere on the Territory of Primorye] / N.G. Shkabarnya, B.L. Stolov, G.N. Shkabarnya // Geofizika [Geophysics]. — M.: Gers, 2010. — № 5. — P. 38-46. [in Russian]

15. Svod pravil. Stroitel'stvo v seismicheskikh rajonah. SP.14.13330.2018 [Set of rules. Construction in seismic areas] / Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation. — Moscow, 2018. [in Russian]