



Разработка геомеханической модели активного разлома южного Сахалина

П. А. Каменев*
А. Е. Заболотин
В. А. Дегтярев
О. А. Жердева

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН,
Южно-Сахалинск, Россия

*E-mail: p.kamenev@imgg.ru

Создана геомеханическая модель, описывающая распределение напряженно-деформированного состояния в выбранном объеме южной части Центрально-Сахалинского разлома (ЦСР) и его изменение во времени. Географически модель расположена в координатах 46.4°–47.4° с.ш. и 142.2°–142.8° в.д. Границами модели являются грани параллелепипеда со сторонами 60 км в субширотном и 150 км в меридиональном направлении, глубиной 30 км. В качестве исходных данных взяты результаты каротажа скважин, лабораторные исследования механических свойств ряда горных пород, сейсмологические данные, сейсморазведки ГСЗ, измерения в пунктах наблюдения GPS/ГЛОНАСС. По глубине модель разбита на 8 слоев с различными значениями плотностей от 1.9 до 2.78 г/см³, коэффициентами Пуассона от 0.27 до 0.28, модулями Юнга от 1.2 до 44.9 ГПа. Для оценок деформационных свойств выбранного сегмента ЦСР поверхность была разбита на 9 блоков со скоростями деформаций от 0.5 до 2.3 мм/год. Подобраны значения напряжений, которые изменяются с ростом глубины в диапазоне σ_1 от 50 до 1500 МПа, σ_2 от 30 до 1000 МПа и σ_3 от 20 до 600 МПа. Сделано предположение о более низких значениях главных напряжений непосредственно в плоскости сместителя разлома, по всей его глубине. Получены первые результаты распределения напряженно-деформированного состояния в окрестности разлома. Расчет избыточных касательных напряжений, возникающих в рассматриваемой области, показывает, что их максимальная величина концентрируется в зоне разлома. Так, максимальное его значение 289 МПа соответствует глубине 9 км и постепенно снижается до минимальных значений на свободной поверхности. Результаты моделирования согласуются как с данными распределения очагов землетрясения, так и с инструментальными данными современных приповерхностных деформаций.

Ключевые слова

разлом, геомеханическая модель, деформации,
напряжения, о. Сахалин, сейсмичность

Для цитирования: Каменев П.А., Заболотин А.Е., Дегтярев В.А., Жердева О.А. Разработка геомеханической модели активного разлома южного Сахалина. *Геосистемы переходных зон*. 2019. Т. 3, № 3. С. 287–295. doi.org/10.30730/2541-8912.2019.3.3.287-295

For citation: Kamenev P.A., Zabolotin A.E., Degtyarev V.A., Zherdeva O.A. Geomechanical model of South Sakhalin active fault. *Geosystems of Transition Zones*, 2019, vol. 3, N 3, p. 287–295. (In Russ.). doi.org/10.30730/2541-8912.2019.3.3.287-295

Список литературы

1. Али А.Х., Марти Ш., Еса Р. Передовой метод гидравлического разрыва пласта с использованием геомеханического моделирования и механики пород – технически интегрированный подход // *Нефтегазовое обозрение*. Осень 2002. С. 75–83.
2. Барышников В.Д., Курленя М.В., Леонтьев А.В. О напряженно-деформированном состоянии Николаевского месторождения // *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. 1982. № 2. С. 3–12.
3. Булгаков Р.Ф., Иващенко А.И., Ким Ч.У., Сергеев К.Ф., Стрельцов М.И., Кожурин А.И., Бесстрашнов В.М., Стром А.Л., Сузуки Я., Цуцуми Х., Ватанабе М., Уеки Т., Шимамото Т., Окумура К., Гото Х., Кария Я. Активные разломы северо-восточного Сахалина // *Геотектоника*. 2002. № 3. С. 66–86.
4. Воейкова О.А., Несмеянов С.А., Серебрякова Л.И. *Неотектоника и активные разломы Сахалина*. М.: Наука, 2007. 187 с.
5. Горбачевич Ф.Ф., Савченко С.Н. Современные напряжения в северной части Балтийского щита по данным исследований Печенегского геоблока и разреза Кольской сверхглубокой скважины // *Геофизический журнал*. 2009. Т. 31, № 6. С. 41–54.
6. Ершов В.В. Флюидодинамические процессы в зоне Центрально-Сахалинского разлома (по результатам наблюдений на Южно-Сахалинском грязевом вулкане) // *Geodynamics & Tectonophysics*. 2012. Т. 3, № 4. С. 345–360. doi.org/10.5800/GT-2012-3-4-0078
7. Закупин А.С., Богинская Н.В. Современная сейсмичность в районе Центрально-Сахалинского разлома (юг о. Сахалин): ложная тревога или отодвинутый прогноз? // *Геосистемы переходных зон*. 2019. Т. 3, № 1. С. 27–34. doi.org/10.30730/2541-8912.2019.3.1.027-034
8. Каменев П.А. Комплексные исследования активности южной части Центрально-Сахалинского разлома // *Геодинамические процессы и природные катастрофы: тез. докл. III Всерос. науч. конф. с междунар. участием*. Южно-Сахалинск, 2019. С. 62.
9. Каменев П.А., Злобин Т.К. Распределение поля упругих напряжений в литосфере Охотоморского региона // *Тектоника, глубинное строение и геодинамика востока Азии: IV Косыгин. чтения (Хабаровск, 21–23 янв. 2003 г.)*. Хабаровск, 2003. С. 232–237.
10. Каменев П.А., Богомолов Л.М., Валетов С.А. О методах оценок геомеханических параметров массивов осадочных пород «in situ» по данным каротажа // *Тихоокеанская геология*. 2012. Т. 31, № 6. С. 109–114.
11. Каменев П.А., Усольцева О.М., Цой П.А., Семенов В.Н., Сиволап Б.Б. Лабораторные исследования геомеханических параметров массивов осадочных пород юга Сахалина // *Геосистемы переходных зон*. 2017а. Т. 3, № 1. С. 30–36. [doi:10.30730/2541-8912.2017.1.1.030-036](https://doi.org/10.30730/2541-8912.2017.1.1.030-036)
12. Каменев П.А., Богомолов Л.М., Закупин А.С. О напряженном состоянии земной коры Сахалина по данным бурения глубоких скважин // *Тихоокеанская геология*. 2017б. Т. 36, № 1. С. 29–38. [Kamenev P.A., Bogomolov L.M., Zakupin A.S. On the stress state of the Sakhalin crust according to the data of drilling deep boreholes. *Russian J. of Pacific Geology*, 2017, 11(1): 25-33. [doi:10.1134/S1819714017010043](https://doi.org/10.1134/S1819714017010043)]
13. Кучай В.К. Современная орогенная структура южной части о. Сахалин // *Тихоокеанская геология*. 1987. № 1. С. 50–57.
14. Лившиц М.Х. Глубинное строение Сахалина по геофизическим данным // *Геофизический сборник*. Южно-Сахалинск, 1972. Вып. 24, № 2. С. 16–25.
15. Макаров Е.О., Фирстов П.П., Костылев Д.В., Рылов Е.С., Дудченко И.П. Первые результаты мониторинга подпочвенного радона сетью пунктов, работающей в тестовом режиме, на юге острова Сахалин // *Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки*. 2018. № 5(25). С. 99–114. [doi:10.18454/2079-6641-2018-25-5-99-114](https://doi.org/10.18454/2079-6641-2018-25-5-99-114)
16. Мельников О.А. Дислокации и сейсмичность южной части зоны Тымь-Поронайского взбросо-надвига // *Тектоника, геодинамика, магматизм, металлогения и сейсмичность Тихоокеанского сегмента Земли*. Южно-Сахалинск: Ин-т морской геологии и геофизики ДВО РАН, 2002. С. 50–87.
17. Невельское землетрясение и цунами 2 августа 2007 года. О. Сахалин / под ред. Б.В. Левина, И.Н. Тихонова. М.: Янус-К, 2009. 204 с.
18. Никитенко О.А., Ершов В.В., Перстнева Ю.А., Бондаренко Д.Д., Балогланов Э.Э., Аббасов О.Р. Вещественный состав продуктов деятельности грязевых вулканов Сахалина и Азербайджана: сравнительный анализ. *Геосистемы переходных зон*. 2018. Т. 2, № 4. С. 346–358. [doi:10.30730/2541-8912.2018.2.4.346-358](https://doi.org/10.30730/2541-8912.2018.2.4.346-358)
19. Прытков А.С., Василенко Н.Ф. Деформации земной поверхности острова Сахалин по данным GPS-наблюдений // *Геодинамика и тектонофизика*. 2018. Т. 9, № 2. С. 503–514. [doi:10.5800/GT-2018-9-2-0358](https://doi.org/10.5800/GT-2018-9-2-0358)
20. Прытков А.С., Василенко Н.Ф., Ершов В.В. Моделирование источника извержения Южно-Сахалинского грязевого вулкана в 2011 г. по данным GPS-наблюдений // *Тихоокеанская геология*. 2014. Т. 33, № 3. С. 79–87. [Prytkov A.S., Vasilenko N.F., Ershov V.V. Simulation of the 2011 South

- Sakhalin mud volcano eruption based on the GPS data. *Russian J. of Pacific Geology*, 2014, 8(3): 224-231. doi:10.1134/S1819714014030075]
21. Сапрыгин С.М. *Тектоника плит и сейсмичность в Дальневосточном регионе*. Южно-Сахалинск: Сахалин. кн. изд-во, 2005. 83 с.
 22. Сафонов Д.А. *Динамика сейсмичности Южного Сахалина на основе современных инструментальных и макросейсмических данных*: дис. ... канд. физ.-мат. наук. Южно-Сахалинск, 2008. 146 с.
 23. Тагаурова А.А. Поля напряжений и деформаций по данным механизмов коровых землетрясений о. Сахалин // *Вестник КРАУНЦ. Серия: Науки о Земле*. 2015. Вып. 27, № 3. С. 92–101.
 24. Brudy M., Zoback M.D., Fuchs K., Rummel F., Baumgärtner J. Estimation of the complete stress tensor to 8 km depth in the KTB scientific drill holes: Implication for crustal strength // *J. of Geophysical Research: Solid Earth*. 1997. Vol. 102. P. 18453–18475. <https://doi.org/10.1029/96jb02942>
 25. Gardner G.H., Gardner L.W., Gregory A.R. Formation velocity and density – the diagnostic basics for stratigraphic traps // *Geophysics*. 1974. Vol. 39, N 6. P. 770–780. <https://doi.org/10.1190/1.1440465>
 26. Heidbach O., Rajabi M., Cui X., Fuchs K., Müller B., Reinecker J., Reiter K., Tingay M., Wenzel F., Xie F., Ziegler M.O., Zoback M.L., Zoback M.D. The World Stress Map database release 2016: Crustal stress pattern across scales // *Tectonophysics*. 2018. Vol. 744. P. 484–498. <http://doi.org/10.1016/j.tecto.2018.07.007>
 27. Horsrud P. Estimating mechanical properties of shale from empirical correlations // *SPE Drilling & Completion*. 2001. N 6. P. 68–73. <https://doi.org/10.2118/56017-pa>
 28. Lin J., Stein R.S. Stress triggering in thrust and subduction earthquakes, and stress interaction between the southern San Andreas and nearby thrust and strike-slip faults // *J. of Geophysical Research*. 2004. Vol. 109. B02303. <https://doi.org/10.1029/2003jb002607>
 29. Pijush P., Zoback M. Wellbore-stability study for the SAFOD borehole through the San Andreas fault // *SPE Drilling & Completion*. 2008. Vol. 12. P. 394–408. <https://doi.org/10.2118/102781-pa>
 30. Toda S., Stein R.S., Reasenber P.A., Dieterich J.H. Stress transferred by the Mw=6.5 Kobe, Japan, shock: Effect on aftershocks and future earthquake probabilities // *J. of Geophysical Research*. 1998. Vol. 103(B10). P. 24543–24565. <https://doi.org/10.1029/98jb00765>