

## Плотностные и реологические неоднородности мантии активных океанических окраин западного сектора Тихого океана и зоны Курильского глубоководного желоба

**Р. Ф. Булгаков\***  
**В. Н. Сеначин**  
**М. В. Сеначин**

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН,  
г. Южно-Сахалинск, Россия  
\*E-mail: r.bulgakov@imgg.ru*

### Резюме [Abstract PDF](#)

Проанализирована современная изученность активных океанических окраин с применением геодинамических моделей, учитывающих ограничения, заданные гравитационными аномалиями. Целью аналитического обзора явилась оценка плотностных характеристик и распределения вязкости в переходных зонах хорошо изученных глубоководных желобов Тихоокеанского региона. Сравнительный анализ позволил распространить оценки этих параметров на Курильский глубоководный желоб. Для переходной зоны Курильского глубоководного желоба можно ожидать среднее превышение плотности погружающейся литосферной плиты в сравнении со слоями мантии на одинаковых глубинах на 0.02–0.05 г/см<sup>3</sup>. Вязкость мантии меняется от значений максимум 1023 Па с в нижних слоях до 1019 Па с в зоне мантийного клина. Вязкость погружающейся плиты снижается с глубиной. Вязкость астеносферы может быть на порядок выше вязкости мантийного клина. Мантийный клин переходной зоны Курильского желоба имеет достаточно большие размеры, чтобы быть ответственным за задуговой спрединг и формирование Курильской глубоководной котловины. Аномалии геоида являются важным, дополнительным информативным источником при исследовании глубинной структуры переходных зон.

### Ключевые слова

мантийный клин, геоид, субдукция, Курильская зона

**Для цитирования:** Булгаков Р.Ф., Сеначин В.Н., Сеначин М.В. Плотностные и реологические неоднородности мантии активных океанических окраин западного сектора Тихого океана и зоны Курильского глубоководного желоба. *Геосистемы переходных зон*. 2020. Т. 4, № 1. С. 116–130. <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2020.4.1.116-130>

**For citation:** Bulgakov R.F., Senachin V.N., Senachin M.V. Density and rheological inhomogeneities in the mantle of the active oceanic margins of western part of Pacific Ocean and the Kuril deep-sea trench area. *Geosystems of Transition Zones*, 2020, vol. 4, no. 1, p. 116–130. (In Russian). <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2020.4.1.116-130>

### Список литературы

1. Гайнанов А.Г., Гилод Д.А., Мелихов В.Р. **1986**. Плотностное моделирование литосферы переходных зон Тихоокеанского типа. *Вестник Москов. ун-та. Сер. 4, Геология*, 3: 81–88.
2. Гайнанов А.Г., Гилод Д.А., Мазурова И.С., Строев П.А. **1987**. Гравитационное поле и строение литосферы Филиппинского моря. *Вестник Москов. ун-та. Сер. 4, Геология*, 3: 70–78.
3. Гранник В.М. **1999**. Реконструкция сейсмофокальной зоны Восточно-Сахалинской вулканической палеодуги по распределению редкоземельных элементов. *Докл. АН*, 366(1): 79–83.
4. Гранник В.М. **2017**. Позднекайнозойские изверженные породы анивской свиты полуострова Крильон (о. Сахалин). *Геосистемы переходных зон*, (4): 3–20. doi:10.30730/2541-8912.2017.1.4.003-020.
5. Емельянова Т.А., Леликов Е.П. **2009**. Позднеолигоцен-плейстоценовые этапы вулканизма и

геодинамики глубоководных котловин Японского и Охотского морей. В кн.: *Геология морей и океанов: Материалы XVIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии, 16–20 ноября 2009, Москва*. М.: ГЕОС, 1: 54–58.

6. Маккензи Д.П. **1975**. Тектоника плит. В кн.: *Природа твердой Земли*. М.: Мир, 180–209.
7. Родников А.Г., Забаринская Л.П., Рашидов В.А., Сергеева Н.А. **2014**. *Геодинамические модели глубинного строения регионов природных катастроф активных континентальных окраин*. М.: Научный мир, 172 с.
8. Сергеев К.Ф. **2006**. Тектоническое районирование и углеводородный потенциал Охотского моря. М.: Наука, 130 с.
9. Уэрзел Дж.Л., Шербет Г.Л. **1957**. Интерпретация аномалий силы тяжести на основании стандартных колонок земной коры для океанов и материков. В кн.: *Земная кора*. М.: Изд-во иностр. лит., 101–113.
10. Федотов С.А., Кузин И.П. **1963**. Скоростной разрез верхней мантии в области южных Курильских островов. *Известия АН СССР, Серия геологическая*, 5: 67–78.
11. Чехович В.Д., Сухов А.Н., Кононов М.В., Шеремет О.Г. **2019**. Сравнительная геодинамика формирования Алеутской и Идзу-Бонин-Марианской островодужных систем. *Геотектоника*, 1: 27–43.
12. Billen M., Gurnis M. **2003**. Comparison of dynamic flow models for the Central Aleutian and Tonga-Kermadec subduction zones. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 4(4).  
<https://doi.org/10.1029/2001gc000295>
13. Billen M., Gurnis M., Simons M. **2003**. Multiscale dynamics of the Tonga–Kermadec subduction zone. *Geophysical J. International*, 153(2): 359–388. <https://doi.org/10.1046/j.1365-246x.2003.01915.x>
14. Chapman M., Talwani M. **1982**. Geoid anomalies over deep sea trenches. *Geophysical J. International*, 68(2): 349–369. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246x.1982.tb04905.x>
15. Coltice N., Gérault M., Ulvrová M. **2017**. A mantle convection perspective on global tectonics. *Earth-Science Reviews*, 165: 120–150. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.11.006>
16. Duesterhoeft E., Quinteros J., Oberhänsli R., Bousquet R., de Capitani Ch. **2014**. Relative impact of mantle densification and eclogitization of slabs on subduction dynamics: A numerical thermodynamic/thermokinematic investigation of metamorphic density evolution. *Tectonophysics*, 637: 20–29.  
<https://doi.org/10.1016/j.tecto.2014.09.009>
17. Dziewonski A.M., Anderson D.L. **1981**. Preliminary reference Earth model. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 25(4): 297–356. [https://doi.org/10.1016/0031-9201\(81\)90046-7](https://doi.org/10.1016/0031-9201(81)90046-7)
18. Ficini E., Cuffaro M., Doglioni C. **2019 (2020)**. Asymmetric dynamics at subduction zones derived from plate kinematic constraints. *Gondwana Research*, 78: 110–125. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2019.07.013>
19. Forsyth D., Uyeda S. **1975**. On the relative importance of the driving forces of Plate Motion. *Geophysical J. International (Geophysical J. of the Royal Astronomical Society)*, 43(1): 163–200. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246x.1975.tb00631.x>
20. Ganguly J., Freed A.M., Saxena S.K. **2008**. Density profiles of oceanic slabs and surrounding mantle: Integrated thermodynamic and thermal modeling, and implications for the fate of slabs at the 660 km discontinuity. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 172(3–4): 257–267. <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2008.10.005>
21. Goes S., Agrusta R., van Hunen J., Garel F. **2017**. Subduction-transition zone interaction: A review. *Geosphere*, 13(3): 1–21. <https://doi.org/10.1130/ges01476.1>
22. Griggs D.T. **1972**. The sinking lithosphere and the focal mechanism of deep earthquakes. In: *Robertson E.C. (ed.) Nature of the Solid Earth*. McGraw-Hill, 361–384.
23. Grow J.A., Bowin C.O. **1975**. Evidence for high-density crust and mantle beneath the Chile Trench due to the descending lithosphere. *J. of Geophysical Research*, 80(11): 1449–1458.
24. Hager B.H. **1983**. *Subducted slabs and the geoid: Constraints on mantle rheology and flow: Technical Report (NASA – CR-170192)*. California Inst. of Tech., United States, 49 p.
25. Handayani L. **2004**. *Seismic tomography constraints on reconstructing the Philippine Sea Plate and its margin: a dissertation by submitted to the office of graduate studies of Texas A&M University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy*. URL:  
<https://pdfs.semanticscholar.org/a1e8/ba5d485994d50b5d15f6d088bbab56cf6fa9.pdf> (accessed 12.01.2020).
26. Hayes G.P., Wald D.J., Johnson R.L. **2012**. Slab1.0: A three dimensional model of global subduction zone geometries. *J. of Geophysical Research: Solid Earth*, 117(B1): B01302. <https://doi.org/10.1029/2011jb008524>
27. Honda S. **2017**. Geodynamic modeling of the subduction zone around the Japanese Islands. *Monographs on Environment, Earth and Planets*, 5: 35–62. <https://doi.org/10.5047/meep.2017.00502.0035>
28. Hunter J., Watts A. **2016**. Gravity anomalies, flexure and mantle rheology seaward of Circum-Pacific trenches. *Geophysical J. International*, 207(1): 288–316. <https://doi.org/10.1093/gji/ggw275>
29. Kimura G., Tamaki K. **1986**. Collision, rotation, and back-arc in the region of the Okhotsk and Japan Seas. *Tectonics*, 5(3): 389–401. <https://doi.org/10.1029/tc005i003p00389>
30. Kogan M.G. **1975**. Gravity field of the Kuril-Kamchatka Arc and its relation to the thermal regime of lithosphere. *J. of Geophysical Research*, 80(11): 1381–1390.

31. Krien Y., Fleitout L. **2008**. Gravity above subduction zones and forces controlling plate motions. *J. of Geophysical Research*, 113(B9): B09407. <https://doi.org/10.1029/2007jb005270>
32. Manea V., Gurnis M. **2007**. Subduction zone evolution and low viscosity wedges and channels. *Earth and Planetary Science Letters*, 264(1–2): 22–45. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2007.08.030>
33. McAdoo D.C. **1980**. Geoid anomalies in the vicinity of subduction zones: NASA Technical Memorandum; 80678. 46 p. URL: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19800019231.pdf>
34. McAdoo D.C. **1982**. On the compensation of geoid anomalies due to subducting slabs. *J. of Geophysical Research*, 87(B10): 8684–8692. <https://doi.org/10.1029/jb087ib10p08684>
35. Oxburg E.R., Turcott D.L. **1970**. Thermal structure of island arcs. *Geological Society of America Bulletin*, 81(6): 1655–1688. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1970\)81\[1665:tsoia\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1970)81[1665:tsoia]2.0.co;2)
36. Peacock S.M. **2000**. Thermal structure and metamorphic evolution of subducting slabs. 16 p. URL: [https://www.nsf-margins.org/Eugene\\_PDF/SubFac\\_abstract\\_Peacock.pdf](https://www.nsf-margins.org/Eugene_PDF/SubFac_abstract_Peacock.pdf)
37. Sager W. **1980**. Mariana Arc structure inferred from gravity and seismic data. *J. of Geophysical Research*, 85(B10): 5382–5388. <https://doi.org/10.1029/jb085ib10p05382>
38. Sdrolias M., Müller R.D. **2006**. Controls on back-arc basin formation. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 7: Q04016. <https://doi.org/10.1029/2005gc001090>
39. Sheriff R.E. **1997**. *Encyclopedic dictionary of exploration geophysics*. 3 rd ed. Society Exploration Geophysicists.
40. Talwani M., Sutton G.H., Worzel J.L. **1959**. A crustal section across the Puerto Rico Trench. *J. of Geophysical Research*, 64(10): 1545–1555. <https://doi.org/10.1029/jz064i010p01545>
41. Toksoze M.N., Sleep N.H., Smith AT. **1973**. Evolution of the downgoing lithosphere and the mechanisms of deep focus earthquakes. *Geophysical J. of the Royal Astronomical Society*, 35(1–3): 285–310. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246x.1973.tb02429.x>
42. Tosi N., Čadek O., Martinec Z. **2009**. Subducted slabs and lateral viscosity variations: effects on the long-wavelength geoid. *Geophysical J. International*, 179: 813–826. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246x.2009.04335.x>
43. Watts A.B., Talwani M. **1974**. Gravity anomalies seaward of deep-sea trenches and their tectonic implications. *Geophysical J. of the Royal Astronomical Society*, 36(1): 57–90. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246x.1974.tb03626.x>
44. Zhang F., Lin J., Zhou Z., Yang H., Zhan W. **2018**. Intra- and intertrench variations in flexural bending of the Manila, Mariana and global trenches: implications on plate weakening in controlling trench dynamics. *Geophysical J. International*, 212: 1429–1449. <https://doi.org/10.1093/gji/ggx488>