



## Пространственное распределение потоков метана на границе вода–атмосфера в Охотском море

**Р. Б. Шакиров**  
**О. В. Мишукова**

*Тихоокеанский океанологический институт  
им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, Россия*

Изучено пространственное распределение потоков метана на границе вода–атмосфера на акватории Охотского моря – района наиболее активной углеводородной дегазации в Азиатско-Тихоокеанской зоне перехода. Анализ потоков метана, рассчитанных по данным экспедиционных исследований 1991–2016 г., позволил выявить причины их изменчивости, которая согласуется с особенностями строения газогеохимических провинций в Охотском море. Особенности распределения потоков метана на поверхности акватории, пересыщения поверхностных вод метаном относительно его равновесных содержаний в атмосфере, распределение содержаний метана в водной толще и в приповерхностном слое морской воды, состав и содержание углеводородных газов в донных отложениях определяются количеством и составом газов, мигрирующих из литосферных источников (нефтегазовые залежи, газогидраты, газонасыщенные осадки). Высокая изменчивость потоков метана в западной части Охотского моря (западно-охотоморская газогеохимическая провинция) – от поглощения до максимальных значений эмиссии более чем 300 моль/(км<sup>2</sup>·сут) – как по площади моря, так и во времени носит пульсационный сейсмозависимый характер. В исследуемом районе на большой площади и во времени установлено повышенное выделение метана в атмосферу, при этом потоки метана увеличиваются под влиянием больших скоростей ветра и более высокой температуры воды. Тектонические разломы и распределение нефтегазоносных структур – основные факторы, обуславливающие формирование потоков углеводородных газов в районе исследований.

### Ключевые слова

распределение потоков метана, концентрации метана, Охотское море, газогеохимическая провинция

**Для цитирования:** Шакиров Р.Б., Мишукова О.В. Пространственное распределение потоков метана на границе вода–атмосфера в Охотском море. *Геосистемы переходных зон*. 2019. Т. 3, № 1. С. 107–123. doi: 10.30730/2541-8912.2019.3.1.107-123

**For citation:** Shakirov R.B., Mishukova O.V. The spatial distribution of the methane fluxes on the water-atmosphere boundary in the Sea of Okhotsk. *Geosystems of Transition Zones*, 2019, vol. 3, no.1, p. 107–123. (In Russ.). doi: 10.30730/2541-8912.2019.3.1.107-123

### Список литературы

1. Аникиев В.В., Обжиров А.И. Влияние низкотемпературных гидротерм на газовый состав придонной воды в Охотском море // *Океанология*. 1993. Т. 33, № 3. С. 360–366.
2. Мишукова Г.И., Верещагина О.Ф. Распределения метана и его потоков на границе вода–атмосфера на акваториях шельфа, склона острова Сахалин и впадины Дерюгина (Охотское море) // *Вестник ДВО РАН*. 2011. № 6. С. 64–71.
3. Мишукова Г.И., Мишуков В.Ф., Обжиров А.И. Распределение метана и его потоки на границе вода–атмосфера в некоторых районах Охотского моря // *Вестник ДВО РАН*. 2010. № 6. С. 36–43.

4. Мишукова Г.И., Обжиров А.И., Мишуков В.Ф. *Метан в пресных и морских водах и его потоки на границе вода–атмосфера в Дальневосточном регионе*. Владивосток: Дальнаука, 2007. 159 с.
5. Мишукова Г.И., Пестрикова Н.Л., Верещагина О.Ф., Окулов А.К., Мишуков В.Ф. Пространственная и временная изменчивость распределения метана и его потоков на границе вода–атмосфера на прикурильских акваториях в районе Охотского моря и Тихого океана // *Подводные исследования и робототехника*. 2013. № 1(15). С. 52–61.
6. *Мониторинг метана в Охотском море* / отв. ред. А.И. Обжиров, А.Н. Салюк, О.Ф. Верещагина. Владивосток: Дальнаука, 2002. 250 с.
7. *Нефть и газ Сахалина*: обзор: спец. приложение к журналу «Нефтегазовая вертикаль», 1998.
8. Обжиров А.И. *Газогеохимические поля придонного слоя морей и океанов*. М.: Наука, 1993. 139 с.
9. Шакиров Р.Б. *Газогеохимические поля окраинных морей Дальневосточного региона: распределение, генезис, связь с геологическими структурами, газогидратами и сейсмоструктурной тектоникой*: автореф. дис. ... д-ра геол.-минер. наук. Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2016. 49 с.
10. Akulichev V.A., Obzhairov A.I., Shakirov R.B., Maltseva E.V., Gresov A.I., Telegin Yu.A. Conditions of gas hydrate formation in the Sea of Okhotsk // *Doklady Earth Sciences*. 2014. Vol. 454(1). P. 94–96. doi:[10.7868/S0869565214030165](https://doi.org/10.7868/S0869565214030165)
11. Bange H.W., Bartell U.H., Rapsomanikis S., Andrae M.O. Methane in the Baltic and the North Seas and reassessment of marine emissions of methane // *Global Biogeochem. Cycles*. 1994. Vol. 8(4). P. 465–480. <https://doi.org/10.1029/94gb02181>
12. Baranov B.V., Karp B.Ya., Wong H.K. Areas of gas seepage // *KOMEX Cruise Report I RV Professor Gagarinsky, Cruise 22. GEOMAR Report 82 INESSA*. Kiel, 1999. P. 45–52.
13. Cicerone R.J., Oremland R.S. Biogeochemical aspects of atmospheric methane // *Global Biogeochem. Cycles*. 1988. Vol. 2. P. 299–327. <https://doi.org/10.1029/gb002i004p00299>
14. *Climate Change 1994* / Ed. by J.T. Houghton et al.; Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge Univ. Press, 1996. 86 p.
15. *Climatic Atlas of the North Pacific Seas 2009: Bering Sea, Sea of Okhotsk, and Sea of Japan* / Luchin V., Kruts A., Sokolov O., Rostov V., Rudykh N., Perunova T., Zolotukhin E., Pischalnik V., Romeiko L., Hramushin V., Shustin V., Udens Y., Baranova O., Smolyar I., Yarosh E. NOAA Atlas NESDIS 67, U.S. Gov. Printing Office, Wash., D.C., 2009. 380 p. CD Disc.
16. Conrad R., Seiler W. Methane and hydrogen in seawater (Atlantic Ocean) // *Deep-Sea Research. Pt A*. 1988. Vol. 35. P. 1903–1917. [https://doi.org/10.1016/0198-0149\(88\)90116-1](https://doi.org/10.1016/0198-0149(88)90116-1)
17. Ehhalt D.H. The atmospheric cycle of methane // *Tellus*. 1974. Vol. 26(1–2). P. 58–70. <https://doi.org/10.1111/j.2153-3490.1974.tb01952.x>
18. Kvenvolden K.A., Lilley M.D., Lorenson P.W. et al. The Beaufort Sea continental shelf as a seasonal source of atmospheric methane // *Geophys. Res. Lett.* 1993. Vol. 20. P. 2459–2462. <https://doi.org/10.1029/93gl02727>
19. Lammers S., Suess E., Mansurov M.N., Anikiev V.V. Variations of atmospheric methane supply from the Sea of Okhotsk induced by the seasonal ice cover // *Global Biogeochem. Cycles*. 1995. Vol. 9(3). P. 351–358. <https://doi.org/10.1029/95gb01144>
20. Lamontagne R.A., Swinnerton J.W., Linnenbom V.J., Smith W.D. Methane concentration in various marine environment // *J. Geophys. Res.* 1973. Vol. 78. P. 5317–5324. <https://doi.org/10.1029/jc078i024p05317>
21. Matsueda H., Inoue H.Y., Ishii M., Nogi Y. Atmospheric methane over the North Pacific from 1987 to 1993 // *Geochemical J.* 1996. Vol. 30. P. 1–15. <https://doi.org/10.2343/geochemj.30.1>
22. Mishukova G.I., Shakirov R.B. Spatial variations of methane distribution in marine environment and its fluxes at the water–atmosphere interface in the Western Sea of Okhotsk // *Water Resources*. 2017. Vol. 44, N 4. P. 662–672. doi:10.1134/S0097807817040133
23. Mishukova G.I., Shakirov R.B., Obzhairov A.I. Methane fluxes on the water–atmosphere boundary in the Sea of Okhotsk // *Doklady Earth Sciences*. 2017. Vol. 475, N 2. P. 963–967. doi:10.1134/S1028334X17080256
24. Obzhairov A.I., Pestrikova N.L., Mishukova G.I., Mishukov V.F., Okulov A.K. Distribution of methane content and methane fluxes in the Sea of Japan, Sea of Okhotsk, and near-Kuril Pacific // *Russian Meteorology and Hydrology*. 2016. Vol. 41(3). P. 205–212. doi:10.3103/S1068373916030067
25. Rehder G., Suess E. Methane and pCO<sub>2</sub> in the Kuroshio and the South China Sea during maximum surface temperature // *Marine Chemistry*. 2001. Vol. 75. P. 89–108. [https://doi.org/10.1016/s0304-4203\(01\)00026-3](https://doi.org/10.1016/s0304-4203(01)00026-3)
26. Salomatin A.S., Yusupov V.I. Acoustic Investigations of gas «Flares» in the Sea of Okhotsk // *Oceanology*. 2011. Vol. 51(5). P. 857–865. doi:10.1134/S0001437011050134
27. Shakirov R.B., Obzhairov A.I., Biebow N., Salyuk A.N., Tsunogai U., Terekhova V.E., Shoji H. Classification of anomalous methane fields in the Okhotsk Sea // *J. of Polar Meteorology and Glaciology*. Tokyo, Nat. Inst. of Polar Res. 2005. Vol. 19. P. 50–66.
28. Shakirov R.B., Syrbu N.S., Obzhairov A.I. Distribution of helium and hydrogen in sediments and water on the Sakhalin slope // *Lithology and Mineral Resources*. 2016. Vol. 51(1). P. 61–73. <https://doi.org/10.1134/s0024490216010065>

29. Tsurushima N., Watanabe S., Tsunogai S. Methane in the East China Sea water // *J. of Oceanography*. 1996. Vol. 52(2). P. 221–233. <https://doi.org/10.1007/bf02235671>
30. Vereshchagina O.F., Korovitskaya E.V. Mishukova G.I. Methane in water columns and sediments of the north western Sea of Japan // *Deep Sea Research. Pt II: Topical Studies in Oceanography*. 2013. Vol. 86–87. P. 25–33.
- 31 Watanabe S., Higashitani N., Tsurushima N., Tsunogai S. Methane in the Western North Pacific // *J. of Oceanography (Japan)*. 1995. Vol. 51(1). P. 39–60. <https://doi.org/10.1007/bf02235935>