

К разработке генетической классификации грязевого вулканизма: аналитический обзор

Глазырин Евгений Анатольевич, <https://orcid.org/0009-0005-9980-1493>, eaglazyrin@mail.ru

АО «Южное научно-производственное объединение по морским геологоразведочным работам» (ЮЖМОРГЕОЛОГИЯ); г. Геленджик, Россия

Резюме

[PDF RUS](#)

[PDF ENG](#)

Полный текст

[PDF RUS](#)

Резюме. Для оценки и прогноза грязевулканической опасности, а также для изучения гео- и флюидодинамики осадочного разреза существенно важна генетическая характеристика грязевого вулканизма. С выявлением новых районов развития грязевого вулканизма мы получаем все больше данных о его гетерогенности, различных генетических особенностях. В настоящем обзоре на основе анализа значительного числа публикаций сделана попытка выделения и систематизации его генетических типов. Выделены классический, гигантских подводных оползней, газогидратный, серпентинитовый, дегляциальный, абиссальный и внутриплитных рифтогенных структур генетические типы. Приводится их характеристика и отличительные особенности. Классический тип грязевого вулканизма наиболее распространен и изучен. Его отличает наибольшее разнообразие морфологии и размеров грязевулканических построек, структурно-тектонического контроля, геодинамической позиции. В нем отмечены три эволюционных этапа – начальный, основной и заключительный, с выделением, соответственно, трех эволюционных типов. Начальный характеризуется неглубокими очагами флюидогенерации и отвечает периоду погружения бассейна седиментации с генерацией биогенного метана. Ему могут предшествовать и сопутствовать интенсивные разгрузки флюидов (метана и/или воды) с формированием покмарков. Основной этап наиболее длительный, соответствует погружению флюидогенерирующих толщ в зону катагенеза с генерацией термогенного метана и воды при иллитизации смектитов. Заключительный эволюционный этап развития классического грязевого вулканизма есть этап отмирания грязевулканической системы в результате ее воздымания и денудации, исчерпания ресурса генерации термогенного метана. Классический грязевой вулканизм можно дополнительно разделить по вкладу глубинных флюидных потоков, вплоть до мантийных, присутствию газогидратов и участию геотермальных флюидов. Газогидратный генетический тип может иметь разновидности по механизму генерации флюидной фазы. Серпентинитовый тип наиболее индивидуален по своим признакам. Проявлен в надсубдукционных зонах как результат прорыва флюидов, образующихся при дегидратации, декарбонизации и метаморфических реакциях из субдуцирующей плиты, в условиях высокого давления и низкой температуры. Дегляциальный, абиссальный и внутриплитных рифтогенных структур типы грязевого вулканизма наименее изучены и требуют верификации. Тип внутриплитных рифтогенных структур по результатам его изучения, возможно, будет отнесен к геотермальным системам в осадочных толщах. Наряду с выделяемыми генетическими типами грязевого вулканизма возможны его полигенные проявления. Предлагаемые подходы к генетической классификации могут подвергнуться критике, но это необходимо для стимулирования исследований в этом направлении.

Ключевые слова:

грязевой вулканизм, грязевые вулканы, генетическая классификация, седиментационные бассейны, выходы газа, газогидраты

Для цитирования: Глазырин Е.А. К разработке генетической классификации грязевого вулканизма: аналитический обзор. *Геосистемы переходных зон*, 2026, т. 10, № 2, с. 127–157. <https://doi.org/10.30730/qtrz.2026.10.2.127-157>; <https://www.elibrary.ru/jqceii>

For citation: Glazyrin E.A. Towards the development of a genetic classification of mud volcanism: an analytical review. *Geosistemy perehodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2026, vol. 10, No. 2, p. 127–157. (In Russ.). <https://doi.org/10.30730/qtrz.2026.10.2.127-157>; <https://www.elibrary.ru/jqceii>

Список литературы

1. Mazzini A., Etiope G. Mud volcanism: an updated review. *Earth-Science Reviews*. 2017, 168:81–112. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.03.001>

2. Somoza L., Medialdea T., Leon R., Ercilla G., Vazquez J.T., Farran M.I., Hernandez-Molina J., Gonzalez J., Juan C., Fernandez-Puga M.C. Structure of mud volcano systems and pockmarks in the region of the Ceuta Contourite Depositional System (Western Alborán Sea). *Marine Geology*. 2012,332-334:4–26. <http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2012.06.002>
3. Judd A., Hovland M. *Seabed fluid flow: the impact on geology, biology and the marine environment*. Cambridge University Press, 2009, 492 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511535918>
4. Юсубов Н.П., Гулиев И.С. Грязевой вулканизм и углеводородные системы Южно-Каспийской впадины (по новейшим данным геофизических и геохимических исследований). Баку: Элм, 2022, 168 с.
5. Brown K.M. The nature and hydrogeologic significance of mud diapirs and diatremes for accretionary systems. *Journal of Geophysical Research*. 1990,95:8969–8982. <https://doi.org/10.1029/jb095ib06p08969>
6. Kopf A.J. Significance of mud volcanism. *Reviews of Geophysics*. 2002,40(2):52. doi:10.1029/2000RG000093
7. Loseth H., Wensaas L., Arntsen B., Hanken N.-M., Basire C., Graue K. 1000 m long gas blow-out pipes. *Marine and Petroleum Geology*. 2011,28:1047–1060. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2010.10.001>
8. Богоявленский В.И. Новые данные о грязевом вулканизме в Арктике на полуострове Ямал. *Доклады Российской академии наук. Науки о Земле*. 2023,512(1):92–99. <https://doi.org/10.31857/S2686739723601084>
9. Leon R., Somoza L., Medialdea T., Maestro A., Diaz-del-Rio V., Fernandez-Puga M.C. Classification of sea-floor features associated with methane seeps along the Gulf of Cadiz continental margin. *Deep-Sea Research*. 2006,53(11-13):1464–1481. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2006.04.009>
10. Pryce E., Kirkham C., Cartwright J. Crater formation during the onset of mud volcanism. *Geology*. 2023,51(3):252–256. <https://doi.org/10.1130/G50713.1>
11. Антипин В.С., Покровский Б.Г., Федоров А.М. Патомский кратер – результат фреатического взрыва: геологические и изотопно-геохимические свидетельства. *Литология и полезные ископаемые*. 2015,6:538–548. <https://doi.org/10.7868/S0024497X15060026>
12. Исаев В.П., Исаев П.В., Развозжаева Э.А. Патомский газолитокластический вулкан. *Геология нефти и газа*. 2012,3:77–83. EDN: [OZE0VB](https://doi.org/10.7868/S0024497X15060026)
13. Judd A. Gas emissions from mud volcanoes. Significance to global climate change. In: Martinelli G., Panahi B. (eds) *Mud volcanoes, geodynamics and seismicity: NATO Science Series, Series IV: Earth and Environmental Series*. Dordrecht: Springer, 2005, 51, p. 147–157. <https://doi.org/10.1007/1-4020-3204-8>
14. Milkov A.V. Worldwide distribution of submarine mud volcanoes and associated gas hydrates. *Marine Geology*. 2000,167(1-2):29–42. [https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(00\)00022-0](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(00)00022-0)
15. Губкин И.М., Федоров С.Ф. *Грязевые вулканы Советского Союза и их связь с генезисом нефтяных месторождений Крымско-Кавказской геологической провинции*. М.: Изд-во АН СССР, 1938, 44 с.
16. Глумов И.Ф., Гулев В.Л., Карнаухов С.М., Сенин Б.В. *Региональная геология и перспективы нефтегазоносности Черноморской глубоководной впадины и прилегающих шельфовых зон*. Ч. 2. М.: Недра, 2014, 181 с.
17. Гулиев И.С., Юсубов Н.П., Гусейнова Ш.М. О механизме образования грязевых вулканов в Южно-Каспийской впадине по данным 2D- и 3D-сейсморазведки. *Физика Земли*. 2020,5:131–138. <https://doi.org/10.31857/S0002333720050026>
18. Глазырин Е.А. Основные результаты изучения подводного грязевого вулканизма Керченско-Таманского региона. В кн.: *Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа*. М.: ИИЕТ РАН, 2017, т. 7, ч. 2: 39–48.
19. Глазырин Е.А. К прогнозированию извержений грязевых вулканов и оценке опасности грязевулканической деятельности на Керченско-Таманском шельфе. В кн.: *Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления»): материалы Междунар. науч. конф., г. Ростов-на Дону, 13–23 июня, 2019*. Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2019, с. 37–39.
20. Глазырин Е.А. Государственный мониторинг состояния недр прибрежно-шельфовой зоны Азовского, Черного и Каспийского морей – основные итоги и перспективы развития. В кн.: *Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа*. М.: ИИЕТ РАН, 2020, т. 10, ч. 2, с. 325–332.
21. Глазырин Е.А., Карпенко А.Н., Карпенко Г.Е., Лещенко Д.П., Марфин А.А., Прокопцев Г.Н., Сильченко А.Ю. *Информационный бюллетень о состоянии недр прибрежно-шельфовых зон Азовского, Черного и Каспийского морей в 2023 г.* М.: Науч. библиотека, 2024, 112 с. <https://doi.org/10.36871/978-5-907823-32-7>
22. Глазырин Е.А., Глазырина Н.В. Усть-Чекупское грязевулканическое поле Керченско-Таманской грязевулканической области. В кн.: *Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа*. М.: ИИЕТ РАН, 2025, т. 15, с. 260–265.
23. Tinivella U., Giustiniani M. An overview of mud volcanoes associated to gas hydrate system. In: Nemeth K. (ed.) *Updates in volcanology – New advances in understanding volcanic systems*. 2012, p. 225–267. <http://dx.doi.org/10.5772/51270>
24. Milkov A.V. Global distribution of mud volcanoes and their significance in petroleum exploration as a source of methane in the atmosphere and hydrosphere and as a geohazard. In: Martinelli G., Panahi B. (eds) *Mud volcanoes, geodynamics and seismicity: NATO Science Series, Series IV: Earth and Environmental Series*, vol. 51. Dordrecht: Springer, 2005, p. 29–34. https://doi.org/10.1007/1-4020-3204-8_3
25. Исмагилов А.Ф., Козлов В.Н., Терехов А.А., Хортов А.В. Глиняный диапиризм и грязевой вулканизм при формировании локальных структур в российской части Черного моря. *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. 2006,2:4–10. EDN: [HSNKKL](https://doi.org/10.7868/S0024497X15060026)
26. Холодов В.Н. Грязевые вулканы: распространение и генезис. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2012,4(30):5–27. EDN: [PJWOIL](https://doi.org/10.7868/S0024497X15060026)
27. Dimitrov L.I. Mud volcanoes – the most important pathway for degassing deeply buried sediments. *Earth-Science Reviews*. 2002,59:49–76. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(02\)00069-7](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(02)00069-7)
28. Калинин М.К. Грязевые вулканы, причины их возникновения, развития и затухания. *Труды ВНИГНИ*. 1964,40:30–54.
29. Киквадзе О.Е., Лаврушин В.Ю., Покровский Б.Г., Поляк Б.Г. Изотопный и химический состав грязевулканических газов Таманского полуострова и проблемы их генезиса. *Литология и полезные ископаемые*. 2014,6:525–538. <https://doi.org/10.7868/S0024497X14060068>

30. Куришко В.А., Месяц И.А., Тердовидов А.С. Гидрогеология грязевого вулканизма Керченского полуострова. *Геологический журнал*. 1968,28(1):49–59.
31. Лаврушин В.Ю., Айдаркожина А.С., Сокол Э.В., Челноков Г.А., Петров О.Л. Грязевулканические флюиды Керченско-Таманской области: геохимические реконструкции и региональные тренды. Сообщение 1. Геохимические особенности и генезис грязевулканических вод. *Литология и полезные ископаемые*. 2021,6:485–512. <https://doi.org/10.31857/S0024497X21060045>
32. Лаврушин В.Ю., Гулиев И.С., Киквадзе О.Е., Алиев Ад.А., Покровский Б.Г., Поляк Б.Г. Воды грязевых вулканов Азербайджана: изотопно-химические особенности и условия формирования. *Литология и полезные ископаемые*. 2015,1:3–29. <https://doi.org/10.7868/S0024497X15010036>
33. Лаврушин В.Ю., Киквадзе О.Е., Покровский Б.Г., Алиев Ад.А., Поляк Б.Г. Воды грязевых вулканов Кавказского региона: геохимические особенности и условия формирования. *Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН*. 2011,57:217–221. EDN: [PXNDYV](https://doi.org/10.31857/S0024497X15010036)
34. Шнюков Е.Ф., Соболевский Ю.В., Гнатенко Г.К., Науменко П.И., Кутний В.А. *Грязевые вулканы Керченско-Таманской области*: атлас. Киев: Наукова думка, 1986, 152 с.
35. Milkov A.V., Sassen R., Apanasovich T.V., Dadashev F.G. Global gas flux from mud volcanoes: a significant source of fossil methane in the atmosphere and the ocean. *Geophysical Research Letters*. 2003,30(2):1037. <https://doi.org/10.1029/2002GL016358>
36. Mazzini A., Svensen H., Planke S., Guliyev I., Akhmanov G.G., Fallik T., Bank D. When mud volcanoes sleep: Insight from seep geochemistry at the Dashgil mud volcano, Azerbaijan. *Marine and Petroleum Geology*. 2009,26:1704–1715. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2008.11.003>
37. Шнюков Е.Ф., Коболев В.П. Слепые грязевые вулканы Черного моря. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2020,16(2):49–65. <https://doi.org/10.15407/gpimo2020.02.049>
38. Назаров Н.О. Назаров Н.О. *Грязевые вулканы Кеймир-Чикишлярского района юго-западного Туркменистана*. Ашхабад: АН ТССР, 1957, 117 с.
39. Aliyev Ad.A., Guliyev I.S., Dadashov F.H., Rahmanov R.R. *Atlas of world mud volcanoes*. Baku: Nafta-Press, 2015, 321 p.
40. Лимонов А.Ф. Грязевые вулканы. *Соросовский образовательный журнал*. 2004,8(1):63–69.
41. Холодов В.Н. Грязевые вулканы: закономерности размещения и генезис. Сообщение 1. Грязевулканические провинции и морфология грязевых вулканов. *Литология и полезные ископаемые*. 2002,3:227–241.
42. Mascle J., Mary F., Praeg D., Brosolo L., Camera L., Ceramicola S., Dupré S. Distribution and geological control of mud volcanoes and other fluid/free gas seepage features in the Mediterranean Sea and nearby Gulf of Cadiz. *Geo-Marine Letters*. 2014,34(2–3):89–110. <https://doi.org/10.1007/s00367-014-0356-4>
43. Bonini M. Mud volcanoes: Indicators of stress orientation and tectonic controls. *Earth-Science Reviews*. 2012,115:121–152. <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2012.09.002>
44. Feyzullayev A.A. Mud volcanoes in the South Caspian basin: Nature and estimated depth of its products. *Natural Science*. 2012,4(7):445–453. <http://dx.doi.org/10.4236/ns.2012.47060>
45. Huseynov D.A., Guliyev I.S. Mud volcanic natural phenomena in the South Caspian Basin: geology, fluid dynamics and environmental impact. *Environmental Geology*. 2004,46:1012–1023. <https://doi.org/10.1007/s00254-004-1088-y>
46. Kopf A., Deyhle A., Lavrushin V.Y., Polyak B.G., Gieskes J.M., Buachidze G.I., Wallmann K., Eisenhauer A. Isotopic evidence (He, B, C) for deep fluid and mud mobilization from mud volcanoes in the Caucasus continental collision zone. *International Journal of Earth Sciences*. 2003,92:407–425. <https://doi.org/10.1007/s00531-003-0326-y>
47. Vanneste H., Kelly-Gerrey B.A., Connelly D.P., James R.H., Haecel M., Fisher R.E., Heeschen K., Mills R.A. Spatial variation in fluid flow and geochemical fluxes across the sediment–seawater interface at the Carlos Ribeiro mud volcano (Gulf of Cadiz). *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2011,75:1124–1144. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2010.11.017>
48. Ершов В.В., Собисевич А.Л., Пузич И.Н. Глубинное строение грязевых вулканов Тамани по данным натурных исследований и математического моделирования. *Геофизические исследования*. 2015,16(2):69–76. EDN: [TVTUBJ](https://doi.org/10.1016/j.gca.2010.11.017)
49. Собисевич А.Л., Горбатилов А.В., Овсяченко А.Н. Глубинное строение грязевого вулкана горы Карабетова. *Доклады Академии наук*. 2008,422(4):542–546.
50. Собисевич А.Л., Собисевич Л.Е., Тверитинова Т.Ю. О грязевом вулканизме в позднеальпийском складчатом сооружении Северо-Западного Кавказа (на примере изучения глубинного строения грязевого вулкана Шуго). *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2014,2(36):80–93.
51. Шнюков Е.Ф., Алиев Ад.А., Рахманов Р.Р. Грязевой вулканизм Средиземного, Черного и Каспийского морей: специфика развития и проявления. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2017,2(48):5–25. EDN: [ZJSTKD](https://doi.org/10.1016/j.gca.2010.11.017)
52. Шнюков Е.Ф., Нетребская Е.Я. О глубинном строении эруптивного канала грязевых вулканов. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2016,4(46):54–66. EDN: [XSBZAR](https://doi.org/10.1016/j.gca.2010.11.017)
53. Stadnitskaia A., Blinova V., Ivanov M.K., Baas M., Hopmans E., van Weering T.C.E., Sinninghe Damste J.S. Lipid biomarkers in sediments of mud volcanoes from the Sorokin Trough, NE Black Sea: Probable source strata for the erupted material. *Organic Geochemistry*. 2007,38(1):67–83. <https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2006.08.012>
54. Hensen C., Nuzzo M., Hornibrook E., Pinheiro L.M., Bock B., Magalhaes V.H., Bruckmann W. Sources of mud volcano fluids in the Gulf of Cadiz – indications for hydrothermal imprint. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2007,71(5):1232–1248. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2006.11.022>
55. Лаврушин В.Ю., Kopf A., Deyhle A., Степанец М.И. Изотопы бора и формирование грязевулканических флюидов Тамани (Россия) и Кахетии (Грузия). *Литология и полезные ископаемые*. 2003,2:147–182. EDN: [ONUADJ](https://doi.org/10.1016/j.gca.2010.11.017)
56. Etiope G., Baciuc C.L., Schoell M. Extreme methane deuterium, nitrogen and helium enrichment in natural gas from the Homorod seep (Romania). *Chemical Geology*. 2011,280(1–2):89–96. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2010.10.019>
57. Etiope G., Feyzullayev A., Baciuc C.L. Terrestrial methane seeps and mud volcanoes: A global perspective of gas origin. *Marine and Petroleum Geology*. 2009,26(3):333–344. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2008.03.001>
58. Baciuc C., Caracausi A., Etiope G., Italiano F. Mud volcanoes and methane seeps in Romania: main features and gas flux. *Annals of Geophysics*. 2007,50(4):501–511. <https://doi.org/10.4401/ag-4435>
59. Leon R., Somoza L., Medialdea T., Hernandez-Molina F.J., Vazquez J.T., Diaz-del-Rio V., Gonzalez F.J. Pockmarks, collapses and blind valleys in the Gulf of Cádiz. *Geo-Marine Letters*. 2010,30(3–4):231–247. <https://doi.org/10.1007/s00367-009-0169-z>
60. Cartwright J., Kirkham C., Espinoza D.N., James D., Hodgson N. The evolution of depletion zones beneath mud

- volcanoes. *Marine and Petroleum Geology*. 2023,155(7):106351. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2023.106351>
61. Глазырин Е.А., Глазырина Н.В. Неоген-четвертичные карбонатные постройки и образования подводных газо-флюидных разгрузок Азово-Таманского региона. В кн.: *Геология рифов: Материалы Всерос. литологического совещ., 15–17 июня 2015 г., Сыктывкар*. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2015, с. 32–33. EDN: [XRASDX](#)
62. Hovland M., Curzi P. Gas seepage and assumed mud diapirism in the Italian Central Adriatic Sea. *Marine and Petroleum Geology*. 1989,6(2):161–169. [https://doi.org/10.1016/0264-8172\(89\)90019-6](https://doi.org/10.1016/0264-8172(89)90019-6)
63. Paull C.K., Dallimore S.R., Caress D.W., Gwiazda R., Melling H., Riedel M., Jin Y.K., Hong J.K., Kim Y.-G., et al. Active mud volcanoes on the continental slope of the Canadian Beaufort Sea. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. 2015,16(9):3160–3181. <https://doi.org/10.1002/2015GC005928>
64. Jiangxin C., Haibin S., Yongxian G., Shengxiong Y., Luis M.P., Yang B., Boran L., Minghui G. Morphologies, classification and genesis of pockmarks, mud volcanoes and associated fluid escape features in the northern Zhongjiannan basin, South China Sea. *Deep Sea Research. Pt II: Topical Studies in Oceanography*. 2015,122:106–117. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2015.11.007>
65. Шнюков Е.Ф., Иванченко В.В., Пермьяков В.В. Акцессорная минерализация сопочной брекчии грязевых вулканов Черного моря. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2014,1(35):45–68. EDN: [SJTLHP](#)
66. Шнюков Е.Ф., Нетребская Е.Я. Глубинное геологическое строение грязевых вулканов Черного моря. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2014,2(36):66–79. EDN: [SJTLTX](#)
67. Гинсбург Г.Д., Кремлев А.Н., Григорьев М.Н., Ларкин Г.В., Павленкин А.Д., Салтыкова Н.А. Фильтрогенные газовые гидраты в Черном море (21-й рейс НИС «Евпатория»). *Геология и геофизика*. 1990,31(3):10–20.
68. Milkov A.V., Vogt P.R., Crane K., Lein A.Y., Sassen R., Cherkashev G.A. Geological, geochemical, and microbial processes at the hydrate-bearing Håkon Mosby mud volcano: a review. *Chemical Geology*. 2004,205(3-4):347–366. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2003.12.030>
69. Шнюков Е.Ф., Кобелев В.П. Грязевулканические залежи газогидратов метана в Черном море. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2018,1(51):5–34. EDN: [XOOQEP](#)
70. Shnyukov Y., Kobolev V., Yanko V. Mud-volcanic deposits of methane gas hydrates in the Black Sea. In: *Gas Hydrate Technologies: Global Trends, Challenges and Horizons – 2020: E3S Web of Conferences*. 2021,230(7):01005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123001005>
71. Lohr M., Pape T., Marcon Y., Römer M., Wintersteller P., Praeg D., Torres M., Sahling H., Bohrmann G. Mud extrusion and ring-fault gas seepage – upward branching fluid discharge at a deep-sea mud volcano. *Scientific Reports*. 2018,8(1):6275. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24689-1>
72. Шакиров Р.Б., Сырбу Н.С., Обжиров А.И. Изотопно-газогеохимические особенности распределения метана и углекислого газа на о. Сахалин и прилегающем шельфе Охотского моря. *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*. 2012,2(20):100–113. EDN: [PWRAPZ](#)
73. Ершов В.В. Грязевые вулканы на планете Земля. О книге «Атлас грязевых вулканов мира». *Геосистемы переходных зон*. 2018,2(4):419–421. <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2018.2.4.419-421>
74. Istadi B.P., Wibowo H.T., Sunardi E., Hadi S., Sawolo N. Mud volcano and its evolution. In: I.A. Dar (ed.). *Earth Sciences*. Publ.: InTechOpen, 2012, p. 375–434. <https://doi.org/10.5772/24944>
75. Mazzini A., Svensen H., Akhmanov G.G., Aloisi G., Planke S., Malthé-Sørenssen A., Istadi B. Triggering and dynamic evolution of the LUSI mud volcano, Indonesia. *Earth and Planetary Science Letters*. 2007,261(3-4):375–388. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2007.07.001>
76. Imposi S., Grassi S., De Guidi G., Battaglia F., Lanaia G., Scudero S. 3D subsoil model of the San Biagio ‘Salinelle’ mud volcanoes (Belpasso, Sicily) derived from geophysical surveys. *Surveys in Geophysics*. 2016,37(4):1117–1138. <https://doi.org/10.1007/s10712-016-9380-4>
77. Medialdea T., Somoza L., Pinheiro L.M., Fernandez-Puga M.C., Vazquez J.T., Lean R., Ivanov M.K., Magalhaes V., Diaz-del-Rio V., Vegas R. Tectonics and mud volcano development in the Gulf of Cadiz. *Marine Geology*. 2009,261(1):48–63. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2008.10.007>
78. Huguen C., Foucher J.P., Mascle J., Ondréas H., Thouement M., Gontharet S., Stadnitskaia A., Pierre C., Bayon G., et al. Menes caldera, a highly active site of brine seepage in the Eastern Mediterranean Sea: In situ observations from the NAUTINIL expedition (2003). *Marine Geology*. 2009,261(1-4):138–152. <http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2009.02.005>
79. Robertson A.H.F., Kopf A. Tectonic setting and processes of mud volcanism on the Mediterranean Ridge accretionary complex: evidence from Leg 160. In: Robertson A.H.F. et al. (eds.) *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*. 1998,160:665–680.
80. Юдин В.В. Грязевой вулканизм в Горном Крыму. *Доклады Академии наук*. 1995,341(3):395–398.
81. Huguen C., Mascle J., Woodside J., Zitter T., Foucher J.P. Mud volcanoes and mud domes of the Central Mediterranean Ridge: near-bottom and in situ observations. *Deep-Sea Research. Part I*. 2005,52:1911–1931. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2005.05.006>
82. Kioka A., Ashi J., Sakaguchi A., Sato T., Muraoka S., Yamaguchi A., Hamamoto H., Wang K., Tokuyama H. Possible mechanism of mud volcanism at the prism-backstop contact in the western Mediterranean Ridge accretionary complex. *Marine Geology*. 2015,363:52–64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2015.01.014>
83. Somoza L., Diaz-del-Rio V., Leon R., Ivanov M., Fernandez-Puga M.C., Gardner J.M., Hernandez-Molina F.J., Pinheiro L.M., Rodero J., et al. Seabed morphology and hydrocarbon seepage in the Gulf of Cadiz mud volcano area: acoustic imagery, multibeam and ultra-high resolution seismic data. *Marine Geology*. 2003,195(1-4):153–176. [https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(02\)00686-2](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(02)00686-2)
84. Шельтинг С.К., Шейков А.А., Прокопцева С.В. О механизмах формирования складчатости и грязевого вулканизма в прогибе Сорокина. *ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти*. 2023,8(3):62–72. <https://doi.org/10.51890/2587-7399-2023-8-3-62-72>
85. Reed D.L., Silver E.A., Tagudin J.E., Shipley T. H., Vrolijk P. Relations between mud volcanoes, thrust deformation, slope sedimentation, and gas hydrate, offshore north Panama. *Marine and Petroleum Geology*. 1990,7(1):44–54. doi:10.1016/0264-8172(90)90055-I
86. Ben-Avraham Z., Reshef M., Smith G. Seismic signature of gas hydrate and mud volcanoes of the South African continental margin. In: Martinelli G., Panahi B. (eds.) *Mud volcanoes, geodynamics and seismicity: NATO Science Series, Series IV: Earth and Environmental Series*. Dordrecht: Springer, 2005, 51, p. 17–27.
87. Argentino C., Mattingsdal R., Eidvin T., Ohm S.E., Panier G. A constellation of mud volcanoes originated from a buried Arctic mega-slide, Southwestern Barents Sea. *Scientific Reports*. 2025,15(1):15161. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-99578-5>

88. Riboulot V., Cattaneo A., Sultan N., Garziglia S., Ker S., Imbert P., Voisset M. Sea-level change and free gas occurrence influencing a submarine landslide and pockmark formation and distribution in deepwater Nigeria. *Earth and Planetary Science Letters*. 2013,375:78–91. <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2013.05.013>
89. Khlystov O.M., Poort J., Mazzini A., Akhmanov G.G., Minami H., Hachikubo A., Khabuev A.V., Kazakov A.V., De Batist M., et al. Shallow-rooted mud volcanism in Lake Baikal. *Marine and Petroleum Geology*. 2019,102:580–589. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2019.01.005>
90. Беляева А.А., Ахманов Г.Г., Корост С.Р., Хлыстов О.М. Состав и строение грязевулканических отложений грязевого вулкана Большой (озеро Байкал). В кн.: *Морские исследования и образование: (MARESEDU-2017): Труды VI Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 2017*. Тверь: ПолиПРЕСС, 2017, с. 292–293. EDN: [YPCYYK](https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2019.01.005)
91. Batist M.De, Rensbergen P.V., Vanneste M., Poort J., Klerkx J., Golmshtok A.Y., Kremlev A.N., Khlystov O.M., Krinitsky P. Active hydrate destabilization in Lake Baikal, Siberia? *Terra Nova*. 2002,14(6):436–442. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3121.2002.00449.x>
92. Rensbergen P.V., Batist M.De, Klerkx J., Hus R., Poort J., Vanneste M., Granin N., Khlystov O., Krinitsky P. Sublacustrine mud volcanoes and methane seeps caused by dissociation of gas hydrates in Lake Baikal. *Geology*. 2002,30:631–634. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(2002\)030<0631:SMVAMS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(2002)030<0631:SMVAMS>2.0.CO;2)
93. Богданов А.А., Видищева О.Н., Рязанцева К.Ю., Немченко Н.В., Ахманов Г.Г., Соловьева М.А. Результаты исследования углеводородных газов и органического вещества в донных отложениях грязевого вулкана «МГУ» в экспедиции Class@Baikal-2022. В кн.: *Морские исследования и образование (MARESEDU-2022): Труды XI Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 2022*. Тверь: ПолиПРЕСС, 2022, с. 171–174. EDN: [CDZFDW](https://doi.org/10.1130/0091-7613(2002)030<0631:SMVAMS>2.0.CO;2)
94. Пятилова А.М., Ахманов Г.Г., Соловьева М.А., Хлыстов О.М. Грязевые вулканы озера Байкал (по материалам Class@Baikal). В кн.: *Морские исследования и образование (MARESEDU-2022): Труды XI Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 2022*. Тверь: ПолиПРЕСС, 2022, с. 41–44. EDN: [AGPFWQ](https://doi.org/10.1130/0091-7613(2002)030<0631:SMVAMS>2.0.CO;2)
95. Xing Ju., Spiess V. Shallow gas transport and reservoirs in the vicinity of deeply rooted mud volcanoes in the central Black Sea. *Marine Geology*. 2015,369:67–78. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2015.08.005>
96. Ivanov M., Mazzini A., Blinova V., Kozlova E., Laberg J.-S., Matveeva T., Taviani M., Kaskov N. Seep mounds on the Southern Vøring Plateau (offshore Norway). *Marine and Petroleum Geology*. 2010,27(6):1235–1261. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2009.11.009>
97. Fryer P., Wheat C.G., Mottl M.J. Mariana blueschist mud volcanism: implications for conditions within the subduction zone. *Geology*. 1999,27(2):103–106. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1999\)027<0103:MBMVIF>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1999)027<0103:MBMVIF>2.3.CO;2)
98. Fryer P. Serpentinite mud volcanism: Observations, processes, and implications. *Annual Review of Marine Science*. 2012,4(1):345–373. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-120710-100922>
99. Savov I.P., Ryan J.G., D'Antonio M., Fryer P. Shallow slab fluid release across and along the Mariana arc-basin system: insights from geochemistry of serpentinized peridotites from the Mariana fore arc. *Journal of Geophysical Research*. 2007,112(B9):B09205. <https://doi.org/10.1029/2006JB004749>
100. Wheat C.G., Fryer P., Fisher A.T., Hulme S., Jannasch H., Mottl M.J., Becker K. Borehole observations of fluid flow from South Chamorro Seamount, an active serpentinite mud volcano in the Mariana forearc. *Earth and Planetary Science Letters*. 2008,267(3):401–409. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2007.11.057>
101. Napoli S., Spatola D., Casalbore D., Lombardo L., Tanyas H., Chiocci F.L. Comprehensive global inventory of submarine mud volcanoes. *Scientific Data*. 2025,12(1):382. <https://doi.org/10.1038/s41597-025-04726-1>
102. Богоявленский В.И., Богоявленский И.В., Кишанков А.В. Геофизические методы обеспечения технологического суверенитета и национальной безопасности России в Арктике. *Вестник РАН*. 2024,94(10):896–914. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0869587324100055>; <https://elibrary.ru/ervsfе>
103. Миронюк С.Г., Колубакин А.А., Голенок О.А., Росляков А.Г., Терехина Я.Е., Токарев М.Ю. Грязевулканические структуры (вулканоиды) Карского моря: морфологические особенности и строение. В кн.: *Геология морей и океанов: Материалы XXII Междунар. науч. конф. (Школы) по морской геологии*. М.: ИО РАН, 2019, т. 5, с. 192–196. <https://doi.org/10.29006/978-5-9901449-9-6.ICMG-2019-5>
104. Богоявленский В.И. Фундаментальные аспекты генезиса катастрофических выбросов газа и образования гигантских кратеров в Арктике. *Арктика: экология и экономика*. 2021,11(1):51–66. <https://doi.org/10.25283/2223-4594-2021-1-51-66>
105. Богоявленский В.И., Богоявленский И.В., Кишанков А.В., Казанин А.Г. Новая информация о субаквальной мерзлоте, газогидратах и взрывной дегазации Земли на шельфе и суше Арктики. В кн.: *Геология морей и океанов: Материалы XXVI Междунар. науч. конф. (Школы) по морской геологии*. М.: ИО РАН, 2025, т. 1, с. 47–51. <https://doi.org/10.29006/978-5-6051054-7-3>
106. Andreassen K., Hubbard A., Winsborrow M., Patton H., Vadakkepuliambatta S., Plaza-Faverola A., Gudlaugsson E., Serov P., Deryabin A., et al. Massive blow-out craters formed by hydrate-controlled methane expulsion from the Arctic seafloor. *Science*. 2017,356(6341):948–953. <https://doi.org/10.1126/science.aal4500>
107. Solheim A., Elverhoi A. Gas-related sea floor craters in the Barents Sea. *Geo-Marine Letters*. 1993,13(4):235–243. <https://doi.org/10.1007/bf01207753>
108. Waage M., Serov P., Andreassen K., Waghorn K.A., Bünz S. Geological controls of giant crater development on the Arctic seafloor. *Scientific Reports*. 2020,10(1):8450. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65018-9>
109. Somoza L., Leon R., Medialdea T., Perez L.F., Gonzalez F.J., Maldonado A. Seafloor mounds, craters and depressions linked to seismic chimneys breaching fossilized diagenetic bottom simulating reflectors in the central and southern Scotia Sea, Antarctica. *Global and Planetary Change*. 2014,123:359–373. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2014.08.004>
110. Hensen C., Scholz F., Nuzzo M., Valadares V., Gràcia E., Terrinha P., Liebetrau V., Kaul N., Silva S., et al. Strike-slip faults mediate the rise of crustal-derived fluids and mud volcanism in the deep sea. *Geology*. 2015,43(4):339–342. <https://doi.org/10.1130/G36359.1>
111. Ломтев В.Л., Ильев А.Я., Гуринов М.Г. Новые данные о строении Магеллановых гор (Восточно-Марианская котловина, ЮЗ Пацифика). *Литосфера*. 2007,6:125–136. EDN: [JVVYRNZ](https://doi.org/10.1130/G36359.1)
112. Татаринов А.В., Яловик Л.И., Канакин С.В. Особенности формирования и минеральные ассоциации литокомплексов грязевых вулканов на юге Восточной Сибири. *Вулканология и сейсмология*. 2016,4:34–49. <https://doi.org/10.7868/S0203030616030056>
113. Panieri G., Argentino C., Savini A., Ferré B., Hemmateenejad F., Eilertsen M.H., Mattingsdal R., Ramalho S.P., Eidvin T., et al. Sanctuary for vulnerable Arctic species at the Borealis Mud Volcano. *Nature Communications*. 2025,16(1):1–11. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-55712-x>