

Гидрогеохимическая характеристика проявлений грязевого вулканизма на острове Сахалин

О. А. Никитенко*
В. В. Ершов

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН,
Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: nikitenko.olga@list.ru

Резюме [Abstract ENG](#)

На о. Сахалин традиционно выделяют четыре участка проявлений грязевого вулканизма, на каждом из которых имеется один или более эруптивных выходов различной морфологии. В данной работе рассмотрены результаты исследования региональных особенностей химического и изотопного ($\delta^{18}\text{O}$ и δD) состава подземных вод, разгружающихся из всех известных здесь грязевых вулканов. На основе совокупного анализа современных и литературных данных установлено, что исследуемые воды неоднородны по своим геохимическим показателям. Наиболее существенно эта неоднородность проявляется для общей минерализации, средний показатель которой в водах разных грязевулканических проявлений варьирует от 0.1 до 22.5 г/л. Грязевулканические воды в регионе представлены также разными гидрохимическими типами, но наиболее распространены воды $\text{HCO}_3\text{--Cl--Na}$ состава. Изотопные характеристики свидетельствуют о том, что воды Южно-Сахалинского, Пугачевского и Восточного грязевых вулканов формируются в результате смешения исходных седиментационно-погребенных морских вод с метеорными и дегидратационными водами. Одним из ведущих факторов метаморфизации этих вод является поступление больших количеств CO_2 в подводящие каналы грязевых вулканов, что способствует более интенсивному выщелачиванию алюмосиликатных водовмещающих пород и повышению содержания Na^+ и Mg^{2+} в грязевулканических водах. По совокупности геолого-геохимических данных сделано предположение о том, что воды Дагинского и Лесновского грязевулканических проявлений не относятся к зрелым подземным водам глубинной циркуляции и в целом не являются типичными для грязевых вулканов. Температуры формирования вод Южно-Сахалинского, Пугачевского и Восточного грязевых вулканов, рассчитанные по Mg--Li гидрохимическому геотермометру, варьируют от 51 до 105 °С, что соответствует интервалу глубин от 1.3 до 2.6 км. Температуры формирования вод Дагинских термоминеральных источников, рассчитанные по K--Mg геотермометру, составляют в среднем 70 °С, что соответствует залеганию водоносного пласта, питающего данную флюидную систему, на глубине 2.1 км.

Ключевые слова

грязевые вулканы, подземные воды, химический состав, стабильные изотопы, взаимодействие вода–порода–газ, Сахалин

Для цитирования: Никитенко О.А., Ершов В.В. Гидрогеохимическая характеристика проявлений грязевого вулканизма на острове Сахалин. *Геосистемы переходных зон*, 2020, т. 4, № 3, с. 321–350.

<https://doi.org/10.30730/gtrz.2020.4.3.321-335.336-350>

Список литературы

1. Алиев Ад.А., Гулиев И.С., Дадашев Ф.Г., Рахманов Р.Р. **2015**. *Атлас грязевых вулканов мира*. Баку: Nafta-Press, 322 с.
2. Веселов О.В., Соинов В.В. **1997**. Тепловой поток Сахалина и Южных Курильских островов. В кн.: *Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией*. Т. 4. *Структура и вещественный состав осадочного чехла северо-запада Тихого океана*. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 153–176.
3. *Геология СССР*. Т. 32. *Остров Сахалин. Геологическое описание*. **1970**. М.: Недра, 432 с.
4. *Гидрогеология СССР*. Т. 34. *Остров Сахалин*. **1972**. М.: Недра, 344 с.
5. Драйвер Дж. **1985**. *Геохимия природных вод*: пер. с англ. М.: Мир, 440 с.
6. Ершов В.В. **2017**. Особенности вещественного состава продуктов деятельности Пугачевского грязевого вулкана (о-в Сахалин). В кн.: *Строение литосферы и геодинамика: Материалы XXVII Всерос. молодеж. конф. с участием исследователей из других стран, 22–28 мая 2017, Иркутск*. Иркутск: Ин-т земной коры СО РАН, 88–89.
7. Ершов В.В. **2018**. Изотопный и химический состав вод грязевого вулкана Восточный (о. Сахалин). В кн.: *Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: Материалы третьей Всерос. науч. конф. с междунар. участием, 20–25 авг. 2018, Чита*. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 284–287.
8. Ершов В.В., Бондаренко Д.Д. **2020**. Характеристика изотопного и химического состава газов, выбрасываемых грязевыми вулканами из разных регионов мира. *Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геохронология*, 3: 23–35. <http://dx.doi.org/10.31857/S0869780920030029>
9. Ершов В.В., Мельников О.А. **2007**. О необычном извержении Главного Пугачевского газодолитокластитового («грязевого») вулкана на Сахалине зимой 2005 г. *Тихоокеанская геология*, 26(4): 69–74.
10. Ершов В.В., Никитенко О.А. **2017**. Изотопный и химический состав вод Южно-Сахалинского грязевого вулкана (по результатам опробования 2009 и 2010 гг.). *Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки*, 4–1: 110–120. <https://doi.org/10.23683/0321-3005-2017-4-1-110-120>
11. Жарков Р.В. **2008**. Дагинское месторождение термоминеральных вод на севере о. Сахалин. В кн.: *Природные катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз: Сб. материалов II Сахалинской молодеж. науч. школы, 4–10 июня 2007, Южно-Сахалинск*. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 285–290.
12. Жарков Р.В. **2018**. Современные физико-химические особенности термоминеральных вод Дагинского месторождения (о. Сахалин). *Мониторинг. Наука и технологии*, 4(37): 35–40. <https://doi.org/10.25714/MNT.2018.37.004>
13. Ильев А.Я., Сапрыгин С.М., Сырык И.М. **1970**. Извержение Пугачевского грязевого вулкана в 1967 г. *Известия Сахалинского отдела Географического общества СССР*, 1: 92–99.
14. Каменев П.А., Заболотин А.Е., Дегтярев В.А., Жердева О.А. **2019**. Разработка геомеханической модели активного разлома южного Сахалина. *Геосистемы переходных зон*, 3(3): 287–295. <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2019.3.3.287-295>
15. Лаврушин В.Ю., Гулиев И.С., Киквадзе О.Е., Алиев Ад.А., Покровский Б.Г., Поляк Б.Г. **2015**. Воды грязевых вулканов Азербайджана: изотопно-химические особенности и условия формирования. *Литология и полезные ископаемые*, 1: 3–29. <https://doi.org/10.1134/S0024490215010034>
16. Лагунова И.А., Гемп С.Д. **1978**. Гидрогеохимические особенности грязевых вулканов. *Советская геология*, 8: 108–124.
17. Мельников О.А., Ершов В.В. **2010**. Грязевой (газодолитокластитовый) вулканизм острова Сахалин: история, результаты и перспективы исследований. *Вестник ДВО РАН*, 6: 87–93.
18. Мельников О.А., Ильев А.Я. **1989**. О новых проявлениях грязевого вулканизма на Сахалине. *Тихоокеанская геология*, 3: 42–49.
19. Мельников О.А., Ершов В.В., Ким Чун Ун, Сен Рак Се. **2008**. О динамике грифонной деятельности газодолитокластитовых («грязевых») вулканов и ее связи с естественной сейсмичностью на примере Южно-Сахалинского вулкана (о. Сахалин). *Тихоокеанская геология*, 27(5): 25–41.
20. Никитенко О.А. **2019**. Карбонатная система грязевулканических вод на примере Южно-Сахалинского грязевого вулкана. В кн.: *Строение литосферы и геодинамика: Материалы XXVIII Всерос. молодеж. конф., 8–14 апреля 2019, Иркутск*. Иркутск: ИЗК СО РАН, 119–120.
21. Никитенко О.А., Ершов В.В. **2017**. Глобальные закономерности формирования изотопного состава ($\delta^{18}\text{O}$, δD) грязевулканических вод. *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, 34(2), 49–60.
22. Никитенко О.А., Ершов В.В., Левин Б.В. **2017**. Первый опыт выделения гидрогеохимических индикаторов грязевулканической активности. *Доклады Академии наук*, 477(5): 586–589. <https://doi.org/10.1134/S1028334X17120170>
23. Никитенко О.А., Ершов В.В., Перстнева Ю.А., Бондаренко Д.Д., Балогланов Э.Э., Аббасов О.Р. **2018**. Вещественный состав продуктов деятельности грязевых вулканов Сахалина и Азербайджана:

- сравнительный анализ. *Геосистемы переходных зон*, 2(3): 346–358. <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2018.2.4.346-358>
24. Сахаров В.А., Ильин В.В., Морозова О.А., Выпряткин Е.Н., И Кен Хи, Гоголева И.В. **2020**. Дагинское месторождение термальных минеральных вод. Условия формирования, современное состояние, перспективы использования (Сахалинская область). *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*, 331(1): 13–26. <https://doi.org/10.18799/24131830/2020/1/2443>
 25. Сырык И.М. **1968**. *Нефтегазоносность восточных склонов Западно-Сахалинских гор*. М.: Наука, 248 с.
 26. Сорочинская А.В., Шакиров Р.Б., Обжиров А.И., Зарубина Н.В., Карабцов А.А. **2008**. Геохимические и минералогические особенности грязевых вулканов о-ва Сахалин. *Вестник ДВО РАН*, 4: 58–65.
 27. Цитенко Н.Д. **1961a**. Грязевые вулканы в Дагинском районе о. Сахалина. *Труды ВНИГРИ*, 181: 171–175.
 28. Цитенко Н.Д. **1961b**. Воды Дагинских горячих ключей на о. Сахалине (к вопросу о формировании химического состава хлоркальциевых вод). *Труды ВНИГРИ*, 181: 203–212.
 29. Челноков Г.А., Жарков Р.В., Брагин И.В., Веселов О.В., Харитонов Н.А., Шакиров Р.Б. **2015**. Геохимические характеристики подземных флюидов южной части Центрально-Сахалинского разлома. *Тихоокеанская геология*, 34(5): 81–95.
 30. Чернышевская З.А. **1958**. О грязевых вулканах в южной части Сахалина. *Труды СахКНИИ СО АН СССР*, 6: 118–130.
 31. Шакиров Р.Б., Сырбу Н.С., Обжиров А.И. **2012**. Изотопно-геохимические особенности распределения метана и углекислого газа на о. Сахалин и прилегающем шельфе Охотского моря. *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, 2(20): 100–113.
 32. Шварцев С.Л. **1996**. *Общая гидрогеология*. М.: Недра, 423 с.
 33. Шилов В.Н., Захарова М.А., Ильев А.Я., Подзоров А.В. **1961**. Извержение Южно-Сахалинского грязевого вулкана весной 1959 г. *Труды СахКНИИ СО АН СССР*, 10: 83–99.
 34. Штейн М.А. **1962**. Определение параметров и глубин залегания термальных подземных вод. *Труды СахКНИИ*, 12: 162–165.
 35. Giggenbach W.F. **1988**. Geothermal solute equilibria. Derivation of Na-K-Mg-Ca geothermometers. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 52(12): 2749–2765. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(88\)90143-3](https://doi.org/10.1016/0016-7037(88)90143-3)
 36. Hensen C., Wallmann K., Schmidt M., Ranero C.R., Suess E. **2004**. Fluid expulsion related to mud extrusion off Costa Rica – A window to the subducting slab. *Geology*, 32(3): 201–204.
 37. Kharaka Y.K., Mariner R.H. **1989**. Chemical geothermometers and their application to formation waters from sedimentary basins. In: *Thermal History of Sedimentary Basins, Methods and Case Histories*. New York, Springer, 99–117. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3492-0_6
 38. Liu C.C., Jean J.S., Nath B., Lee M.K., Hor L.I., Lin K.H., Maity J.P. **2009**. Geochemical characteristics of the fluids and muds from two southern Taiwan mud volcanoes: Implications for water sediment interaction and groundwater arsenic enrichment. *Applied Geochemistry*, 24(9):1793–1802. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2009.06.002>
 39. Mazzini A., Etiope G. **2017**. Mud volcanism: An updated review. *Earth-Science Reviews*, 168: 81–112. <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.03.001>
 40. Ray S.J., Kumar A., Sudheer A.K., Deshpande R.D., Rao D.K., Patil D.J., Awasthi N., Bhutani R., Bhushan R., Dayal A.M. **2013**. Origin of gases and water in mud volcanoes of Andaman accretionary prism: implications for fluid migration in forearcs. *Chemical Geology*, 347: 102–113.
 41. Sokol E.V., Kokh S.N., Kozmenko O.A., Lavrushin V.Yu., Belogub E.V., Khvorov P.V., Kikvadze O.E. **2019**. Boron in an onshore mud volcanic environment: Case study from the Kerch Peninsula, the Caucasus continental collision zone. *Chemical Geology*, 525: 58–81. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2019.07.018>