

Эллиптические пресноводные диатомовые водоросли семейства Aulacoseiraceae Crawford в раннем миоцене Южного Приморья

Elliptical freshwater diatoms of the Aulacoseiraceae Crawford family in the early miocene of Southern Primorye

Авраменко А.С.

Aleksandra S. Avramenko

ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН (Владивосток, Россия)

Детальное изучение раннемиоценовой диатомовой флоры Южного Приморья с помощью световой и сканирующей электронной микроскопии позволило обнаружить два вида из семейства Aulacoseiraceae, имеющих эллиптическую форму, являющиеся новыми для этого региона: *Alveolophora hachiyaensis* (Tanaka) Houk, Klee et Tanaka и *Aulacoseira elliptica* Tsoy. Полученные данные позволяют расширить таксономический состав диатомовой флоры и дополнить список стратиграфически важных таксонов раннемиоценовой эпохи Южного Приморья.

Ключевые слова: диатомеи; Aulacoseiraceae; ранний миоцен; Южное Приморье

Представители центрического семейства Aulacoseiraceae играли значительную роль в формировании диатомовой пресноводной флоры в миоценовое время (23,03-5,33 млн лет назад) в Южном Приморье (Likhacheva et al., 2021). В настоящее время, в семейство входит восемь родов (Guiry, Guiry, 2025), из них в миоцене в Приморье встречались два: *Aulacoseira* Thwaites и *Alveolophora* Moisseeva et Nevretdinova. Таксоны рода *Aulacoseira* из группы «prae» с окремнёнными створками являлись доминантами и обладали значительной внутривидовой морфологической вариабельностью (Likhacheva et al., 2021). Тогда как вымершие *Alveolophora* хотя и были представлены незначительным количеством, обладали относительно высокой скоростью видообразования (Авраменко, Черепанова, 2024). Это позволило им стать руководящими ископаемыми таксонами для биостратиграфии неогена (23,03–2,58 млн лет назад) региона. Представители этих двух родов являются важнейшими для понимания эволюции диатомовой флоры Приморья. Этапность их развития положена в основу диатомовой зональной стратиграфии неогена (Моисеева, 1995; Пушкарь и др., 2024).

Для раннемиоценового этапа Восточной Азии считаются характерными центрические диатомовые водоросли, имеющие эллиптическую форму. В Японском море в континентальных отложениях возвышенности Ямато встречены *Aulacoseira ovata*, *A. elliptica* Tsoy (Usoltseva, Tsoy, 2010), плато Уллын – *A. elliptica*, *A. iwakiensis*,

A. hachiyaensis (Tsoy, Usoltseva, 2016); в Японии – *A. iwakiensis* Tanaka (Tanaka, Naguno, 2011), *A. hachiyaensis* Tanaka (позднее переведённый в другой род – *Alveolophora hachiyaensis* (Tanaka) Houk, Klee et Tanaka (Houk et al., 2017)), для Приморье отмечается *A. ovata* Usoltseva et Tsoy (Лихачева, 2015).

Материалом для настоящего исследования послужили образцы, отобранные вблизи г. Синий Утес (Хасанский район, Юго-Западное Приморье) из туфоалевролитов нижней толщи синеутесовской свиты, любезно предоставленные автору Б.И. Павлюткиным и И.Ю. Чекрыжовым (ДВГИ ДВО РАН). Возраст свиты по палеоботаническим данным – нижний миоцен (Павлюткин, Петренко, 2010), что подтверждается по U-Pb датированию цирконов – 18–25 млн лет назад (Nechaev et al., 2022). Изучение створок диатомей осуществлялось с помощью светового микроскопа (СМ) Axioskop 40 Carl Zeiss и сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) Carl Zeiss Merlin в Центре коллективного пользования «Биотехнология и генетическая инженерия» ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН.

Детальные морфологические исследования с помощью сканирующей электронной микроскопии позволили установить присутствие в нижнемиоценовых отложениях синеутесовской свиты двух видов *Alveolophora hachiyaensis* и *A. elliptica* (рис. 1), ранее не отмечаемых для Приморья. Сравнительный анализ морфологических параметров синеутесовского таксона с литературными данными весьма сходного вида *A. ovata* (Usoltseva, Tsoy, 2010) позволили установить, что в отложениях синеутесовской свиты встречается *A. elliptica*.

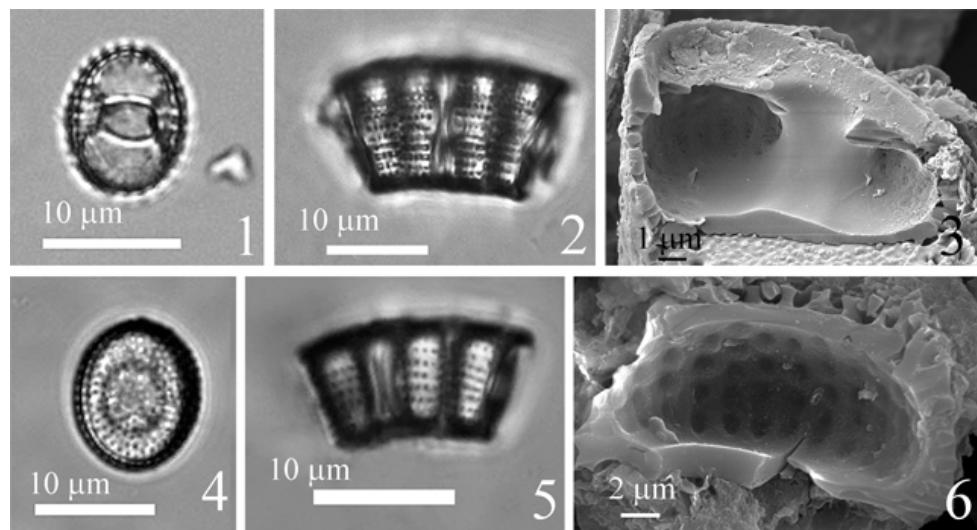


Рис. 1. Эллиптические пресноводные диатомовые водоросли семейства Aulacoseiraceae Crawford в раннем миоцене Южного Приморья: 1–3 – *Alveolophora hachiyaensis* (Tanaka) Houk, Klee et Tanaka, 4–6 – *Aulacoseira elliptica* Tsoy. 1, 2, 4, 5 – СМ; 3, 6 – СЭМ.

Fig. 1. Elliptical freshwater diatom Aulacoseiraceae Crawford in the Early Miocene from South Primorye: 1–3 – *Alveolophora hachiyaensis* (Tanaka) Houk, Klee et Tanaka, 4–6 – *Aulacoseira elliptica* Tsoy. 1, 2, 4, 5 – LM; 3, 6 – SEM.

Активное развитие овальных диатомей можно считать стратиграфическим признаком раннемиоценовых отложений, так как в более молодых отложениях на тихоокеанском побережье представителей семейства Aulacoseiraceae с овальными створками пока не обнаружено. В более молодых, среднемиоценовых отложениях овальная *Aulacoseira capitalina* Titova, Hassan, Usoltseva встречена лишь в Баргузинской впадине, расположенной в южной части Восточной Сибири (Titova et al., 2022).

Таким образом, установленные *Alveolophora hachiyaensis* и *A. elliptica* расширяют таксономический состав раннемиоценовой диатомовой флоры Южного Приморья и

дополняют характеристику соответствующего зонального диатомовой комплекса, что позволит осуществлять более объективную корреляцию с одновозрастными отложениями Восточной Азии.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 124012200182-1).

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Список литературы

1. Авраменко А.С., Черепанова М.В. Виды рода *Alveolophora* (Aulacoseiraceae) в неогеновой диатомовой флоре Южного Приморья // Биота и среда природных территорий. 2023. Т.11, №3. С. 5–19. DOI: https://doi.org/10.25221/2782-1978_2023_3_1.
2. Авраменко А.С., Пушкарь В.С. Изменение климата в Южном Приморье на границе плиоцен-плейстоцена как важнейшего стратиграфического рубежа позднего кайнозоя // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2024. № 3. С. 8–18. DOI: 10.34078/1814-0998-2024-3-8-18.
3. Лихачева О.Ю. Диатомеи рода *Aulacoseira* из отложений синеутесовской свиты Приморья (нижний миоцен) // Вопросы современной альгологии. 2015. № 3 (10). URL: <http://algology.ru/821> (дата обращения: 26.05.2025)
4. Моисеева А.И. Расчленение континентальных отложений неогена Дальнего Востока по диатомеям // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 1995. Т.3, №5. С. 92–103.
5. Павлюткин Б.И., Петренко Т.И. Стратиграфия палеоген-неогеновых отложений Приморья. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – 164 с.
6. Пушкарь В.С., Авраменко А.С., Черепанова М.В., Лихачева О.Ю. Усовершенствование зональной диатомовой шкалы неогена Приморья (Россия) // Тихоокеанская геология. 2024. Т.43, №5. С. 5–21. DOI: 10.30911/0207-4028-2024-43-5-5-21.
7. Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. 2025. <http://www.algaebase.org> (дата обращения: 26.05.2025).
8. Houk V., Klee R., Tanaka H. Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions. Second emended edition of Part I and II. Melosiraceae, Liparogyraceae, Paraliaceae and Aulacoseiraceae // Fottea. 2017. 17 (Supplement). P. 1–616.
9. Likhacheva O. Yu., Avramenko A.S., Usoltseva M.V., Pushkar V.S. Freshwater centric diatoms from Middle Miocene deposits of the Khanka Depression, Primorye Territory (Far East of Russia) // Botanica Pacifica. 2021. V.10, № 2. P. 3–19.
10. Nechaev V.P., Dai S., Chekryzhov I.Yu., Tarasenko I.A., Zin'kov A.V., Moore T.A. Origin of the tuff parting and associated enrichments of Zr, REY, redox-sensitive and other elements in the Early Miocene coal of the Siniy Utyes Basin, southwestern Primorye, Russia // International Journal of Coal Geology. 2022. V.250. ID 103913. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.coal.2021.103913>
11. Tanaka H., Nagumo T. *Aulacoseira iwakiensis* sp. nov., a new elliptical *Aulacoseira* species, from an Early Miocene sediment, Japan // Diatom. 2011. V.27. P. 1–8.
12. Titova L.A., Hassan A.I., Usoltseva M.V. *Aulacoseira capitalina* sp. nov. (Bacillariophyta) from the Middle Miocene sediments of the Barguzin Valley, Baikal Rift Zone (Russia) // Acta Biologica Sibirica. 2022. V.8. P. 571–582. DOI: 10.14258/abs.v8.e35
13. Tsoy I.B., Usoltseva M.V. Miocene freshwater diatoms from the eastern slope of the submarine *Ulleung* plateau (Krishtofovich Rise) in the Sea of Japan // Stratigraphy and geological correlation. 2016. V.24, №3. P. 276–293. DOI: 10.1134/S0869593816020064
14. Usoltseva M.V., Tsoy I.B. Elliptical species of the freshwater genus *Aulacoseira* in Miocene sediments from Yamato Rise (Sea of Japan) // Diatom Research. 2010. V.25, №2. P. 397–415. DOI: 10.1080/0269249X.2010.9705859
15. Wang, P., Zhao Q., Jian Z., Cheng X., Huang W., Nian J., Wang J., Li Q., Li B., Sun X. Thirty-million-year deep-sea records in the South China Sea // Chinese Science Bulletin. 2003. V.48, №23. P. 2524–2535.

Статья поступила в редакцию 18.06.2025; поступила после доработки 22.08.2025; принята к публикации 28.08.2025

Сведения об авторе

Авраменко Александра Сергеевна – к.г.-м.н., н.с., ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Россия, Владивосток (Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch, RAS, Russia, Vladivostok); avramenko@biosoil.ru; ORCID – <https://orcid.org/0009-0009-3837-743X>; SPIN-код 6658-4620.

Корреспондентский адрес: Россия, 690022, Владивосток, пр-т 100-летия Владивостока, д. 159, ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, тел. (423) 2-310-410.

Elliptical freshwater diatoms of the Aulacoseiraceae Crawford family in the early miocene of Southern Primorye

Aleksandra S. Avramenko

FSC of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch, RAS (Russia, Vladivostok)

Using light and scanning electron microscope observations of Early Miocene diatom flora from South Primorye has revealed two species *Alveolophora hachiyensis* (Tanaka) Houk, Klee et Tanaka and *Aulacoseira elliptica* Tsos (Aulacoseiraceae) with elliptical valve faces, which are new for this region. New data expand the list of stratigraphically important taxa of the Early Miocene from Southern Primorye.

Key words: Diatoms; Aulacoseiraceae; Early Miocene; South Primorye

References

1. Avramenko A.S., Cherepanova M.V. The species of Alveolophora (Aulacoseiraceae) in the Neogene diatom flora of Southern Primorsky Krai. *Biota and environment of natural areas*. 2023. T.11, №3. C. 5–19. DOI: https://doi.org/10.25221/2782-1978_2023_3_1 (In Russ.)
2. Avramenko A.S., Pushkar V.S. Climate Changes in Southern Primorye at the Pliocene-Pleistocene Border as the Most Important Stratigraphic Boundary of the Late Cenozoic. *Bulletin of the North-East Science Center*. 2024. № 3. C. 8–18. DOI: 10.34078/1814-0998-2024-3-8-18 (In Russ.)
3. Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. 2025. <http://www.algaebase.org> (date: 26.05.2025).
4. Houk V., Klee R., Tanaka, H. Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions. Second emended edition of Part I and II. Melosiraceae, Liparogyraceae, Paraliaceae and Aulacoseiraceae. *Fottea*. 2017. 17 (Supplement). P. 1–616.
5. Likhacheva O.Yu. The diatoms of the genus *Aulacoseira* from the Sineutesovskaya suite deposits (Primorye, Lower Miocene). *Issues of modern algology*. 2015. № 3 (10). URL: <http://algology.ru/821> (date: 26.05.2025)
6. Likhacheva O. Yu., Avramenko A.S., Usoltseva M.V. and Pushkar V.S. Freshwater centric diatoms from Middle Miocene deposits of the Khanka Depression, Primorye Territory (Far East of Russia). *Botanica Pacifica*. 2021. V.10, №2. P. 3–19.
7. Moiseeva A.I. Dissection of continental deposits of the Neogene of the Far East by diatoms. Stratigraphy. *Geological correlation*. 1995. V.3, №5. P. 92–103. (In Russ.)
8. Nechaev V.P., Dai S., Chekryzhov I.Yu., Tarasenko I.A., Zin'kov A.V., Moore T.A. Origin of the tuff parting and associated enrichments of Zr, REY, redox-sensitive and other elements in the Early Miocene coal of the Siniy Utyes Basin, southwestern Primorye, Russia. *International Journal of Coal Geology*. 2022. V.250. ID 103913. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.coal.2021.103913>
9. Pavlyutkin B.I., Petrenko T.I. Stratigraphy of Paleogene–Neogene sediments in Primorye. Dalnauka, Vladivostok, 2010. 164 p. (In Russ.)
10. Pushkar V.S., Avramenko A.S., Cherepanova M.V., Likhacheva O.Yu. Improvement to the Zonal Diatom Scale of the Neogene in Primorye (Russia). *RJ of Pacific Geology*. 2024. T.43, №5. C. 5–21. DOI: 10.30911/0207-4028-2024-43-5-5-21 (In Russ.)
11. Tanaka H., Nagumo T. *Aulacoseira iwakiensis* sp. nov., a new elliptical *Aulacoseira* species, from an Early Miocene sediment, Japan. *Diatom*. 2011. V.27. P. 1–8.
12. Titova L.A., Hassan A.I., Usoltseva M.V. *Aulacoseira capitalina* sp. nov. (Bacillariophyta) from the Middle Miocene sediments of the Barguzin Valley, Baikal Rift Zone (Russia). *Acta Biologica Sibirica*. 2022. V.8. P. 571–582. DOI: 10.14258/abs.v8.e35
13. Tsos I.B., Usoltseva M.V. Miocene freshwater diatoms from the eastern slope of the submarine Ulleung plateau (Krishtofovich Rise) in the Sea of Japan. *Stratigraphy and geological correlation*. 2016. V.24, №3. P. 276–293. DOI: 10.1134/S0869593816020064

14. Usoltseva M.V., Tsoy I.B. Elliptical species of the freshwater genus *Aulacoseira* in Miocene sediments from Yamato Rise (Sea of Japan). *Diatom Research*. 2010. V.25, №2. P. 397–415. DOI: 10.1080/0269249X.2010.9705859
15. Wang, P., Zhao Q., Jian Z., Cheng X., Huang W., Nian J., Wang J., Li Q., Li B., Sun X. Thirty-million-year deep-sea records in the South China Sea. *Chinese Science Bulletin*. 2003. V.48, №23. P. 2524–2535.

ССЫЛКА НА СТАТЬЮ:

Авраменко А.С. Эллиптические пресноводные диатомовые водоросли семейства *Aulacoseiraceae* Crawford в раннем миоцене Южного Приморья // Вопросы современной альгологии. 2025. № 1 (37). Р. 234–238. URL: <http://algology.ru/2199>

Avramenko A.S. Elliptical freshwater diatoms of the *Aulacoseiraceae* Crawford family in the early miocene of Southern Primorye. *Voprosy sovremennoi algologii (Issues of modern algology)*. 2025. № 1 (37). P. 234–238. URL: <http://algology.ru/2199>

DOI – [https://doi.org/10.33624/2311-0147-2025-1\(37\)-234-238](https://doi.org/10.33624/2311-0147-2025-1(37)-234-238); EDN – KAWUDT