

## Филогенетическая фитогеография семейства Cymodoceaceae

### Phylogenetic phytogeography of the family Cymodoceaceae

Юрманов А. А.<sup>1</sup>, Романов М. С.<sup>1</sup>, Бобров А. В.<sup>2</sup>

Iurmanov A. A.<sup>1</sup>, Romanov M. S.<sup>1</sup>, Bobrov A. V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН, г. Москва, Россия. E-mail: iurmanov-anton.ya.ru@yandex.ru, romanovmikhail@hotmail.com

<sup>1</sup> N. V. Tsitsin Main Botanical Garden, RAS, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия. E-mail: avfch\_bobrov@mail.ru

<sup>2</sup> M. V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

**Реферат.** Cymodoceaceae возникло в акваториях тропической части Восточной Гондваны. Эти «морские травы» расселялись по Мировому океану посредством различных трекков, важнейший из которых – вдоль южного побережья евразийских континентальных масс до акватории современной Атлантики. Сформировавшиеся в этих акваториях *Cymodocea* и *Syringodium* использовали для заселения Индийского океана и юго-западной Пацифики тот же трек в обратном направлении.

**Ключевые слова.** История распространения, кладистический анализ, молекулярные данные, морские травы, Cymodoceaceae.

**Summary.** The oldest representatives of Cymodoceaceae supposedly arose in the tropical waters of East Gondwana in Cretaceous and later settled along the World Ocean by various tracks, the most important of which passed along the southern coast of Eurasian continental masses and reached the waters of modern Atlantic. More advanced genera *Cymodocea*, *Syringodium* originated in these areas and moved “back” to the waters of the Indian Ocean and the southwestern Pacific.

**Key words.** Cladistics analysis, Cymodoceaceae, dispersal history, molecular data, sea grasses.

Cymodoceaceae N. Taylor – семейство «морских трав», включающее пять родов и 17–18 видов (Kuo, McComb, 1998), обитающих в основном на тропических и субтропических литоральных (Green, Short, 2003). Процессы расселения морских трав находятся в зависимости от агентов распространения диаспор. Основным способом распространения Cymodoceaceae является гидрохория, но плоды *Amphibolis* (Labillardière) Sonder et Ascherson ex Ascherson могут распространяться эпизоохорно, сочные плоды *Thalassodendron* поедаются рыбами (эндозоохория), а плоды *Cymodocea nodosa* (Ucria) Asch. являются автохорическими (Larkum et al., 1989). Вивипария не распространена у Cymodoceaceae, но отмечена для *Amphibolis antarctica* (Labill.) Asch. и видов *Thalassodendron* (den Hartog, 1970).

Эволюция Cymodoceaceae относительно хорошо документирована окаменелостями. Фоссилиями представлены *Thalassocharis bosqueti* Debey (Нидерланды, маастрихтских ярус 70,6–66,043 млн лет назад), *Thalassocharis westfalica* Hosius von der Marck (Германия, кампанский ярус 83,6–72,1 млн лет назад), *Thalassodendron auricula-leporis* den Hartog (Флорида, США, отложения позднего эоцена 40,4–37,2 млн лет назад), *Thalassotaenia debeyi* van der Ham (Бельгия, маастрихтский ярус 70,6–66,1 млн лет назад). Род *Cymodocea* представлен ископаемыми остатками, некоторые из которых схожи с современными видами, например, *Cymodocea floridana* Lumbert (Флорида, США, поздний эоцен 48,6–37,2 млн лет назад) и *Cymodocea maior* Cavolini (Италия, плиоцен 5,3–2,6 млн лет назад). Фоссилии рода *Halodule* представлены находками из палеогена, эоцена и позднего бартона – доабонских ярусов (40,4–37,2 млн лет назад) во Флориде (США) (Taylor et al., 2008), также окаменелости *Halodule* были обнаружены на острове Гран-Канария, где их появление объясняют характерными теплыми течениями в неогене, плиоцене (5,332–3,6 млн лет назад) (Tuya et al., 2017).

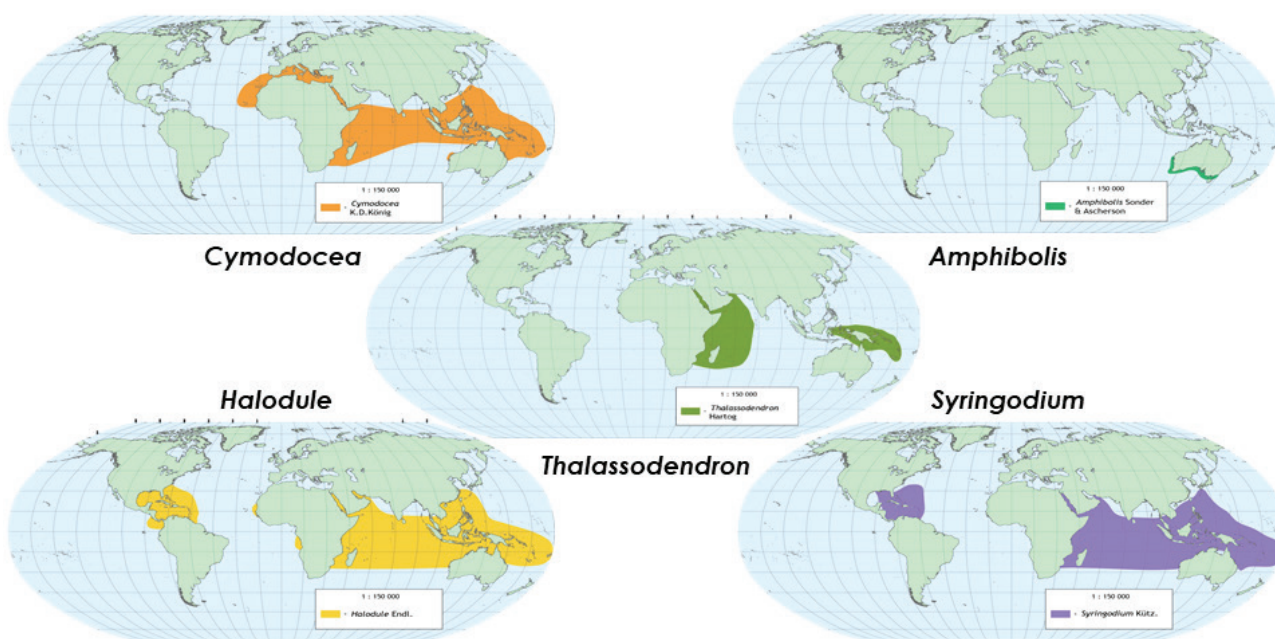


Рис. 1. Ареалы родов семейства Cymodoceaceae.

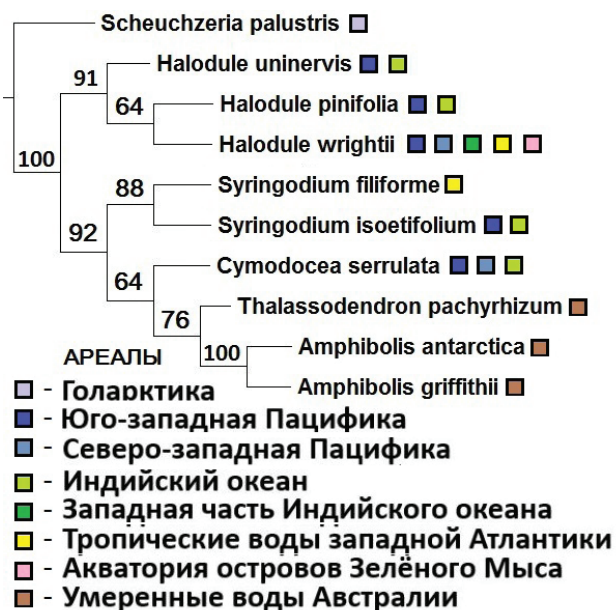


Рис. 2. Молекулярно-генетическая кладограмма семейства Cymodoceaceae (анализ 5.8S рибосомальной РНК); *Scheuchzeria palustris* – внешняя группа; цифры – индекс бутстрэпа.

С целью реконструкции процессов расселения представителей семейства Cymodoceaceae на основе молекулярно-генетического анализа были обработаны результаты секвенирования последовательностей отдельных генов у представителей пяти родов (девять видов из 18), распространенные в разных частях ареала. Для молекулярно-генетического анализа был выбран ген 5.8S рибосомальной РНК. В качестве внешней группы (outgroup) была выбрана *Scheuchzeria palustris* F. Muell. (Scheuchzeriaceae). С помощью данных о последовательностях нуклеиновых кислот, полученных из GenBank в программе WinClada, была построена молекулярно-генетическая кладограмма для Cymodoceaceae и внешней группы с применением бутстрэпирования (bootstrap analyze).

Молекулярно-генетическая кладограмма стала основой для реконструкции истории расселения семейства Cymodoceaceae. Полученная кладограмма была откалибрована актуальными палеоботаническими материалами. На полученной молекулярно-генетической кладограмме ба-

зальным видом является *Halodule uninervis* (Forssk.) Boiss., распространенный на юго-западе Пацифики и в Индийском океане. Далее следуют сестринские виды *Halodule pinifolia* (Miki) Hartog и *Halodule wrightii* Asch. В следующей части кладограммы мы видим два сестринских вида: *Syringodium filiforme* Kuetz (тропические воды западной Атлантики) и *Syringodium isoetifolium* (Asch.) Dandy (юго-западная Пацифика и Индийский океан). Третья группа видов начинается с *Cymodocea serrulata* (R. Br.) Asch. et Magnus, базальной к *Thalassodendron pachyrhizum* Hartog, за которым следуют сестринские *Amphibolis antarctica* (Labill.) Asch. и *Amphibolis griffithii* (J. M. Black) Hartog.

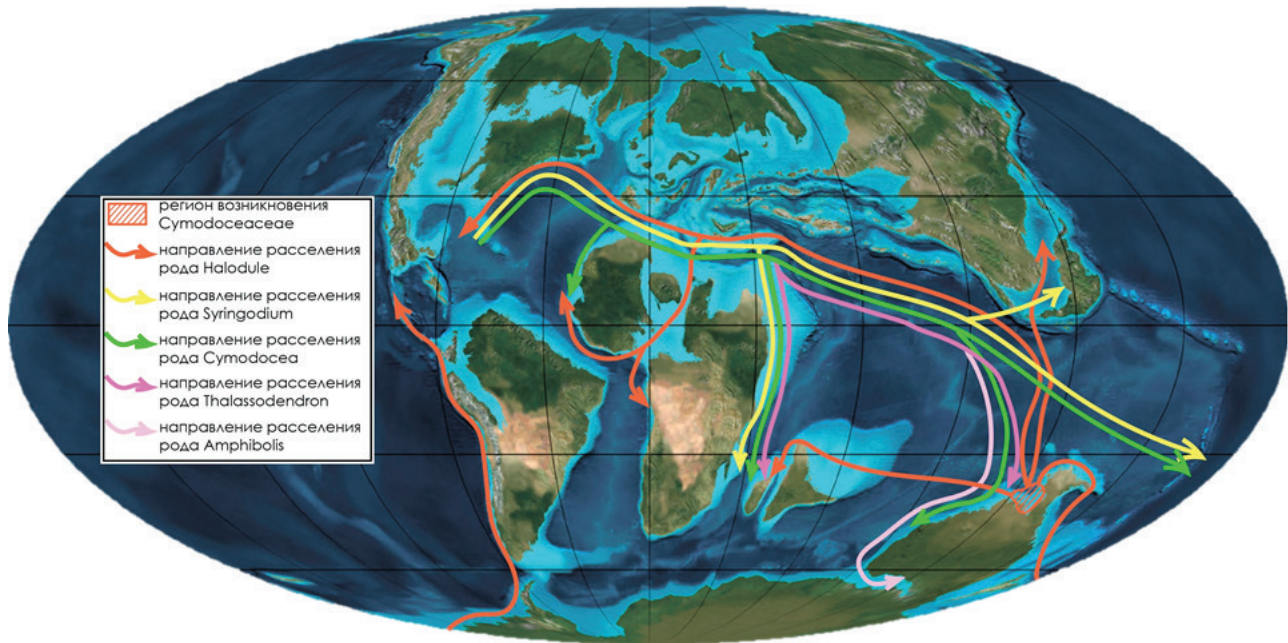


Рис. 3. Формирование ареала семейства Cymodoceaceae (положение суши соответствует Верхнему мелу 100,5–66,0 млн лет назад).

Сопоставление имеющихся палеоботанических данных с результатами молекулярно-генетического анализа позволяет предположить, что основным способом расселения семейства Cymodoceaceae был «дальний транспорт» ('long distance dispersal'). Это подтверждается не только молекулярно-генетическими данными и очень быстрыми (в масштабе геологического времени) процессами проникновения в новые акватории, но и анализом особенностей диссеминации современных представителей. Роды *Amphibolis*, *Halodule* и *Thalassodendron* возникли в водах вокруг тропической части Восточной Гондваны (Австралия–Антарктида) в меловом периоде. Эта наиболее полиморфная группа «морских трав» расселялась по Мировому океану посредством различных треков, важнейший из которых проходил вдоль южного побережья евразийских континентальных масс (через «остаточный бассейн» Тетиса) и далее достигал акватории современной Атлантики. Сформировавшиеся в западной зоне Центральной Атлантики роды *Cymodocea* и *Syringodium* перемещались вдоль акватории Тетиса в Индийский океан и юго-западную часть Тихого океана (вдоль южного побережья континентальных масс Евразии).

**Благодарности.** Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-34-90164. Работа выполнена М.С. Романовым и А.А. Юрмановым в рамках госзадания ГБС РАН № 18-118021490111-5 на базе УНУ Фондовая оранжерея и А.В. Бобровым по программе МГУ им. М.В. Ломоносова «Географические закономерности происхождения биоразнообразия».

**Acknowledgments.** The reported study was funded by RFBR, project number 19-34-90164. The work was carried out by M.S. Romanov and A. A. Iurmanov in accordance to Institutional research project № 118021490111-5 at the Unique Scientific Installation Fund Greenhouse, and by A. V. F. Ch. Bobrov in accordance to M. V. Lomonosov Moscow State University theme «The geographical legitimacy of origin of the biodiversity».

#### ЛИТЕРАТУРА

*Green E. P., Short F. T.* (eds). World atlas of Seagrasses. – Berkeley, CA: University of California Press, 2003. – 298 pp.

*Hartog C.* Seagrasses of the World. – Den Haag: Academia, 1970. – 275 pp.

**Kuo J., McComb A. J.** Cymodoceaceae. In: Kubitzki K. (ed.). The families and genera of vascular plants. – Vol. 4. Monocots. Alismatanae and Commelinanae (except Gramineae). – Berlin: Springer, 1998. – Pp. 133–140.

**Larkum A. W. D., McComb A. J., Shephard S. A.** (eds.). Biology of Seagrasses. – Amsterdam: Elsevier, 1989. – 609 pp.

**Taylor T. N., Taylor E. L., Krings M.** Paleobotany: The biology and evolution of fossil plants. 2nd Ed. – Burlington, MA; New York, NY; San Diego, CA, USA, London, UK etc.: Academic Press, 2008. – 1252 pp.

**Tuya F., Betancort J. F., Haroun R., Espino F., Lomoschitz A., Meco J.** Seagrass paleo-biogeography: Fossil records reveal the presence of *Halodule* cf. in the Canary Islands (eastern Atlantic) // Aquatic Botany, 2017. – Vol. 143. – Pp. 1–7.