

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ТОРФЯНИКА О. БОЛЬШОЙ ШАНТАР ПО ДАННЫМ ДИАТОМОВОГО АНАЛИЗА

Т.А. Гребенникова¹, В.В. Чаков², М.А. Климин²

¹ФГБУН Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, ул. Радио 7, г. Владивосток, 690041; ²ФГБУН Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, ул. Дикопольцева 56, Хабаровск, 680000

Аннотация. Приведены результаты изучения эколого-таксономического состава диатомовой флоры покровного торфяника северной части острова Большой Шантар с целью биоиндикации экологических условий, существовавших на болоте в зависимости от гидроклиматических изменений в конце позднего плейстоцена-голоцене.

Ключевые слова: торфяник, диатомовые водоросли, гидроклиматические изменения, плейстоцен, голоцен.

STAGES OF PEAT BOG DEVELOPMENT OF BOLSHOI SHANTAR ISLAND ACCORDING TO DIATOM DATA

T.A. Grebennikova¹, V.V. Chakov², M.A. Klimin²

¹Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia
²Institute of Water and Ecological Problems FEB RAS, Khabarovsk Federal Research Center FEB RAS

Abstract. The results of the study of the ecological-taxonomic composition of the diatom flora of the blanket peat bog located in the northern part of Bolshoy Shantar Island are presented. The aim is bioindication of environments occurring in the bog, connected with hydroclimatic changes at the end of the Late Pleistocene-Holocene.

Key words: peat bog, diatoms, hydroclimatic changes, Pleistocene, Holocene.

Введение.

Важную роль в ряду палеогеографических исследований занимает изучение длительно существующих торфяников. Палеолимнологические исследования на базе диатомового анализа представляют собой хороший инструмент для реконструкции ландшафтной обстановки образования и развития торфяников. Изучение видового состава диатомей, отличающихся разным отношением к водному и температурному режимам, минерализации и рН среды позволяют определить условия формирования болотных геосистем, реконструировать основные этапы их развития, определить факторы, влияющие на ход торфонакопления.

Материал и методы.

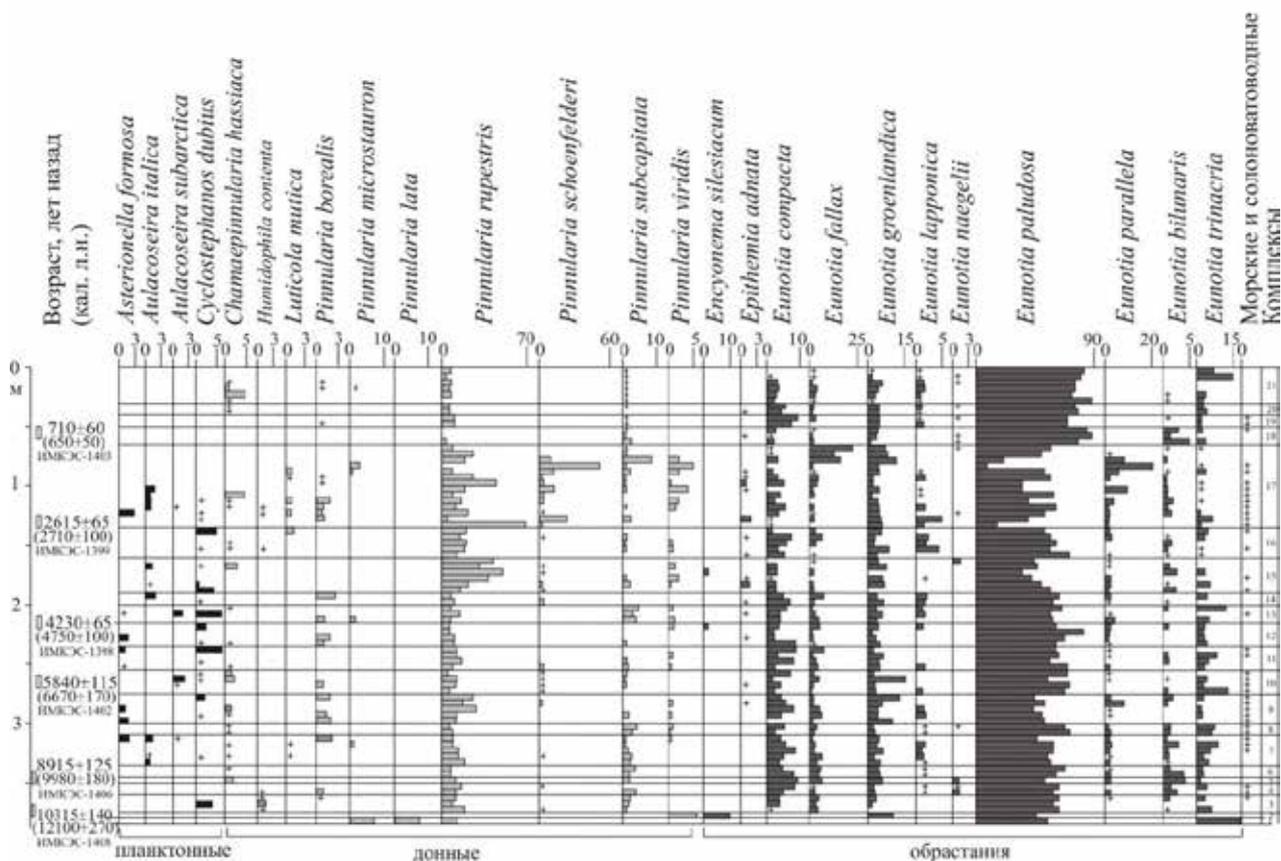
Реконструкции основаны на данных изучения диатомовых водорослей в разрезе покровного торфяника мощностью 382.5 см, расположенного в северной части острова Большой Шантар на водоразделе р. Тундровая (55°06'59.1" с.ш., 137°49'43" в.д., абс. высота 85 м). При интерпретации данных диатомового анализа использованы результаты радиоуглеродного датирования, выполненного в лаборатории биоинформационных технологий Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (г. Томск).

Результаты и обсуждение.

Список диатомей в отложениях разреза составляет 168 таксонов и включает автохтонные и аллохтонные виды. Автохтонные диатомеи разделены на две группы по отношению видов к степени увлажнения [6]. В первую группу вошли гидрофильные виды,

основное местообитание которых приурочено к водоемам или регулярно увлажняемым местам (*Pinnularia rupestris*, *P. subcapitata*, *Eunotia parallela*, *E. lapponica* и др.). Вторая группа объединяет виды способные обитать на слабо увлажненных местах и толерантные к понижению влажности субстрата до нулевых отметок (*Eunotia paludosa*, *E. fallax*, *E. trinacria*, *Hantzschia amphioxys* и др.). Аллохтонные диатомеи включают озерно-реофильные виды, поступающие с водотоками и морские виды, которые были принесены на болото ураганными ветрами во время сильных штормов. Проведен подсчет содержания створок диатомей в грамме воздушно сухого осадка.

Накопление торфа началось в конце позднего плейстоцена [3]. Изменения в составе диатомовой флоры, быстро реагирующей на колебания внешних условий, в первую очередь климата и увлажнения, позволила выделить в разрезе 21 комплекс. В отложениях, накопившихся в конце позднего плейстоцена, установлено два комплекса диатомей. Первый комплекс (1) указывает на начальную стадию обводнения понижения и быстрое его зарастание. Доминируют ацидофилы, типичные для моховых болот и устойчивые к высушиванию *Eunotia paludosa* и *E. trinacria*, субдоминантами являются гидрофильные – характерные для олиготрофно-дистрофных вод циркумнейтральные *Pinnularia rupestris*, *P. microstauron* и ацидофил *Pinnularia lata*. Количество створок достигает 45 тыс./г сухого осадка. Второй комплекс (2) фиксирует существование хорошо обводненного болота. В составе диатомей появились широко распространенный в Берингии [4] ацидофил *Eunotia groenlandica* и обычные для стоячих и текучих вод циркумнейтральные *Encyonema silesiacum* и *Pinnularia viridis*. Здесь же обнаружено значительное количество (26,3%) срединных полей крупных видов рода *Pinnularia*, большая часть которых является гидрофильными. Разрушение створок диатомей, по-видимому, происходило в результате химического выветривания [2]. Содержание створок диатомей снижается до 23 тыс./г осадка, что, скорее всего, связано с сокращением вегетационного периода.



Диатомовый комплекс (3), отвечающий начальной фазе пребореального периода, характеризует условия умеренно обводненного мохового болота. Для отложений на глубине 370-380 см получена ¹⁴C дата 10315 л.н. Содержание гидрофильных диатомей повышается до

32%, среди них преобладает характерный для торфяных вод донный *Pinnularia rupestris*, появляется *Pinnularia subcapitata* и обрастатель *Eunotia bilunaris*. По отношению к pH среды и галобности абсолютное доминирование имеют ацидофилы (до 83%) и галофобы (до 83%). Наблюдается постепенный рост количества створок диатомей в осадках (до 34 тыс./г). Здесь обнаружен широкий список аллохтонных пресноводных видов, таких, как *Cyclostephanos dubius*, *Cocconeis placentula*, *C. placentula* var. *euglypta*, *Cymbella aspera*, *Odontidium hyemale*, *O. mesodon* и, в основном, фрагменты морских и солоноватоводных диатомей. Развитие болота во второй половине пребореала происходило, по-видимому, при снижении температур и более низком увлажнении, содержание гидрофильных диатомей не превышает 22%. В составе комплекса (4) появляются характерные для северных регионов сфагнофилы *Eunotia parallela* и *E. lapponica*, последний способен развиваться при pH 4,9 [1], заметным становится участие *Eunotia compacta* и донного *Pinnularia subcapitata*, характерных для торфяных вод.

Для отложений, накопившихся в бореальный период, установлено три комплекса. Первый комплекс (5) характеризуется повышением содержания широко распространенных в северных регионах *Eunotia groenlandica* и эвритоного *E. fallax*. Здесь же увеличивается содержание способного переносить слабое увлажнение *Hantzschia amphioxys*, появляется *Chamaepinnularia hassiaca* (1,7%), обычно населяющий болотистые места. Содержание створок диатомей снижается до 30 тыс./г. Подобные изменения могут быть связаны с кратковременным похолоданием. Для этого слоя осадков (инт. 340-350 см) получена ¹⁴C дата 8915 л.н. Характерным для второго комплекса (6) является появление *Eunotia lapponica*, указывающее на снижение pH воды. Содержание створок диатомей в осадках повышается до 100-144 тыс./г, что свидетельствует о более продолжительном вегетационном периоде и теплом климате. В заключительную фазу бореального периода в диатомовом комплексе (7) наблюдается снижение обитателей гуминовых вод *Eunotia bilunaris*, *E. compacta*, в отдельных слоях в заметном количестве встречены способные переносить временные осушки *Pinnularia borealis*, *Hantzschia amphioxys*, *Nitzschia amphibia*. Количество створок снижается до 39 тыс./г. Подобные изменения в содержании отдельных видов и створок диатомей в целом, могут свидетельствовать о снижении температур и сокращении вегетационного периода в конце бореала [3]. Большое количество аллохтонных пресноводных и морских диатомей указывает на активную паводковую и ветровую активность в это время.

Развитие болота в атлантический период происходило в условиях неустойчивого гидрологического режима. В начале периода торфяник развивался в слабо увлажненных условиях. В комплексе (8) высокого обилия достигает типичный для моховых болот и устойчивый к высушиванию *Eunotia paludosa*. Следующий комплекс (9) фиксирует повышение увлажнения. В составе диатомей значительно возрастает содержание гидрофильных *Pinnularia rupestris*, *Eunotia parallela*, *Eunotia trinacria*, обычных для сфагновых болот, и появляется *Eunotia bilunaris*. По отношению к pH среды и галобности заметно возрастают доли циркумнейтральных диатомей (до 29,1%) и индифферентов (до 30,4%). Содержание гидрофильных диатомей достигает 30%, а концентрация створок - 158 тыс./г, что может свидетельствовать о теплых климатических условиях и увеличении длительности вегетационного периода. Дальнейшее развитие болота около ¹⁴C дата 5350 л.н., в целом, происходило в слабо увлажненных условиях. Комплекс (10) отражает чередование относительно влажных и более сухих фаз, по-видимому, связанных с колебаниями температурного режима, что выразилось в соотношениях содержания характерного для более влажных условий *Pinnularia rupestris* и устойчивого к высушиванию *Eunotia paludosa*. Значительно реже стали встречаться сфагнофилы, в отдельных слоях возрастает участие почвенных *Pinnularia borealis*, *Hantzschia amphioxys*. Содержание гидрофильных диатомей колеблется в пределах 7,9 – 15,7%. По отношению к pH воды и солёности абсолютное доминирование приобрели ацидофилы и галофобы. Количество створок диатомей снижается до 40 тыс./г. Диатомовый комплекс (11), отвечающий заключительной фазе атлантика,

фиксирует существование умеренно обводненного мохового болота. В составе диатомей присутствуют сфагнофилы *Eunotia parallela*, *Eunotia lapponica*, заметно повысилось содержание *Eunotia trinacria* и *E. compacta*. Содержание гидрофильных диатомей достигает 18,5%, а концентрация створок – 220 тыс./г, что указывает на существование благоприятных для развития диатомей климатических условий. Во всех слоях осадков этого интервала присутствуют пресноводные аллохтонные виды.

Диатомовый комплекс (12) в отложениях, накопившихся около ^{14}C дата 4230 л.н., фиксирует снижение обводнения болота, доля гидрофильных диатомей сокращается до 6,7%. В составе комплекса появляются способные переносить временные осушки *Pinnularia borealis*, *Nitzschia amphibia*, возрастает участие *Hantzschia amphioxys*. Концентрация створок диатомей снижается до 50 тыс./г.

Дальнейшее развитие болота происходило в условиях переменного увлажнения. Доля гидрофильных диатомей в комплексе (13) достигает 19%. Повышается содержание *Pinnularia rupestris*, появляются *P. subcapitata*, *Eunotia lapponica*. В заметном количестве присутствуют обычные для торфяных вод *Eunotia compacta*, *E. fallax*. Содержание створок диатомей превышает 1 млн/г сухого осадка. В этом интервале осадков найдено значительное количество аллохтонных пресноводных диатомей. Последующее снижение увлажнения выразилось в сокращении в составе комплекса (14) гидрофильных диатомей (до 11%), появлении обычно населяющих поверхность влажного торфа или почвы *Pinnularia schroenfelderi* и *P. borealis*. Содержание створок снижается до 162 тыс./г осадка. Подобные изменения в диатомовом комплексе могут указывать на существование относительно сухого климата. Сильное обводнение болота испытало во второй половине суббореала. В диатомовом комплексе (15) доминирует *Pinnularia rupestris*, содержание гидрофильных диатомей, в целом, достигает 54%. По отношению к рН среды и галобности существенную долю составляют циркумнейтральные виды (до 52%) и индифференты (до 53%). Содержание створок диатомей неустойчиво и варьирует от 54 до 517 тыс./г осадка. Наибольшее содержание аллохтонных пресноводных диатомей найдено в слоях на глубине 165-170 см и 185-190 см. В отложениях, сопоставимых с концом суббореального периода, диатомовый комплекс (16) фиксирует постепенное снижение увлажнения и температуры. Доля гидрофильных диатомей в комплексе диатомей (16) сокращается до 14,3%, а концентрация створок снижается до 35 тыс./г. Заметное участие приобретают характерные для умеренно обводненных моховых болот *Eunotia compacta*, *E. fallax*, появляются почвенный *Luticola mutica* и аэрофил *Stauroneis thermicola*, что указывает на существование засушливых условий.

Развитие болота во время, сопоставимое с субатлантическим периодом, также было неоднородным, наблюдаются смены сильно увлажненных, умеренно увлажненных и слабо увлажненных условий (комплекс 17). Наиболее сильное обводнение болота отмечается около ^{14}C дата 2615 л.н., когда на нем временно (интервал 110-140 см) начал формироваться торф верхового типа. В составе диатомей доминирует *Pinnularia rupestris* (70%), большинство створок этого вида плохой сохранности. Здесь отмечается и самое высокое содержание аллохтонных пресноводных видов. Последующие две стадии обводнения были менее интенсивными. В эти периоды широкое развитие получали характерные для влажных почв *Pinnularia schroenfelderi*, *Nitzschia amphibia* [5], сфагнофилы *Eunotia parallela*, *E. lapponica*, скорее всего, понизились показатели рН среды. В слабо увлажненные периоды развития болота господство в составе диатомей приобретал *Eunotia paludosa*, но полного иссушения не было, содержание гидрофильных диатомей оставалось достаточно высоким. Наиболее «сухие» условия существовали около ^{14}C дата 710 л.н. В диатомовом комплексе (18) абсолютное доминирование приобретает *Eunotia paludosa* (до 90%), стабильно присутствует почвенный *Hantzschia amphioxys*. Концентрация створок диатомей колеблется в пределах от 145 тыс. до 5 млн /г сухого осадка. Заключительные стадии развития болота происходили при незначительных колебаниях увлажнения. Комплекс (19) отражает более высокую обводненность болота. Увеличивается содержание *Pinnularia rupestris* и *Eunotia compacta*,

характерного для гуминовых болотных вод, появляется *E. lapponica*. Содержание створок диатомей повышается до 12–14 млн/г осадка. В комплексе (20) наблюдается уменьшение содержания гидрофильных диатомей (до 6%), появление характерного для сфагновых болот *Chamaepinnularia hassiaca* и почвенного *Hantzschia amphioxys*. Содержание створок сокращается до 4 млн/г. Комплекс (21) фиксирует небольшой рост доли гидрофильных диатомей (до 8.2%) и постепенный рост содержания створок (14–30 млн/г).

Выводы.

Торфонакопление на о. Большой Шантар началось в конце позднего плейстоцена и связано с прогрессирующим термокарстом на фоне общего потепления климата в характеризуемом регионе. Это привело к значительному обводнению водораздела и последующему интенсивному заболачиванию. Анализ диатомовой флоры позволил установить 21 стадию развития болота на о. Большой Шантар, которые обусловлены гидроклиматическими изменениями разной интенсивности. Наиболее сильное обводнение болота испытало в конце позднего плейстоцена, во второй половине суббореального периода и в первой половине субатлантика. Развитие болота в атлантический период, в первой половине суббореала и в конце субатлантика происходило, в целом, в умеренно влажных условиях. Неустойчивость гидрологического режима в эти периоды выразилось в смене относительно влажных и более сухих фаз. Неустойчивость гидрологического режима последней трети голоцена обусловило усложнение стратиграфии торфяных отложений вследствие перекрытия в верхней части разреза верхового торфа метровой толщиной переходного.

Список литературы.

1. Баринаева С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. 498 с.
2. Диатомовый анализ/ Гл. ред. А.И. Прошкина-Лавренко. Л.: Геолитиздат. 1950. Кн. 3. 398 с.
3. Разжигаева Н.Г., Т.А. Гребенникова Т.А., Ганзей Л.А, Чаков В.В., Климин М.А., Мохова Л.М., Захарченко Е.Н. Стратиграфия водораздельного торфяника и развитие природной среды острова Большой Шантар в позднеледниковье-голоцене//Тихоокеанская геология. 2021. Т. 40, № 3 (в печати).
4. Харитонов В.Г. Конспект флоры диатомовых водорослей (Bacillariophyceae) Северного Охотоморья. Магадан. 2010. 189 с.
5. Jadwiga Stanek-Tarkowska, Teresa Noga, Natalia Kochman-Kędziora, Łukasz Peszek, Anita Pajączek, Edyta Kozak. *Acta Agrobot 68(1):33–42 Received: 2014-01-15 Accepted: 2015-02-03 Published electronically: 2015-03-31.*
6. Van Dam, H., Mertens, A., Sinkeldam, J. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. - *Neth. J. Aquatic Ecol.*, 1994, 28(1): 117-133.