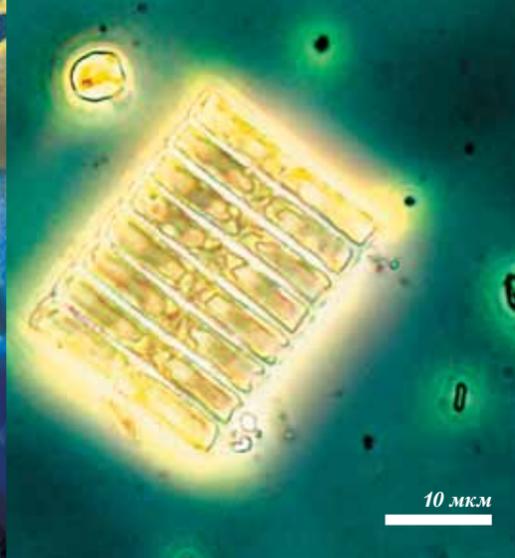
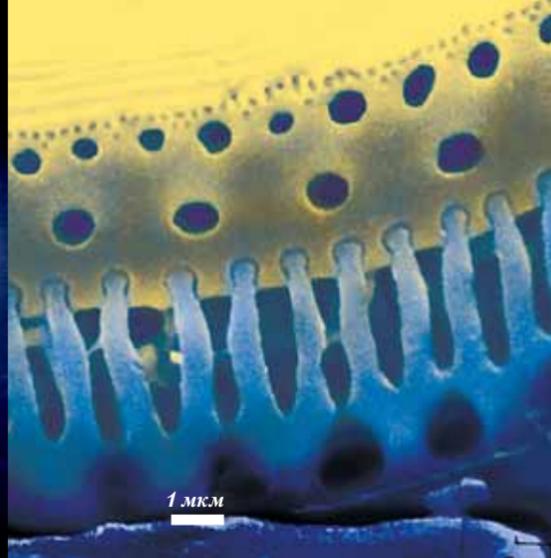
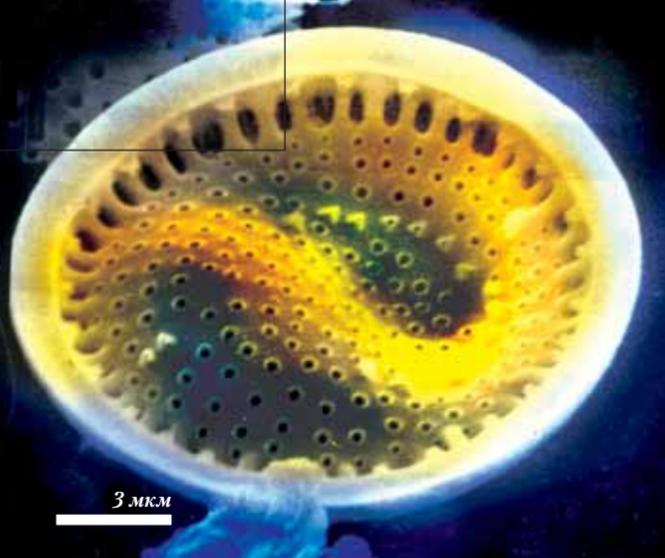


ДЛЯ НАУКИ
И ПРАКТИКИ



Летопись планеты по диатомеям



Э. И. ЛОСЕВА: Панцири отмерших диатомей прекрасно сохраняются в ископаемом состоянии миллионы лет. Следствием бурного развития диатомовой флоры являются донные осадки, обогащенные кремнеземом. В регионах, особенно бедных кальцием, способствующим растворению кремнезема, образуются «диатомовые» породы; некоторые из них почти целиком состоят из панцирей диатомей. Древние морские диатомиты, диатомовые глины и алевриты известны во многих районах мира, местами достигая мощности в несколько сот метров.

По ископаемым комплексам диатомей можно достаточно надежно реконструировать палеогеографическую обстановку прошлых геологических эпох, если в них присутствуют виды, дожившие до наших дней. Так, проведенная сотрудниками Коми научного центра УрО РАН ревизия всех известных на европейском северо-востоке России диатомовых водорослей, как ископаемых, так и современных, дала цифру в 955 видов! В результате были реконструированы условия среды различных этапов плейстоцена — геологического периода, охватывающего последние 1,8 млн лет в истории Земли.

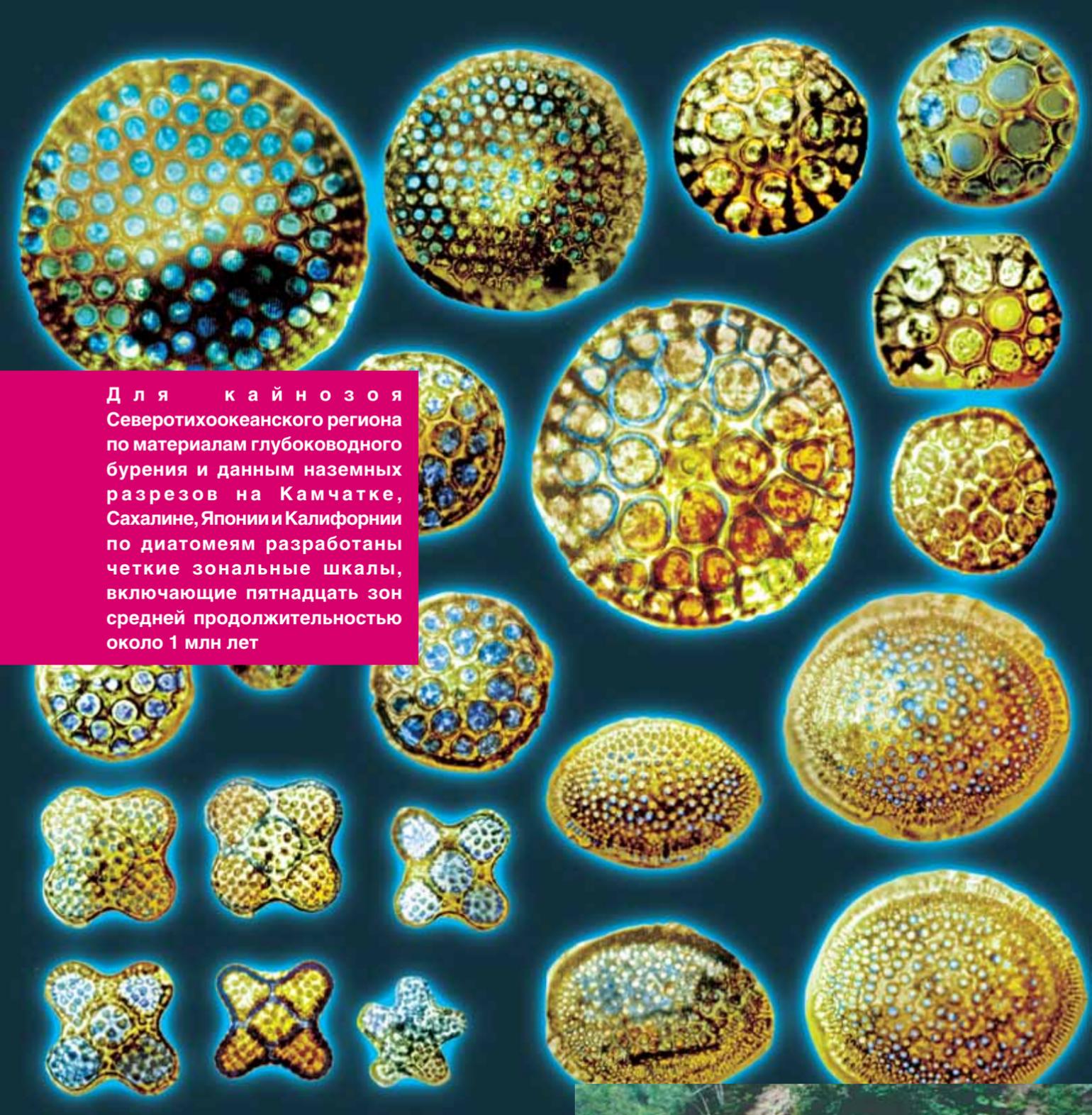
Особенно ценна информация, полученная с участков, где осадки накапливались непрерывно. Так образуется полная геологическая «летопись», как, например, в морях и океанах или оз. Байкал, где расплывчатая толща осадков с остатками панцирей диатомей, достигающая 600 м, охватывает временной интервал в 8 млн лет! К сожалению, большая часть видов диатомей не дожила до наших дней, поэтому их экологические характеристики устанавливаются путем сопоставления с находками других организмов, палеотемпературной, кислородно-изотопной и палеомагнитной шкалами.

Р. КРОУФОРД: Сегодня диатомеи имеют первостепенное значение в исследовании динамики природной среды в прошлом и настоящем: изменений климата, катаклизмов (вулканических извержений и цунами), антропогенного влияния...

Эти хронологии невозможно было бы расшифровать, если бы клеточные стенки диатомей были похожи друг на друга, однако их морфологическое разнообразие, к счастью, огромно.

При исследовании донных осадков морфологический анализ необходим, поскольку разные виды диатомей предпочитают разные условия обитания. Проще говоря, легко различить образцы морского планктона и дождевой лужи, но изменения видового состава разных слоев осадков, вызванные, например, небольшими изменениями кислотности среды, может распознать только опытный взгляд.

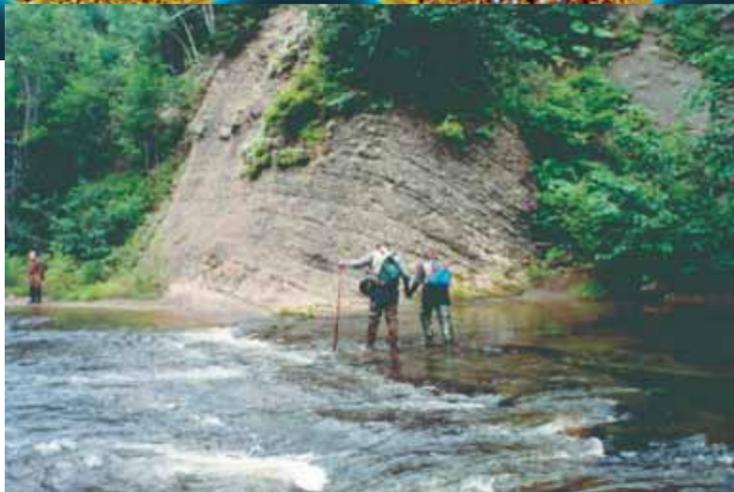
Тем не менее биостратиграфы давно используют отложения диатомей для восстановления геологической истории водоемов. Наиболее впечатляющими выглядят реконструкции прошлого, связанные с началом индустриальной революции, повлекшей загрязнение атмосферы и закисление озер и рек. В последнее время основное внимание ученых обращено к диатомовым как биоиндикаторам температурных изменений в прошлые эпохи.



Для кайнозоя Северитихоокеанского региона по материалам глубоководного бурения и данным наземных разрезов на Камчатке, Сахалине, Японии и Калифорнии по диатомеям разработаны четкие зональные шкалы, включающие пятнадцать зон средней продолжительностью около 1 млн лет

Диатомеи олигоцена и нижнего миоцена из разреза в северо-западной части Тихого океана. Световая микроскопия. (По: Gladenkov, Barron, 1995)

Геологический разрез кайнозоя на о. Сахалин. Фото. А. Гладенкова



Диатомовый хронограф

А. Ю. ГЛАДЕНКОВ

Д. П. СМОЛ, М. С. ДУГЛАС

Диатомеи идеальные свидетели



Джон П. СМОЛ, проф., Королевский Университет (Канада)



Мэрианн С. В. ДУГЛАС, проф., Университет Торонто (Канада)



Андрей Юрьевич ГЛАДЕНКОВ, д. г.-м. н., лаборатория биостратиграфии и палеогеографии океанов Геологического института РАН (Москва)

Лучшие результаты в расшифровке геологических событий с помощью диатомей получены при работе с морскими отложениями кайнозоя, возраст которых моложе 45 млн лет — именно к этому времени диатомовые «обжили» Мировой океан. Показательным примером служат исследования истории формирования Берингова пролива.

Напомним, что на протяжении около 100 млн лет Евразия и Северная Америка были соединены сухопутным Беринговым мостом, т.е. самая северная часть Тихого океана представляла собой гигантский морской залив. И образование пролива, связавшего арктический и тихоокеанский бассейны, значительно повлияло на климат и развитие сообществ во всем Северном полушарии.

Оценки возраста первого открытия пролива, сделанные на основе находок ископаемых моллюсков рода *Astarte*, варьировали в пределах от 3,5–4,4 млн лет, однако определить их точный возраст до последнего времени не удавалось. И вот недавно при изучении разреза Сэнди Ридж на п-ове Аляска нам удалось установить точное стратиграфическое положение остатков наиболее древних астарт, поскольку в образцах был впервые обнаружен микропланктон — древние морские диатомеи. Эти находки, позволившие точно датировать возраст пролива, «состарили» последний более чем на миллион лет: оказывается, Евразия и Северная Америка разделились 5,5–5,4 млн лет назад.

Экосистема Арктики особенно чувствительна к изменениям внешней среды, в том числе климата. Ведущую роль в его изменении играет снижение альбедо — способности земной поверхности отражать солнечные лучи, происходящее за счет уменьшения площади снеговых и ледовых покровов. Суша и воды в результате этого «подогреваются», и процесс потепления климата, в свою очередь, ускоряется — возникает положительная обратная связь. Потепление Арктики — серьезная, по-настоящему глобальная проблема.

Неудивительно, что не только ученые и политики, но и обычные люди заинтересованы в получении надежных данных об изменении климата в северных широтах. Но подобных долговременных наблюдений здесь крайне мало — например, на огромных просторах Канадской Арктики в течение последних 50 лет работало лишь несколько метеостанций.

Косвенными индикаторами изменений природной среды могут служить годовые кольца деревьев и наросты кораллов, прослойки в ледовых кернах и отложениях пещер... Но наиболее продуктивна в этом смысле палеолимнология, изучающая физические, химические и биологические индикаторы, захороненные в осадках озер и рек.

Анализ самых разных информационных «носителей» — от останков водных организмов до частиц почвы и пыльцевых зерен — может дать удивительно ясную летопись изменения природной среды.

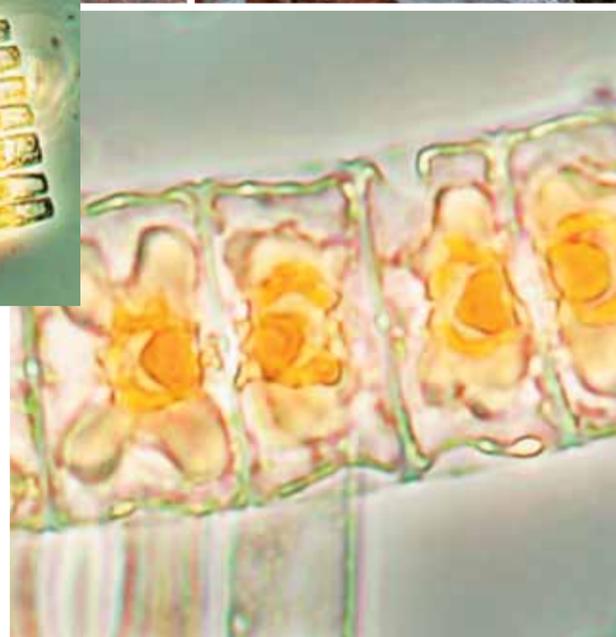
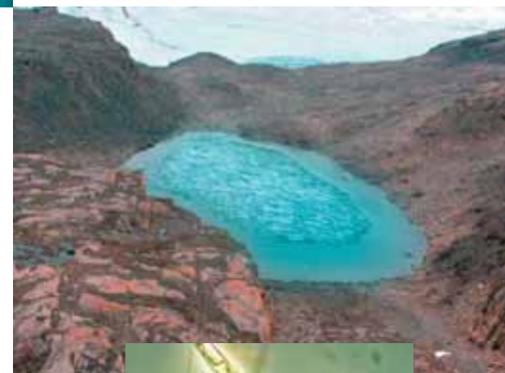
Чаще всего изучают осадки озер и других спокойных акваторий, где осаждение происходит упорядоченно и осадок в дальнейшем не перемешивается. Отобранный керн датируют с помощью методов геохронологии: для изучения молодых осадков (возраста 100–150 лет) используют радиоактивные изотопы свинца и цезия, для более древних — радиоуглеродную методику.



◀ Типичные пресноводные диатомеи, захороненные в осадке озера, расположенного в высоких широтах канадской Арктики

Китобои из Туле — предки инуитов, жившие в Арктике с 100 по 1600 г. н.э., — первыми стали охотиться на больших арктических китов. Зимой они жили в небольших поселениях в хижинах из китовых костей, укрытых шкурами, мхом и камнями, вблизи которых разделявали охотничью добычу, включая горбчатых китов. Их внутренности служили специфическим удобрением для суши и озер, расположенных ниже зимовий. И диатомей можно использовать для того, чтобы уловить эхо событий, происходивших в зимовьях древних китобоев

Фото авторов



Если говорить о биологической информации, то существующая в озере жизнь всегда оставляет следы в виде определенных объектов, таких как створки диатомовых водорослей или ископаемые пигменты, с помощью которых ученые расшифровывают широкий спектр показателей состояния природной среды. И диатомовые водоросли в этом смысле являются одними из наиболее идеальных и часто используемых носителей информации из прошлого.

Во многих озерах Арктики диатомеи выступают в качестве доминантов среди водорослей. В высоких широтах даже в «теплые годы» воды остаются достаточно холодными. Некоторые озера иногда круглый год остаются покрытыми льдом, по краю которого появляются лишь узкие проталины. В «теплые годы» лед, напротив, успевает за короткое лето растаять полностью.

Диатомеи чутко откликаются на все эти изменения. В случае мощных ледового и снежного покровов планктонные диатомеи, обитающие в открытых водах, подавляются, поэтому большая часть «жизни» концентрируется на мелководье, под проталинами. По мере таяния льда более конкурентоспособными становятся глубоководные сообщества водорослей.

Реконструкция ледовых режимов по составу диатомей — лишь один из многих подходов к расшифровке изменений климата. О последних можно судить также по происходившим в прошлом перемещениям границы лесов, поскольку хвойные деревья могут влиять на структуру озерных сообществ диатомей: вода, проходя через слои опавшей хвои, окрашивается органическими веществами, как при заваривании чая, в результате чего условия обитания водорослей меняются.

Помимо изменения освещенности методами палеолимнологии может быть выявлена динамика и других характеристик водоемов — изменения потока питательных веществ, трансформация мест обитания (например, появление и исчезновение мхов — субстратов, к которым прикрепляются водоросли) и т.п.

Палеолимнологические подходы могут быть использованы для расшифровки, помимо климатических, широкого спектра других изменений обстановки в Арктике. Например, нерка (арктический лосось) — важнейший компонент экосистем побережья Тихого океана — в своем жизненном цикле проходит два этапа. В пресноводных озерах она откладывает икру, здесь же в течение двух-трех лет подрастают мальки. Затем нерка «скатывается» в океан, где и нагуливает до 95 % своего веса. Возвращаясь обратно (с удивительной точностью!), она откладывает икру и умирает. В озерах, служащих одновременно питомниками и кладбищами, регулярно разлагаются миллионы закончивших размножение рыб, освобождая огромное количество питательных веществ. А диатомеи, кстати, являются прекрасными индикаторами концентрации биогенных элементов. Аналогичные подходы можно использовать для слежения за другими группами северных животных, например, за птицами-глупышами.

Таким образом, диатомовая летопись северных широт может быть интересна самым разным специалистам, включая историков, и даже рыбакам. Безусловно, точно такие же подходы можно применить в палеолимнологических исследованиях и в Южном полушарии, в Антарктике.

М. ПОЛЕН

(продолжение, начало на с. 43):

Большая часть микроводорослей сосредоточена в нижнем 5–10-ти сантиметровом слое полярного льда, благодаря чему он приобретает коричневатую-золотистую окраску.

Лед предоставляет удобное местообитание для водорослей в виде сети крошечных карманов с рассолом и очень тонких каналов и капилляров, постоянно соединенных с подледной водой, через которые поступают питательные вещества. Клетки водорослей живут как бы в ледяной ловушке, плавая в соленой суспензии либо прикрепляясь к стенкам капилляров, и по сути представляют собой поставленное «с ног на голову» донное сообщество.

Рост водорослей обычно начинается в конце зимы — начале весны, когда увеличение освещенности запускает процесс деления клеток. Немногочисленные вначале, они достигают максимальной численности в мае. Упадок ледовых сообществ наступает по мере таяния льда. В конце концов водоросли высвобождаются в воду, где становятся пищей для водных травоядных, либо просто опускаются на дно моря.

Лед — сложная экосистема, поэтому многие факторы изменения окружающей среды отражаются на жизни ледовых сообществ. Величина ледового покрова за последние 25 лет уменьшилась примерно на 7%, и ожидается, что его площадь и толщина будут значительно меняться в ближайшие 50 лет.

Глобальное потепление затронет не только животных и людей, обитающих на льду, но и столь важные для природных сообществ мельчайшие создания, населяющие сам лед!

Ледовые водоросли канадской Арктики представлены преимущественно пеннатными формами.
Фото М. Полена

ОХОТНИКИ за палеоцунами

Т.А. ГРЕБЕННИКОВА



Татьяна
Афанасьевна
ГРЕБЕННИКОВА,
к. г.-м. н.,
лаборатория
палеогеографии
Тихоокеанского
института
географии
ДВО РАН
(Владивосток)

Цунами — одно из наиболее грозных природных явлений, приносящее невосполнимые потери и огромный экологический и материальный ущерб. Прогнозировать подобные катастрофы крайне сложно. Тем не менее изучение следов цунами, происходивших в доисторическом прошлом, позволяет проследить частоту появления самых разрушительных из них, направление удара морской волны и дальность ее проникновения в глубь суши, установить степень влияния на естественный ход развития природных экосистем. Наиболее информативным методом для этих целей служит анализ диатомовой флоры.

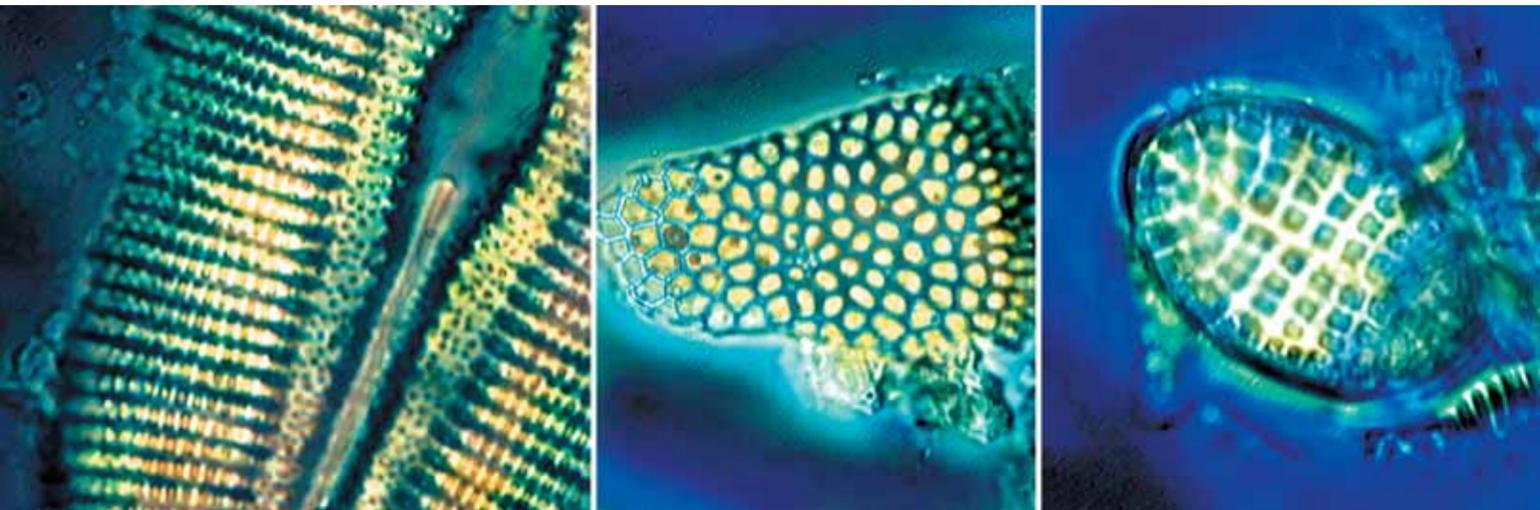
Следы древних цунами лучше всего выявляются в торфяниках — настоящих природных «ловушках» для поступающего извне материала. Например, при изучении прослоев песка в торфяниках в центральной части о. Кунашир (Большая Курильская гряда) на расстоянии 1 км от берега было обнаружено шесть прослоев цунамигенного песка, содержащих наряду с пресноводными и большое количество морских диатомей, включая обитателей открытого океана. Причиной их появления были мощные морские наводнения, проникающие далеко в глубь суши, — последствия действия цунами.

Результаты анализа диатомового комплекса свидетельствуют, что цунами оказывали заметное влияние на некоторые экологические параметры среды — например, типичная для болотной системы кислотная среда становилась более щелочной. Удалось получить сведения и о конфигурации древней береговой линии. Исследования осадков палеоцунами на о. Зеленом (Малая Курильская гряда) с низким уплощенным рельефом показали, что во время наиболее сильных цунами волна почти полностью затопляла остров.



Следы цунами в береговых торфяниках представляют собой тонкие прослои морского песка, далеко уходящие в глубь суши за пределы зоны воздействия штормовых волн.
Фото Т. Гребенниковой

▼ В составе международной экспедиции диатомологи выезжали для обследования следов разрушительного цунами, обрушившегося 26 декабря 2004 г. на побережье Индийского океана. О. Симелу, Индонезия.
Фото Н. Разжигайевой



Морские диатомеи из отложений на о. Зеленый (Малые Курилы).
Фото Т. Гребенниковой



▶ Тихоокеанский берег о. Кунашир, наиболее подверженный воздействию цунами. Фото А. Харламова

