

УДК 574.583 + 551.794+ 582.261  
DOI: 10.18101/2306-2363-2017-4-26-37

### \* ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БЛИЗКО РАСПОЛОЖЕННЫХ ОЗЕР ХАКАСИИ

© *Г. Н. Болобаницикова*

обособленное подразделение Институт биофизики Сибирского отделения  
Российской академии наук  
ул. Академгородок, 50/50, Красноярск, 660036, Россия  
E-mail: galina.ibp@mail.ru

© *Д. Ю. Рогозин*

обособленное подразделение Институт биофизики Сибирского отделения  
Российской академии наук  
ул. Академгородок, 50/50, Красноярск, 660036, Россия,  
Сибирский Федеральный Университет  
пр. Свободный, 79, Красноярск, 660041, Россия  
E-mail: rogozin@ibp.ru

Изучение донных отложений водоемов является одной из важнейших задач в процессе реконструкции палеоклимата. Особое внимание заслуживают меромиктические озера, в которых донные осадки хорошо сохраняют свою слоистость. Высокая минерализация в придонном слое воды способствует «консервации» вновь оседающего на дно материала. Диатомовые водоросли же являются одним из основных палеоиндикаторов развития водоёма, в связи с тем, что, благодаря прочному кремнезёмному панцирю, они сохраняются в течение многих столетий в донных отложениях. Ранее керн озера Ши́ра уже был проанализирован на видовой состав диатомовых водорослей. При повторном анализе появились новые сведения, которые и были отображены в этой работе. Также был проведён сравнительный анализ диатомовых водорослей донных отложений двух близко расположенных озёр Ши́ра и Утичьё-3 (Хакассия, Россия). Результаты анализа показали, что оба озера в прошлом были менее минерализованы, чем в настоящее время, а климатические условия в регионе расположения озёр, неоднократно менялись.

**Ключевые слова:** палеолимнология; диатомовые водоросли; донные отложения; солёные озера; *Cyclotella choctawhatcheeana* Prasad; *C. meneghiniana* Kützing; *Aulacoseira* sp.

Озеро Ши́ра (54°30' N, 90°11' E, п. Жемчужный, Ширинский р-он, Республика Хакассия, Россия) расположено в северной части Республики Хакассия в 17 км от районного центра п. Ши́ра. Водоем является меромиктическим, слабосоленым (15-19 г/л) (2002-2012 гг.) и слабощелочным (от 8.9 до 9.3). Площадь озера составляет 39.5 км<sup>2</sup>, максимальная глубина 24 м [17]. Озеро бессточное, питание его осуществляется за счет р. Сон, а также атмосферных, подземных и антропогенных фактора.

Озеро Утичьё-3 (54°31'N, 90°28'E, Ширинский р-он, Республика Хакассия, Россия) расположено в Ширинском районе Хакассии в 23 км восточнее курорта «Озеро Ши́ра». Площадь — 1,41 км<sup>2</sup>, длина береговой линии 5,4 км. Абсолютная отметка уреза воды 362,1 м. Вытянуто в северо-восточном направлении на 2,1

км, ширина 1,2 км. Средняя глубина 2,5 м. В зимний период 2006 г. Глубина озера достигала 5,5 м. Минерализация воды по годам колеблется от 7,9 до 5,9 г/л. Реакция водной среды варьирует от слабощелочной (pH=7,6) до щелочной (pH=8,3). Озеро бессточное – питание озера осуществляется за счет грунтовых, подземных и атмосферных вод.

В озере Шира ранее проводились работы по изучению видового состава и вертикальной структуры фитопланктона, а также анализ материала седиментационных ловушек в 2012 г. [1, 3, 7, 10, 11, 13, 15, 16, 19]. На 1996 г. было известно, что из диатомей в озере Шира присутствуют следующие виды: *C. choctawhatcheeana* [10], ранее известная как *C.tuberculata* Makarova & Loginova [21], *Diatoma vulgare* Bory, *Navicula* sp., *Nitzschia* sp., *Stephanodiscus* sp. из них в летнее время явное превосходство имела *C. choctawhatcheeana* [10].

### Материалы и методы

В мае 2011 г. коробчатым дночерпателем, разработанным в Институте биологии внутренних вод РАН (ИБВВ) (п. Борок), захватывающим квадратный участок дна размером 160×160 мм с максимальной глубиной погружения в донные осадки 440 мм, была отобрана проба длиной 400 мм (рис. 1.1). Сразу же после транспортировки на берег отбирали керны с помощью пластиковых трубок внутренним диаметром 45 мм. Трубки герметично закрывали с обоих концов и хранили в вертикальном положении при температуре +4°C. В лаборатории, керн разрезали вдоль и разделяли пополам с помощью двух тонких пластин из нержавеющей стали, вставленных в разрез. После разделения керна пластины удалялись сдвигом в поперечном направлении, что позволяло сохранить ненарушенными поверхности разреза с видимыми горизонтальными слоистыми неоднородностями. Половинки кернов выдерживали на воздухе при слабом освещении в течение суток, чтобы цветовые различия проявились наилучшим образом. Затем делалось цветное фото каждого керна с закрепленной миллиметровой линейкой. Половинки керна разделялись затем на поперечные образцы (слайсы) с шагом 5-10 мм. Все образцы хранились при температуре –20°C в темноте, в полиэтиленовых пакетах с выдавленным воздухом [18]. В процессе отбора, верхние слои керна были размыты и утеряны, поэтому для приведения образцов к единой шкале глубины в качестве реперной точки использовалась верхняя граница первого «белого» слоя, которая принималась за 130 мм от поверхности раздела «вода - донные отложения» Точное положение вышеупомянутой границы было определено ранее. Визуальным подсчетом слоев было показано, что верхняя граница первого «белого» слоя соответствует 1945 г. [22]. Первый белый карбонатный слой начинался на глубине 130 мм — условная граница 1-го белого слоя, определенная по пробе «ящик 2010», и заканчивался на глубине 160 мм, а второй белый слой начинался с глубины 360 мм. Возраст изученных интервалов оценивался по подсчету индивидуальных слоев, годовичная природа которых была подтверждена положением в разрезе пика искусственного радиоактивного изотопа <sup>137</sup>Cs, отвечающего 1963 г. — году максимальных глобальных выпадений от ядерных испытаний [17, 22].

В июле 2012 г. озера Утичье-3 по вышеописанной методике также была взята проба, из которой был взят керн длиной 210 мм (рис. 1; 2).

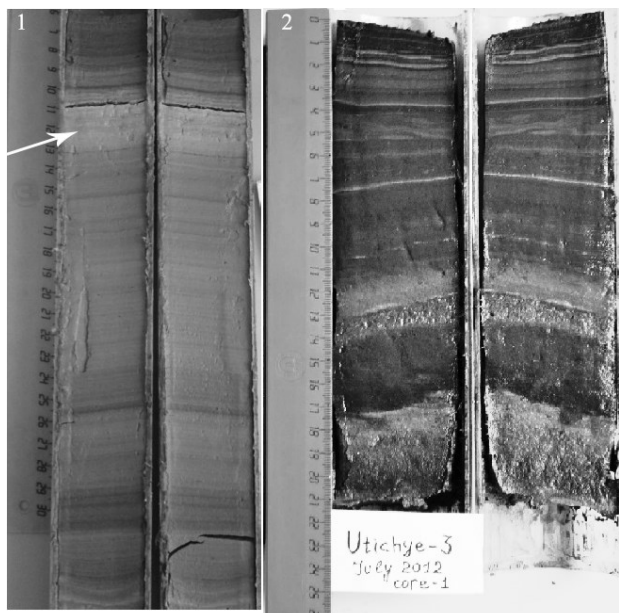


Рис. 1. Исследованные керны: 1 — керн верхней части донных отложений озера Ши́ра (Хакасия, май 2011 г.), стрелкой указан 1-й белый карбонатный слой); 2 — керн верхней части донных отложений озера Утичье-3 (Хакасия), июль 2012 г.

Помимо проб керна, в течение 2012-2013 гг. на озере экспонировались седиментационные ловушки. Ловушки экспонировались в центральной глубоководной части озера (близ точки  $54^{\circ}30'350\text{ N}$ ,  $90^{\circ}11'350\text{ E}$ ) в следующие периоды: 14 марта — 27 мая, 26 мая — 7 июля, 8 июля — 4 сентября [3], 4 сентября — 24 октября в 2012 г., 24 октября — 31 мая, 16 марта — 31 мая, 31 мая — 8 июля, 10 июля — 3 сентября, 4 сентября — 23 октября в 2013 г.

Из каждой ловушки было взято по 3 пробы, объемом 1.5 мл, которые высушивались в сушильном шкафу в течение суток при температуре  $100^{\circ}\text{C}$ . Последующая обработка и анализ проб ловушек и керна проводились по стандартной методике с использованием 30% перекиси водорода [4].

Подсчёт и фотофиксация створок диатомей проводились на световом иммерсионном (Axioscope 40, Zeiss) и электронных микроскопах (SEM Quanta 200, FEI Company; TEM, Table Microscope 3000, Hitachi; SEM S-5500, Hitachi). Седиментационный поток рассчитывали исходя из общего количества клеток в ловушке, времени экспозиции ловушки и площади ее сечения. Для определения диатомовых водорослей использовали определители и систематические сводки [6, 8, 9, 12, 14, 21, 23, 24, 25, 27, 28, 30]. Для уточнения авторов видов использовали сайт <http://algaebase.org>.

## Результаты

**Анализ проб седиментационных ловушек.** Качественный анализ ловушечного материала показал, что доминирующим видом среди диатомей во все периоды является *S. choctawhatcheeana*. Наряду с доминирующим видом, в ловушках присутствовала *S. meneghiniana* и единично встречались следующие виды: *Amphora* sp., *Synedra* sp., *Navicula* sp., *Cocconeis* sp., *Rhopalodia* sp., *Epithemia* sp. [3].

Сезонная динамика диатомовых водорослей (рис. 2) показала, что наибольшее число седиментационного потока клеток диатомей на дно в 2012 г. было зафиксировано в весенне-летних ловушках (май — июль, 2012) (табл.). Пиковое значение приходится на ловушку 20 м и соответствует значению  $(9.6 \pm 4.5) \cdot 10^8$  кл./ $(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$  [3]. Наименьший поток клеток в 2012 г. приходился на ловушки весенние ловушки (март — май, 2012) и приходится на глубину 15 м, где диатомовые обнаружены не были [3].

Таблица  
Седиментационный поток диатомовых водорослей озера Шира  
(03.2012-10.2013), ( $10^8$  кл· $\text{м}^{-2}$ ·сут $^{-1}$ )

Период экспозиции	Глубина экспозиции, м		
	13	15	20
14.03.12-26.05.12	-	0	2.7±1.3
26.05.12-07.07.12	2.6±1.2	5.2±2.0	9.6±4.5
07.07.12-04.09.12	4.7±2.2	4.4±2.1	4.3±2.0
04.09.12-24.10.12	2.4±0.2	2.2±0.2	2.7±1.3
24.10.12-31.05.13	0.1±0.8	0.4±0.2	0.6±0.2
16.03.13-31.05.13	0.05±0.1	0.02±0.1	0.2±0.2
31.05.13-08.07.13	5.1±1.7	4.1±1.0	5.8±1.8
10.07.13-03.09.13	8.3±2.5	6.4±2.1	5.1±1.4
04.09.13-23.10.13	3.4±0.9	3.4±0.9	2.2±1.0

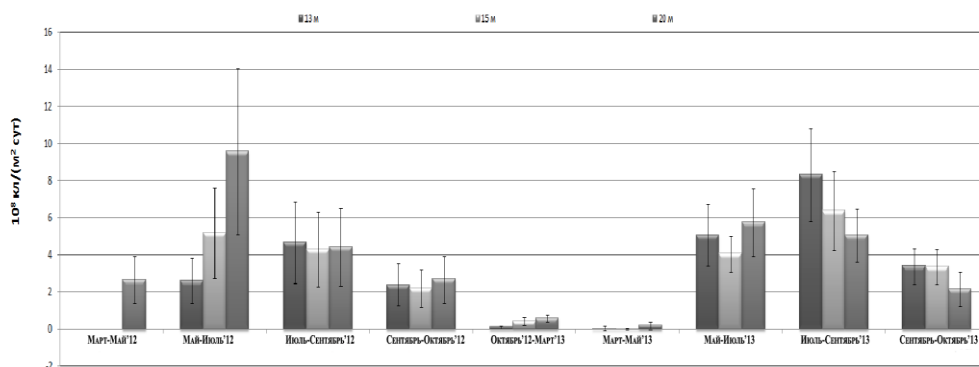
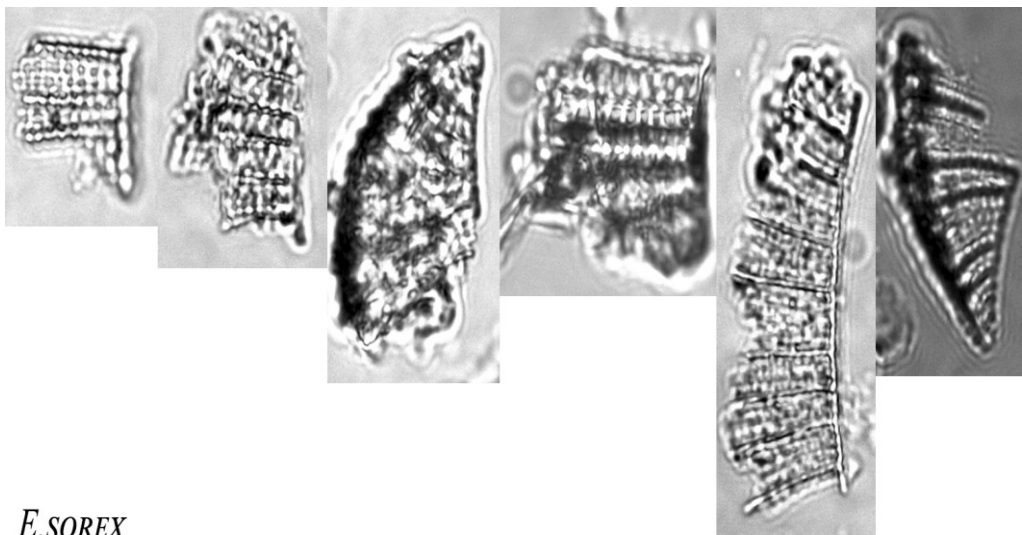


Рис. 2. Сезонная динамика седиментационного потока клеток диатомовых водорослей в озере Шира за 2012-2013 гг.

Наибольший поток клеток диатомовых водорослей в озере Шира за 2013 г. приходится на период осенне-летний период (июль-сентябрь, 2013) и численно соответствует значению  $(8,3 \pm 2,5) \cdot 10^8$  кл/(м<sup>2</sup> · сут). Наименьший поток клеток был зафиксирован в период ранней и поздней весны (март-май), как и в 2012 г. - максимальная численность оседающих клеток была на глубине 20 м и численно равна  $(0,2 \pm 0,2) \cdot 10^8$  кл/(м<sup>2</sup> · сут).

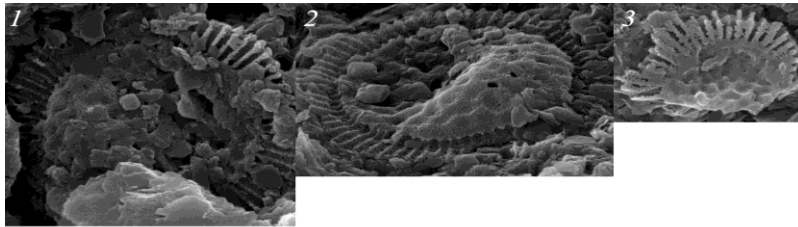
**Анализ проб керна озера Шира.** Анализ донных отложений показал, что диатомовые водоросли распределены в толще керна неравномерно. Впервые диатомовые встречаются перед первым карбонатным белым слоем, на глубинах от 60 до 110 мм, что датируется примерно 1980–1955 гг. [17]. Наличие створок *C. choctawhatcheeana*, а также створок представителей родов *Cocconeis* sp., *Nitzschia* sp. (рис. 4) говорит о сходстве с современным составом диатомей в озере Шира [3]. Наряду с *C. choctawhatcheeana* в образцах часто встречались частично разрушенные створки *E. sorex* Kützing (рис. 3).

Перед вторым белым карбонатным слоем, на глубине 310–315 мм, что датируется примерно 1690–1683 гг., единично встречалась *N. sigmoidea* (Nitzsch) W. Smith (рис. 5–6), структура которой сохранилась в хорошем состоянии. А на глубине 335–355 (приблизительно 1655–1627 гг.), были обнаружены створки *Aulacoseira* sp. и *A. ambigua* (Grunow) Simonsen (рис. 5-1, 2). Помимо них на этой глубине встречались створки *Staurosira venter* (Ehrenberg) Cleve & J.D. Möller (рис. 5-7, 8) [3].

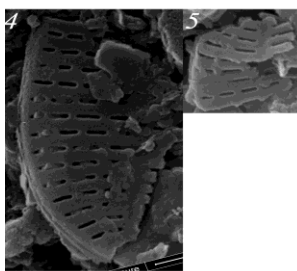


*E. SOREX*

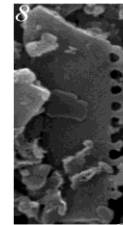
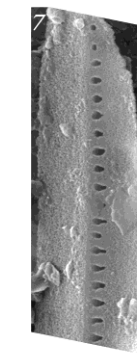
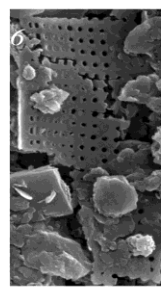
Рис. 3. Диатомовые в керне, глубина 60–110 мм: осколки створок *E. sorex*. С глубины 120 мм и вплоть до 310 мм (включая первый белый слой 130–160 мм) диатомовые обнаружены не были [3].



*C. CHOCTAWHATCHEEANA*

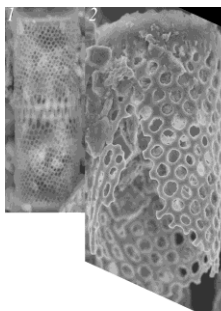


*C. EUGLYPTOIDES*

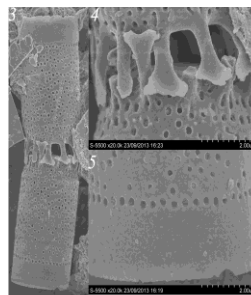


*NITZSCHIA SP.*

Рис. 4. Диатомовые в керне, глубина 60-70 мм: 1, 2, 3 – осколки створок *C. choctawhatcheeana*; 4, 5 – осколки створок *C. euglyptoides*.; 6, 7, 8 – осколок створок *Nitzschia sp.*



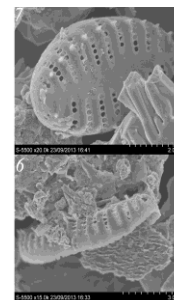
*A. AMBIGUA (GRUNOW) SIMONSEN*



*AULACOSEIRA SP.*



*N. SIGMOIDEA*



*S. VENTER*

Рис. 5. Диатомовые в пробах керна озера Шира, глубина 310-355 мм: 1, 2 — *A. ambigua*; 3, 4, 5 — *Aulacoseira sp.*; 6 — *N. Sigmoidea*; 7, 8 — *S. venter*.

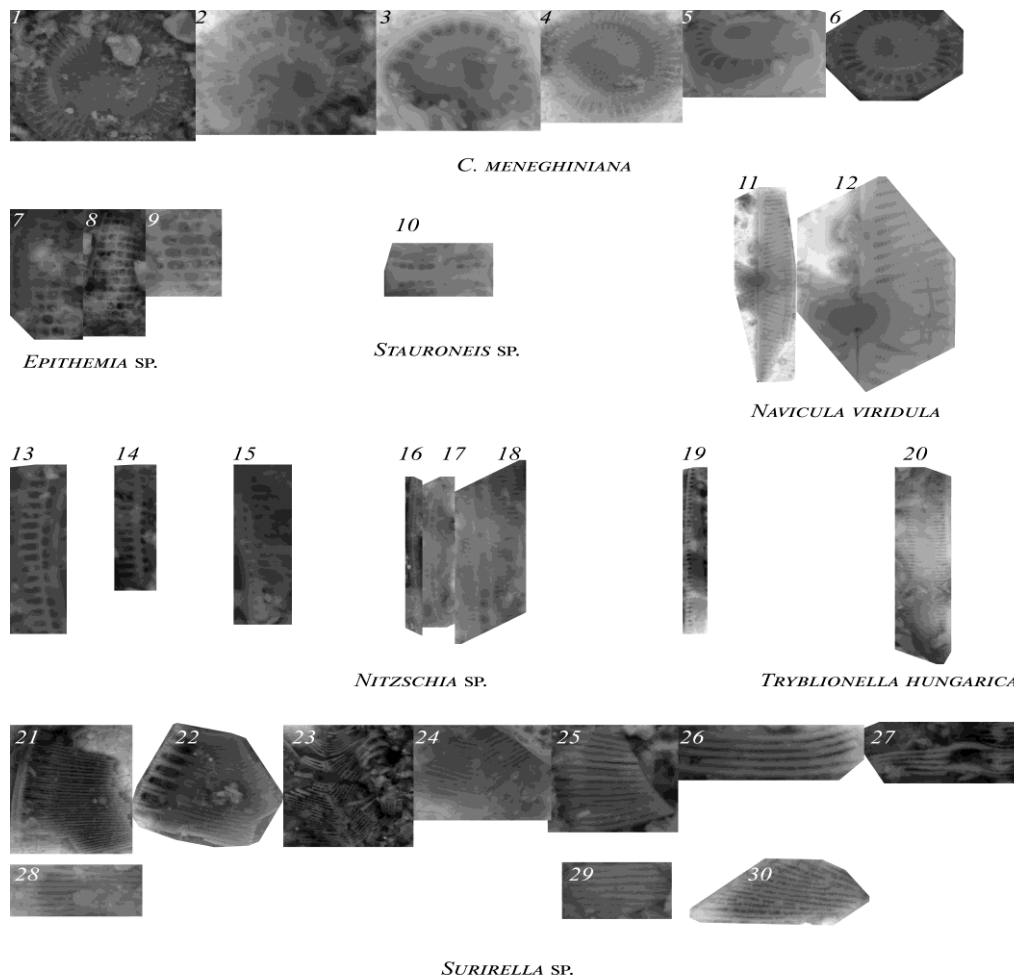


Рис. 6. Диатомовые в пробах керна озера Утичье-3: 1–6 — *C. meneghiniana*; 7–9 – *Epithemia sp.*; 10 – осколок створки (предположительно) *Stauroneis sp.*; 11–12 - *Navicula viridula* (Kützing) Ehrenberg; 13–19 – *Nitzschia sp.*; 20 - *Tryblionella hungarica* (Grunow) Frenguelli; 21–30 – осколки створок *Surirella sp.*

Подсчёт численности диатомовых водорослей в донных отложениях озера Ши́ра оказался затруднителен ввиду небольшого количества найденных створок и их сильной разрушенности. В общей сложности диатомовых водорослей в ловушечном материале и керна озера Ши́ра было обнаружено 43 таксона [3].

**Анализ проб керна озера Утичье-3.** К сожалению, с датировкой слоев керна озера Утичье-3 возникли трудности, в связи с чем, в данной работе она не рассматривается. Результаты анализа донных отложений представлены в виде описания слоев без привязки к приблизительным датам их появления.

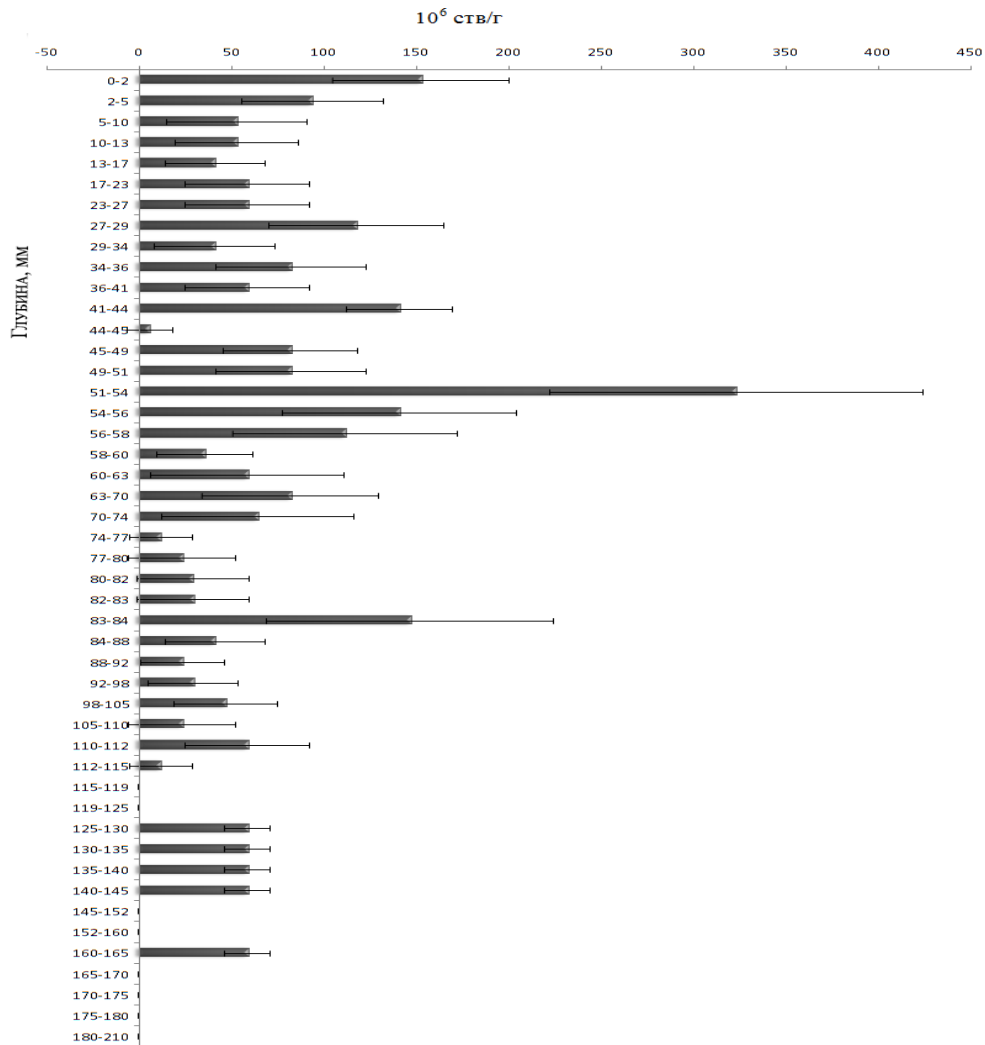


Рис. 7. Вертикальный профиль численности диатомовых водорослей в керне озера Утичьё-3. По оси X – количество створок диатомей ( $10^6$  ств/г), по оси Y – глубина керна в мм

В отличие от озера Шира, в пробах керна озера Утичьё-3 диатомовые водоросли встречались намного чаще и были обнаружены почти во всех слоях. За исключением слоя 165-170 мм, во всех пробах доминировала *C. meneghiniana* (рис. 6). На протяжении всего керна в значительном количестве присутствовала *Surirella* sp. Единично встречались *Amphora* sp., *Cocconeis* sp., *Navicula* sp. и осколки створок *Stauroneis* sp. В слое 165-170 мм доминировали *Surirella* sp. и *Nitzschia* sp. Был проведен количественный подсчёт створок диатомовых водорослей в донных отложениях озера Утичьё-3 (рис. 7). В слоях наблюдалось три пиковых значения, приходящихся на слои 0-2 мм, 51-54 мм и 83-84 мм и соот-



ветственно равных  $(152,8 \pm 47,7) \cdot 10^6$  ств/г,  $(323,3 \pm 101,1) \cdot 10^6$  ств/г и  $(146,9 \pm 77,8) \cdot 10^6$ . В слоях 115-125 мм, 145-160 мм и 165-210 мм диатомовые обнаружены не были.

### Обсуждение результатов

Анализ проб воды и седиментационного материала озера Ши́ра показал, что видовой состав диатомовых водорослей начиная с 1946 г. [1, 3, 7, 10, 11, 13, 15, 16, 19] остается неизменным. Доминирующим видом, как и в предыдущие годы исследований, является *S. choctawhatcheeana*, которая является планктонным, солоноводным и морским видом, широко распространенным в эвтрофных водоемах [21]. Присутствовавшие в пробах бентосные виды, такие как *A. aequalis*, *S. euglyptoides*, *S. placentula* являются индифферентными видами, т. е. могут развиваться при различных уровнях солености.

При исследовании керна было выяснено, что вертикальный профиль численности диатомовых водорослей в верхней части донных отложений обладает неоднородностью. Перед карбонатными белыми слоями наблюдается всплеск не только численности, но и наличия диатомей. В других слоях диатомовые обнаружены не были [3].

Сравнительный анализ проб ловушечного материала с пробами керна показал, что видовой состав диатомей озера Ши́ра приблизительно с 1946 г. [1, 3, 7, 10, 11, 13, 15, 16, 19] схож с современным составом. А видовой состав диатомей приблизительно с 1690-1683 гг. и 1655-1627 гг. отличается от современного состава. Судя по наличию створок колониальных водорослей альпийских, арктических и умеренных широт: *Aulacoseira* sp. и *A. ambigua* (планктонный, донный, индифферентный, мезотрофный вид), *S. venter* (бентосный, индифферентный, олиготрофный вид), можно предположить, что озеро Ши́ра в середине и конце XVII века представляло собой мезотрофный водоем, вероятно, с большей глубиной и слабощелочной средой, но с меньшей соленостью, чем в настоящее время. Наличие аркто-альпийских видов говорит о том, что климатические условия возможно были более холодными, нежели в настоящий момент.

Что же касается плохой сохранности диатомовых водорослей в донных отложениях озера Ши́ра и их отсутствие в слоях со 120 мм и до 310 мм, а скорее невозможность их фиксирования даже в осколочном виде, объясняется высокой минерализацией водоема, а также высокой и вместе с тем неблагоприятной для сохранности створок диатомей рН средой.

О негативном влиянии на сохранность створок диатомей более щелочной среды указывается в статье [20]. Помимо этого, на сохранность створок влияют скорость оседания и осадконакопления, концентрация диатомовых водорослей – чем выше показатели этих факторов и чем ниже показатели рН, температуры, чем меньше глубина водоёма и использование створок диатомей в качестве корма другими организмами, включая бактерий, тем лучше сохранность.

При исследовании озера Белое (Западная Сибирь, Россия), схожее по характеристикам с озером Ши́ра, указывается, что отсутствие диатомовых водорослей в белых карбонатных и илистых слоях может быть связано с ростом

pH и, вместе с тем, с дефицитом фосфора и железа, обусловленным обилием кальция, лимитирующего активность этих элементов [26].

Более щелочная среда может растворять кремнеземный панцирь диатомей после отмирания клеток, что может усложнять ситуацию с сохранностью, а, следовательно, и возможность зафиксировать другие створки диатомовых в слоях, соответствующих состоянию озера с более щелочной средой. Стоит также учесть, что в озерах с высокой минерализацией и щелочной средой видовой состав диатомей в принципе не богат.

Анализ донных отложений озера Утичье-3 показал, что состояние озера в ближайшем прошлом менялось незначительно. Увеличение пикового значения в середине керна может свидетельствовать об уменьшении уровня минерализации озера. Наблюдающееся постепенное уменьшение створок с движением вглубь керна доминирующей в озере *C. meneghiniana*, встречающейся как в солоноводных водоёмах, так и в пресноводных, и увеличение численности *E. sorex*, которая является пресноводным видом, также свидетельствует об уменьшении минерализации водоёма.

Отсутствие же створок диатомей в слоях 115-125 мм, 145-160 мм и 165-210 мм керна озера Утичье-3 может объясняться тем, что в 20-е гг. XX века озера пересыхало [5]. Соответственно, в эти годы альгофлора, в т.ч. и диатомовые водоросли, в озере просто напросто не могла развиваться.

Если провести сравнение донных отложений озера Ши́ра и озера Утичье-3, то можно сделать вывод, видовой состав диатомовых озера Ши́ра в пробах ловушек и до первого белого карбонатного слоя имеет схожую картину с видовым составом верхней части керна озера Утичье-3. В обоих кернах присутствуют виды *C. meneghiniana* и *E. sorex*. Вероятно, выпадение 1-го белого карбонатного слоя озера Ши́ра и пересыхание озера Утичье-3 приходится на один и тот же момент времени.

Таким образом, можно сделать вывод, что состояние озер Ши́ра и Утичье-3 в прошлом неоднократно менялось, а, вместе с тем, и климатические условия региона.

#### Литература

1. Александровская М. А., Гончарова М. Н., Комарова Н. М. и др. Гидроминеральные ресурсы района озера Ши́ра (отчет о работах 1957-58 гг.). Т. 1 (№ 117), Т. 2 (№ 118). М.: МГУ, 1959. 500 с.
2. Белякова Г. А. Водоросли и грибы. Ботаника: в 4 т. Т. 2. М.: Академия, 2006. 320 с.
3. Болобанщикова Г. Н., Рогозин Д. Ю., Фирсова А. Д. и др. Анализ диатомовых водорослей водной толщи и донных отложений озера Ши́ра (Хакасия, Россия) // Сиб. экол. журн. 2015. № 2. С. 215–228.
4. Вассер С. П., Кондратьева Н. В., Масюк Н. П. и др. Водоросли. Справочник. Киев: Наукова Думка, 1989. 608 с.
5. Водные ресурсы Ширинского района Республики Хакасия / под ред. В. П. Парначева. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1999. 171 с.
6. Генкал С. И., Трифонова И. С. Диатомовые водоросли планктона Ладожского озера и водоемов его бассейна. Рыбинск: Изд-во ОАО Рыбинский Дом печати, 2009. 72 с.
7. Дегерменджи Н. Н., Зотина Т. А., Толмеев А. П. Структурно- функциональные компоненты планктонного сообщества экосистемы озера Ши́ра (обзор и эксперименты) //

Сибирский экологический журнал. 1996. № 5. С. 439–452.

8. Диатомовые водоросли России и сопредельных стран. Ископаемые и современные. Т. 2, Вып. 3 / под. ред. И. В. Макарова. СПб: Изд-во СПб университета, 2002. 193 с.

9. Забелина М. М., Киселев И. А. и др. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. Диатомовые водоросли. М.: Советская наука, 1951. 619 с.

10. Зотина Т. А. Вертикальное распределение фитопланктона соленого озера Шира // Гидробиологический журнал. 2000. Т. 36, № 1. С. 38–46.

11. Зотина Т. А., Толмеев А. П. Видовой состав и вертикальная структура фито- и зоопланктона озера Шира // Вестник Хакасского государственного университета им. Н. Ф. Катанова. 1997. Вып. IV, серия 4. Биология, Медицина, Химия. С. 69–71

12. Киселев И. А. Планктон морей и континентальных водоемов. Т.1. Л.: Наука, 1969. 658 с.

13. Колмаков В. И., Гаевский Н. А., Гольд В. М. и др. Изучение фитопланктона озера Шира. - Красноярск, Красноярский гос. ун-т. 1993. 20 с. Деп. в ВИНТИ 26.10.93, № 2669-В93.

14. Лихошвай Е. В., Помазкина Г. В., Никитеева Т. А. Центрические диатомовые водоросли из миоценовых отложений байкальской рифтовой зоны (Тункинская котловина) // Геология и геофизика. 1997. Т. 38(9). С. 1445–1452.

15. Макеева Е. Г., Науменко Ю. В., Материалы к флоре BACILLARIOPHYTA озеро Шира (Россия, Хакасия) // Сибирский экологический журнал. 2012. № 3. С. 351–359. [Makeeva E. G., Naumenko Y. V. Data on the Flora of Algae Bacillariophyta of Shira Lake (Russia, Khakasia) // Contemporary Problems of Ecology. 2012. № 3. P. 351–359.

16. Попова Т. Г. К познанию альгофлоры водоемов северной Хакасии // Известия Зап.-Сиб. филиала АН СССР. Сер. биол. Ч. 1. 1946. С. 41–72

17. Rogozin D. Yu., Zykov V. V., Kalugin I. A., Dar'yan A. V., Degermendzhi A. G. Каротиноиды фототрофных организмов в донных отложениях меромиктического озера Шира (Россия, Сибирь) как индикатор стратификации озера в прошлом // Докл. АН. 2011. Т. 439, № 2. С. 282–285.

18. Rogozin D. Yu., Pimenov N. V., Kosolapov D. B., Chan'kovskaya Yu. V., Degermendzhi A. G. Тонкослойные вертикальные распределения пурпурных серных бактерий в зонах хемоклина меромиктических озер Шира и Шунет (Хакасия) // Доклады АН. 2005. Т. 400, № 3. С. 426–429.

19. Черепнина Г. И. Фитопланктон и его продукция на озерах юга Красноярского края // Круговорот веществ и энергии в водоемах. Элементы биотического круговорота: Тез. докл. 4 Всесоюзного Лимнологического совещания / Лиственичное на Байкале. 1977. С. 74–77.

20. Flower R. J., Ryves D. B. Diatom preservation: differential preservation of sedimentary diatoms in two saline lakes // Acta Bot. Croat. 2009. № 68 (2). P. 381–399.

21. Genkal S. I. Morphology, taxonomy, ecology, and distribution of *Cyclotella choctawhatcheeana* prasad (Bacillariophyta) // Inland Water Biology. 2012. V. 2. P. 169–177.

22. Kalugin I., Darin A., Rogozin D., Tretyakov G. Seasonal and centennial cycles of carbonate mineralisation during the past 2500 years from varved sediment in Lake Shira, South Siberia // Quaternary International. 2013. V. 290–291. P. 245–252.

23. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Teil 3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart; Jena: Gustav Fischer Verlag. 1991. Bd 2. H. 3. 576 S.

24. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Teil 1: Naviculaceae // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag. 1986. Bd 2/1. 876 S.

25. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Teil 2: Epithemiaceae, Bacillariaceae, Surirellaceae. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag. 1988. Bd 2/2. 536 S.

26. Krivonogov S. K., Takahara H., Yamamuro M. and el. Regional to local environmental changes in southern Western Siberia: Evidence from biotic records of mid to late Holocene sediments of Lake Beloye // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2012. V. 331–332. P. 177–193.

27. Lange-Bertalot H. *Navicula sensu stricto*. 10 Genera separated from *Navicula sensu lato*. *Frustulia // Diatoms of Europe: diatoms of the European inland waters and comparable habitats*. 2001. V. 2. P. 1-526.

28. Levkov Z. *Amphora sensu lato* / In.: H. Lange-Bertalot (ed.) *Diatoms of Europe: Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats*. 2009. V. 5. P. 5-916.

29. Tracey B., Lee N., Card V. Sediment indicators of meromixis: comparison of laminations, diatoms, and sediment chemistry in Brownie Lake, Minneapolis, USA // *Journal of Paleolimnology*. 1996. V. 15 (2). P. 129-132.

30. AlgaeBase – a database of information on algae that includes terrestrial, marine and freshwater organisms. <http://algaebase.org>.

#### DIATOMS OF BOTTOM SEDIMENTS IN ADJACENT LOCATED LAKES OF THE REPUBLIC OF KHAKASIA

*G. N. Bolobanshchikova*

a separate division of The Institute of Biophysics of the Siberian branch of the Russian Academy of Sciences

St. Akademgorodok, 50/50, Krasnoyarsk, 660036, Russia

E-mail: galina.ibp@mail.ru

*D. Y. Rogozin*

a separate division of The Institute of Biophysics of the Siberian branch of the Russian Academy of Sciences

St. Akademgorodok, 50/50, Krasnoyarsk, 660036, Russia

Siberian Federal University

prospect Svobodny, 79, Krasnoyarsk, 660041, Russia

E-mail: rogozin@ibp.ru

The study of bottom sediments is one of the most important tasks in the reconstruction of paleoclimate. Of special note are meromictic lakes, in which sediments retain their layering. High salinity in the bottom layer of water contributes to "conservation" of newly deposited material. Diatoms are one of the main paleoindicators of the reservoir development, due to the fact that, thanks to the durable silica shell, they persist for many centuries in the sediments. Earlier Kern of lake Shira has already been analyzed on the species composition of diatoms. There analysis revealed new information that was represented in this work. Also a comparative analysis of diatoms of bottom sediments of two nearby lakes Shira and Utichye-3 (Khakassia, Russia) was carried out. The results of the analysis showed that both lakes were less mineralized in the past than at present, and the climatic conditions in the region of the lakes changed repeatedly.

*Keywords:* paleolimnology, diatoms, sediments, salt lakes, *Cyclotella choctawhatcheeana* Prasad, *C. meneghiniana* Kützing, *Aulacoseira* sp.