

УДК 582.26(571.151)

Е.Ю. Митрофанова

E.Yu. Mitrofanova

**ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И КОЛИЧЕСТВА ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ
В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ МЕЛКОВОДНОГО ОЗЕРА (НА ПРИМЕРЕ
МАНЖЕРОКСКОГО ОЗЕРА, АЛТАЙ)**

**FEATURES OF COMPOSITION AND ABUNDANCE OF DIATOM ALGAE
IN BOTTOM SEDIMENTS OF A SHALLOW LAKE
(LAKE MANZHEROKSKOYE AS A CASE STUDY, ALTAI)**

Изучен состав и обилие диатомовых водорослей в керне донных отложений мелководного Манжерокского озера, расположенного в таежном поясе Алтайской горной страны. Эколого-географический анализ выявленных таксонов показал, что преобладают бентосные бореальные алкалифильные галофобные виды стоячих вод, что характерно для мелководных стоячих небольших по площади пресных озер бореальной зоны. Вдоль по керну отмечены значительные вариации в количестве диатомей, что может свидетельствовать о кардинальной смене экологических условий во время существования водоема.

Диатомовые водоросли имеют широкое распространение в разнотипных водоемах различных климатических зон Земли, в том числе в мелководных озерах. Если в глубоких озерах они могут развиваться практически круглогодично ввиду низкой температуры воды, то в более мелких водоемах – в большинстве случаев в осенне-зимне-весенний период, когда вегетация более теплолюбивых видов из отделов зеленых водорослей и цианобактерий ограничена. Но в донных отложениях любых типов водоемов сохраняются только кремнийсодержащие водоросли, а именно диатомовые с незначительной примесью стоматоцист золотистых водорослей. Поэтому в качестве палеоэкологических индикаторов при оценке экологического состояния разных водоемов широко используют именно диатомовые водоросли, различные количественные показатели которых являются не одномоментным откликом, а «интегрирующими» величинами всех изменений в экосистеме водоема за определенный период времени.

Стратиграфический анализ остатков диатомовых водорослей в разных слоях донных отложений озер позволяет реконструировать условия окружающей среды, которые были в тот или иной период времени, так как диатомеи образуют характерные экологические комплексы, приуроченные к разным биотопам и адаптированные к различным факторам среды. Чтобы произвести реконструкцию условий среды в прошлом, в первую очередь в донных отложениях нужно изучить состав диатомей и определить количество их створок, выявить соотношение основных групп (планктонные и бентосные, центрические и пеннатные), выделить виды-индикаторы различных факторов среды. Цель работы – изучение состава и количества диатомовых водорослей в донных отложениях мелководного Манжерокского озера в таежном поясе Алтайской горной страны.

Манжерокское озеро расположено на высоте 423 м над ур. м. на древней террасе правого берега р. Катунь в 135 км от ее устья. Длина озера составляет 1,1 км, наибольшая ширина – около 0,4 км, площадь – 0,4 км² (Селедцов, 1963). Озеро мелководное, озерная котловина представляет собой плоскодонную впадину с пологими склонами, на основной площади глубина не превышает 2,5–2,8 м, максимальная – 3 м. Водоем слабоброточный эвтрофного типа. Диатомовые водоросли в фитопланктоне озера играют второстепенную роль, преобладают в летний период в основном зеленые и цианобактерии, в зимний подо льдом – флагелляты из криптофитовых, т.е. водоросли с мягкими клеточными оболочками, которые в донных отложениях не сохраняются.

Керн донных отложений длиной 810 мм был отобран в центральной части водоема в 2010 г. и разрезан послойно с интервалом 50 мм. Обработано 17 проб. Датировки слоев пока не проведено, но, по аналогии с подобными водоемами, данные осадки могут охарактеризовать около 1000 лет жизни озера. Пробы подготавливали и обрабатывали стандартными методами (Диатомовые..., 1974). Постоянные препараты диатомей исследовали с помощью светового микроскопа Laboval 4 (Karl Zeiss). Идентификацию и систематизацию диатомовых водорослей проводили с использованием классических и современных определителей,

сводок и Атласов. При подсчете створок в препаратах учитывали все встреченные панцири диатомей, пересчет количества проводили на 1 грамм осадка.

В результате изучения донных отложений Манжерокского озера выявлено 94 вида (115 видов, разновидностей и форм) диатомовых водорослей, принадлежащих к 25 родам. Наиболее насыщенным по числу видов является р. *Eunotia*, далее следуют *Cymbella* и *Navicula*, а также *Pinnularia* (рис. 1). Представители этих родов встречаются в бентосе и обрастаниях, многие из них обитают в закисленных условиях, что наблюдают при заболачивании водоемов. Только р. *Aulacoseira*, пятый по количеству выявленных видов, представлен истинно планктонными формами. Два других рода, *Asterionella* и *Cyclotella*, представители которых тоже являются планктонами, находятся в правой части спектра с наименьшим количеством видов.

При выделении среди выявленных видов диатомей экологических групп по местообитанию преобладание представителей бентосных группировок и обрастаний сохраняется (85 таксонов), планктонные (9), планкто-бентосные (10) и виды с невыясненной экологической характеристикой присутствуют в танатоценозах озера примерно в равных долях. По географическому распространению в сообществах диатомей преобладают космополиты и виды бореального комплекса – 56 и 37 таксонов соответственно (рис. 2а). Среди индикаторов ацидификации наиболее многочисленны таксоны-индифференты (40 таксонов) и алкалифилы (30 таксонов) (рис. 2б); среди индикаторов галобности тоже преобладают индифференты (77 таксонов) (рис. 2в). Индикаторов реофильности выявлено мало – 25 таксонов, большинство из которых – это представители стоячих вод (13 видов), основная масса таксонов была с невыясненной характеристикой по этому показателю (рис. 2г). В целом, эколого-географический анализ выявленных таксонов показал, что из видов с известными характеристиками преобладают бентосные бореальные индифферентные к рН галофобные виды стоячих вод, что характерно для мелководных стоячих небольших по площади пресных озер бореальной зоны, к которым и принадлежит Манжерокское озеро.

Сапробиологический анализ флоры диатомей в донных отложениях Манжерокского озера показал, что индикаторами степени сапробности воды являются 71 таксон, что составляет 62,3 % от общего их числа. Большая часть из выявленных таксонов – это β -мезосапробионты (31 таксон, или 27,2 % от общего числа таксонов и 43,7 % от числа индикаторов сапробности). На втором месте стоит группа олигосапробионтов (29 таксонов, 25,4 и 40,8 % соответственно), третьими в ранжировании идут ксеносапробионты (10 таксонов, 8,8 и 14,1 % соответственно). Всего один таксон выявлен в группе α -мезосапробионтов (0,9 и 1,4 % соответственно). Таким образом, в составе диатомей в донных отложениях озера преобладают индикаторы умеренно загрязненных и чистых вод.

Число видов диатомовых водорослей в разных слоях донных отложений озера изменялось от 2 до 42 при среднем значении для изученного отрезка керна 25 ± 3 , в то время как количество створок диатомей – от 0,08 до 74,88 млн ств./г при среднем значении $15,61 \pm 5,12$ млн ств./г. Вдоль по керну от верхних слоев к средним наблюдается уменьшение как числа видов, так и общего количества створок диатомей, а затем увеличение количества видов к более глубоким слоям керна с незначительным повышением общей численности в этом же направлении (рис. 3). В верхних 160 мм керна число створок диатомовых водорослей было максимальное, постепенно снижалось практически до минимальных значений в средних слоях и незначительно увеличивалось к нижним. Такое резкое уменьшение количества створок при увеличении видового разнообразия диатомей в нижних слоях керна может свидетельствовать как о смене экологических условий, так и плохой сохранности панцирей диатомовых водорослей в более глубоких горизонтах донных отложений, ввиду, возможно, закисления осадков или общей ацидификации водоема в период формирования донных отложений.

Среди видов по количеству створок выделяется планктонный вид *Aulacoseira italica* (Ehr.) Sim., который в поверхностном слое донных отложений и следующем за ним слое 5–6 достигает численности 22,48 и 25,36 млн ств./г соответственно, что составляет 70,6 и 33,9 % от общего числа створок. В слое 10–11 см доля *A. italica* составляет 33,5 %, далее резко снижается до 5–2 %, ниже – выпадает из состава и появляется в самом нижнем слое с долей 3,7 %. В отличие от *A. italica* другая диатомея, *Stauroneis anceps* f. *gracilis* (Ehr.) Cl., встречается практически во всех слоях исследованного керна, но с меньшей численностью и доля ее в общем количестве створок диатомовых водорослей максимальна в средней части керна. Как отмечают исследователи современных водорослей (Куликовский, 2008), этому виду присуще обитание в заболоченных водоемах различной природы.

Распределение видов диатомовых водорослей в разных слоях донных отложений озера различно. Отмечено, что планктонные виды родов *Aulacoseira* и *Cyclotella* приурочены в основном к верхней части

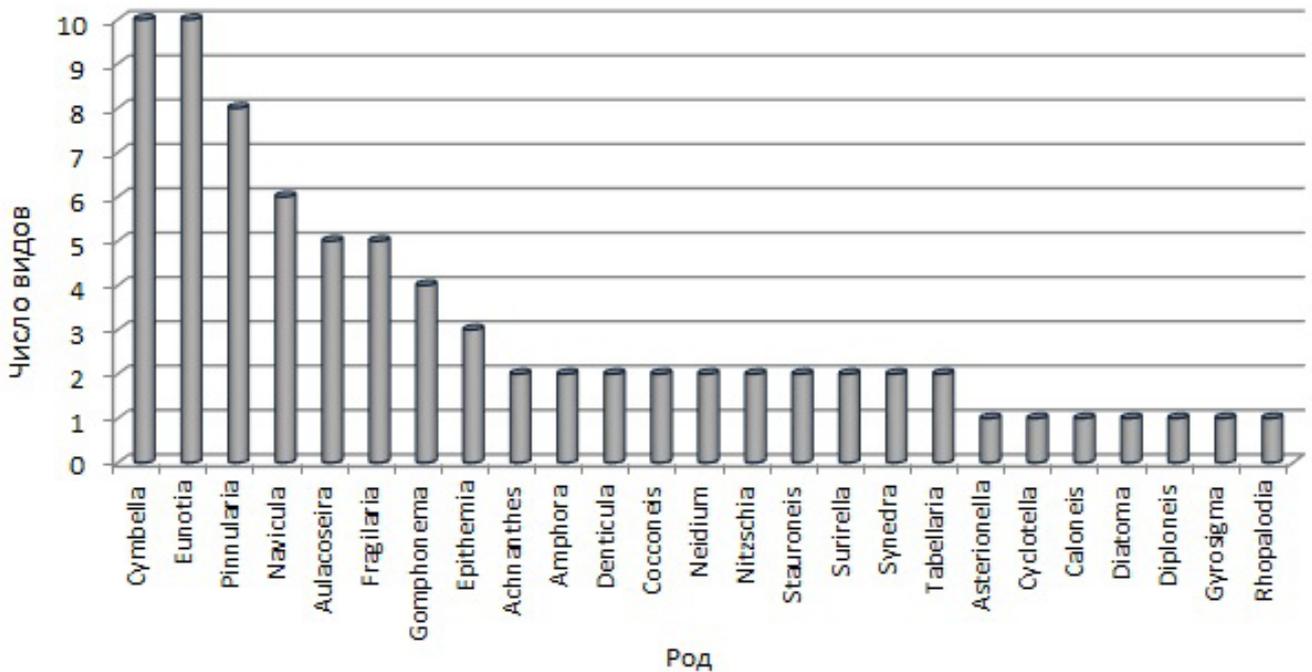


Рис. 1. Родовой спектр диатомовых водорослей в донных отложениях Манжерокского озера.

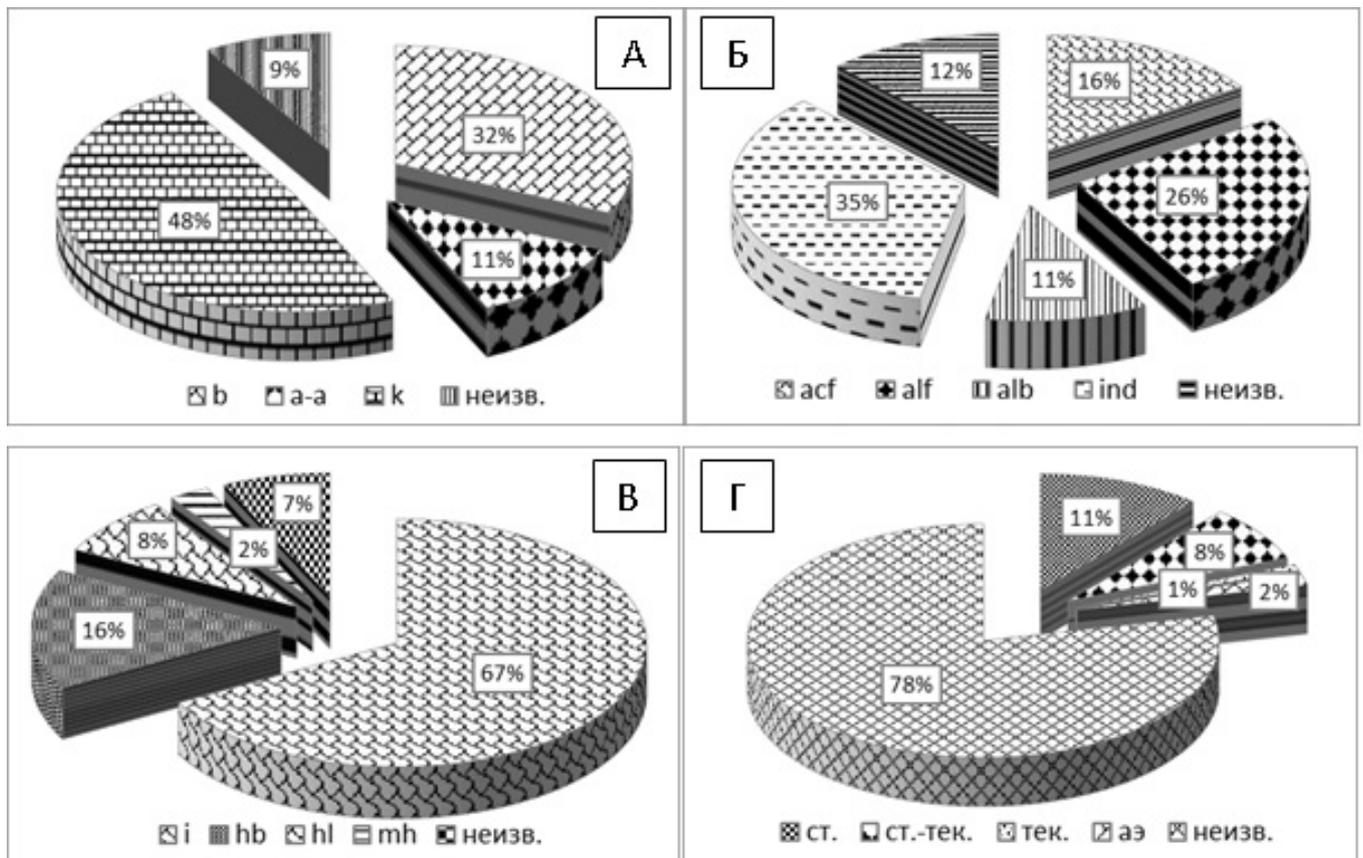


Рис. 2. Соотношение таксонов диатомовых водорослей в донных отложениях Манжерокского озера по географическому распространению (А), отношению к рН среды (Б), галобности (В) и реофильности (Г): *Распространение*: к – космополит; b – бореальный; a-a – аркто-альпийский; *Галобность*: mh – мезогалобы; hl – галофилы; hb – галофобы; i – индифференты; *Отношение к рН*: alf – алкалифилы; alb – алкалибионты; acf – ацидофилы; i – индифференты; *Реофильность*: ст. – стоячий, тек. – текущий, ст.-тек. – стояче-текущий и/индифферент, аз – аэрофил.



Рис. 3. Изменение количества створок диатомовых водорослей (млн шт./г) и числа таксонов в разных слоях донных отложений Манжерокского озера.

керна, что может свидетельствовать о формировании истинно планктонного комплекса в водоеме в этот период. Развитие бентосных видов рр. *Eunotia* и *Pinnularia*, может, напротив, свидетельствовать о заболачивании водоема ввиду его возможного обмеления или закисления, а также при заболачивании территории водосборного бассейна озера. Это общая тенденция, наблюдаемая в небольших по площади и мелководных водоемах в результате их естественной эвтрофикации. Но при изменении гидрологических условий в водоеме, т.е. повышении его проточности и водообмена, деградационный путь развития может смениться на эволюционный, что, вероятно, могло произойти с Манжерокским озером в его историческом развитии. При сравнении полученных данных с таковыми для озера Плешне, расположенного в Богемских лесах Чешской республики (Stefkova, 2008), можно провести некоторые аналогии. Озеро Плешне малое по площади (0,08 км²), олиготрофно-мезотрофное глубиной до 18 м ледникового происхождения. КERN длиной 540 см отражает период примерно в 14600 лет. Возможно, при подобной скорости осадконакопления керн с Манжерокского озера длиной 81 см может соответствовать периоду примерно 1000–2000 лет (!). В озере Плешне тоже наблюдается смена диатомовых комплексов в течение времени, причем виды р. *Eunotia* характерны для периодов ацидификации водоема.

По наличию и количеству видов-индикаторов рН среды в донных отложениях Манжерокского озера была реконструирована рН для изученного отрезка керна согласно методике, предложенной Т.И. Моисеенко с соавт. (1997). Выявлено, что эта величина варьировала вдоль по керну в пределах 6,09–6,96 при среднем значении $6,54 \pm 0,06$, т. е. соответствовала слабокислой среде. В том, что для данного водоема характерны именно такие величины рН, свидетельствуют современные данные. Так, при исследовании подледного фитопланктона Манжерокского озера в марте 2007 г. рН изменялась в пределах 6,3–6,7, т. е. была в слабокислом диапазоне (Митрофанова, 2009). Линия тренда для реконструированной кривой рН показала постепенное уменьшение ее значений от настоящего времени к более ранним периодам, что могло привести к смене экологических условий в водоеме и, как следствие – к количественным изменениям в диатомоценозах.

Таким образом, анализируя данные по составу и количеству диатомовых водорослей в различных слоях донных отложений Манжерокского озера, можно отметить, что в обозримом историческом периоде примерно около 1000 лет происходило циклическое развитие как отдельных видов диатомовых водорослей, так и диатомоценозов озера в целом. Именно мелководные водоемы более подвержены быстрой смене альгоценозов в процессе естественной эволюции водоема.

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ № 13-04-00984 «Динамика экосистем гор Южной Сибири в голоцене по данным комплексных биоиндикационных исследований субэзральных, озёрно-болотных и ледниковых отложений». Автор признателен О.С. Сутченковой за подготовку препаратов диатомей для микроскопирования.

ЛИТЕРАТУРА

Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. I. – Л.: Наука, 1974. – 403 с.

Куликовский М.С. История изучения флор диатомовых водорослей в сфагновых болотах России и некоторых сопредельных государств // Новости сист. низш. раст., 2008. – Т. 42. – С. 36–54.

Митрофанова Е.Ю. Подлёдный фитопланктон мелководного Манжерокского озера, Горный Алтай, Россия // Мир науки, культуры и образования, 2009. – № 5 (17). – С. 16–19.

Моисеенко Т.И., Даувальтер В.А., Каган Л.Я. Горные озера как индикаторы загрязнения воздуха // Водные ресурсы, 1997. – Т. 24, № 5. – С. 600–608.

Селедцов Н.Г. Айское, Манжерокское и Теньгинское озера Горного Алтая // Изв. Алт. отд. Геогр. об-ва СССР, 1963. – Вып. 2. – С. 54–73.

Stefkova E. Diatom species composition in the sediment core of Plesne Lake (Bohemian Forest, Czech Republic) // Silva Gabreta, 2008. – Vol. 146, No. 2. – P. 73–84.

SUMMARY

The composition and abundance of diatoms in bottom sediments of shallow Lake Manzherokskoye located in the taiga belt of the Altai Mountains were studied. The ecological and geographical analysis of identified taxa shows that the boreal benthic alkaliphilic halophobic species of diatoms prevail in species spectrum that is typical for shallow standing small area –freshwater lakes of the boreal zone. The significant variations in diatoms abundance were observed in different core's layers that may indicate of dramatic changes in the environment of the reservoir during its history life.