

## Фитопланктон и экологическое состояние озер лесной зоны Омского Прииртышья

О. П. БАЖЕНОВА

Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина  
644008, Омск, Институтская пл., 1  
E-mail: olga52@bk.ru

Статья поступила 15.08.2016

Принята к печати 14.10.2016

### АННОТАЦИЯ

По материалам многолетних исследований лесных озер Омского Прииртышья проведена оценка их экологического состояния по показателям развития фитопланктона. Описан видовой состав, структура и степень флористического сходства фитопланктона разнотипных озер лесной зоны. Определены трофический статус и качество воды. Установлено негативное влияние избыточной рекреации на экологическое состояние обследованных озер.

**Ключевые слова:** фитопланктон, лесные озера, трофический статус, экологическое состояние, Омское Прииртышье.

В пределах Омской обл. располагается среднее течение Иртыша – одной из крупнейших рек Сибири, поэтому часто эту территорию называют Омское Прииртышье. Северная часть региона относится к лесной зоне, обилие озер и сосновых боров способствует созданию здесь многочисленных зон отдыха и охотничьих угодий [Земля..., 2006]. Расположенные на данной территории озера подвергаются повышенной рекреационной нагрузке, а в связи с планируемым развитием туризма в регионе антропогенная нагрузка на них будет возрастать, что может привести к неблагоприятным экологическим последствиям.

Поскольку процесс загрязнения озер при рекреации в значительной степени неуправляем, то для упорядочивания их использования необходимо соблюдать допустимую

рекреационную нагрузку [Кузнецов и др., 2012]. Растущее антропогенное воздействие на водоемы требует описания структуры и функционирования экосистем в изменившихся условиях [Мусатов, 2001], а для расчета допустимой рекреационной нагрузки рекомендуется, прежде всего, оценить экологическое состояние водоема и направление происходящих в нем процессов. В этих целях успешно используются различные структурно-функциональные показатели фитопланктона [Трифонов, 1994; Lyche-Solheim et al., 2013; Ventelä et al., 2016].

Озера лесной зоны Омского Прииртышья мало изучены, происхождение многих из них до сих пор точно не установлено, а экологическое состояние не оценивалось. Фитопланктон некоторых озер северной части

Омской обл. исследовался во второй половине XX в. известным советским альгологом А. П. Скабичевским [1963]. В начале нашего века появились некоторые данные о фитопланктоне других озер лесной зоны, в том числе бассейна р. Тары, крупного правобережного притока Иртыша [Свириденко и др., 2006; Баженова, Мамаева, 2010; Баженова и др., 2012в; Баженова и др., 2012б].

Цель работы – оценить экологическое состояние некоторых озер лесной зоны Омского Прииртышья по показателям фитопланктона.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Пробы фитопланктона отбирали в летний сезон 2009, 2011, 2013–2015 гг. Исследования проводили на разнотипных озерах лесной зоны, расположенных в Тарском (оз. Петровское), Муромцевском (озера Шайтан, Щучье, Ленево) и Усть-Ишимском р-нах (оз. Черное). Озеро Данилово в административном отношении находится в Кыштовском р-не Новосибирской обл., но географически расположено очень близко к озерам Щучье и Ленево (см. рисунок).

Расположение озер в труднодоступных местах региона, удаленных от областного центра, обусловило нерегулярность в отборе проб фитопланктона. Озера Черное и Петровское обследовали один раз. В связи с организацией особо охраняемой природной территории (ООПТ) регионального значения по заданию Министерства природных ресурсов и экологии Омской обл. обследования на озерах Ленево, Щучье, Шайтан, Данилово проводили неоднократно. В 2009 г. пробы на них отобраны студентами Омского ГАУ, участвовавшими в комплексной экспедиции Омского регионального отделения Русского географического общества. В 2013–2014 гг. пробы отобраны автором. В 2015 г. пробы фитопланктона оз. Черного взяты сотрудниками гидрологической станции г. Омска под руководством В. Э. Пушкарева, а оз. Ленево – аспиранткой Омского ГАУ Я. И. Гульченко, которым автор выражает глубокую благодарность.

Все обследованные озера пресные, их береговая линия окаймлена зарослями жесткой водной растительности, в основном тростни-

ком южным, камышом озерным и рогозом широколистным, в литорали хорошо развиты разнообразные погруженные макрофиты – рдесты, уруть, роголистник и др. Озера значительно различаются по ряду морфометрических показателей (табл. 1).

Большинство озер относительно неглубокие, только оз. Черное отличается глубиной до 27 м. Озеро Петровское по происхождению относится к старичным. Происхождение остальных озер неясное, вероятно, они являются просадочно-суффозионными. Озеро Шайтан в процессе естественного эвтрофирования достигло выраженного заболачивания. Озера Данилово, Ленево, Щучье интенсивно используются в рекреации, несколько меньше наплыв отдыхающих на оз. Шайтан. На оз. Ленево в декабре 2013 г. организован одноименный государственный природный комплексный заказник регионального значения, ядром которого является сам водоем. Из обследованных озер только оз. Черное, расположенное на севере региона в труднодоступной таежной местности, избежало выраженного антропогенного воздействия.

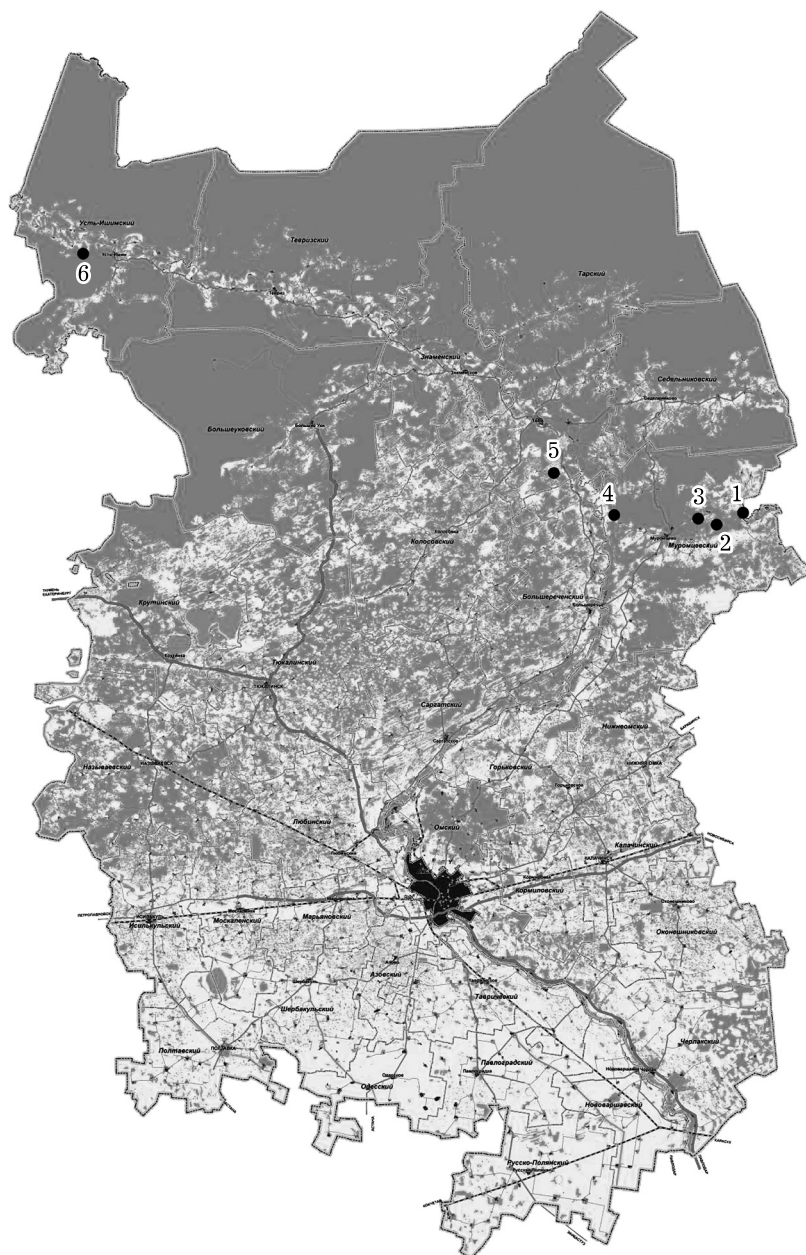
Количественные пробы фитопланктона объемом 0,5 л отбирали зачерпыванием из поверхностного слоя воды на станциях, равномерно расположенных по акватории озер, фиксировали формалином, концентрировали осадочным способом и обрабатывали общепринятыми методами [Федоров, 1979]. Подсчет числа клеток проводили в камере Горяева в 2–5 повторностях на световом микроскопе Euler Professor 770T. Всего обработано 70 количественных и 15 интегрированных качественных проб фитопланктона.

Для сравнения фитопланктона обследованных озер применяли коэффициент общности видового состава Чекановского – Серенсена ( $K_{CS}$ ), рассчитываемый по формуле (1):

$$K_{CS} = 2c : (a + b), \quad (1)$$

где  $a$  и  $b$  – число видов в каждом из сравниваемых озер;  $c$  – число общих для сравниваемых озер видов [Шмидт, 1980].

Класс качества воды и трофический статус озер определяли согласно комплексной экологической классификации качества поверхностных вод суши по биомассе фито-



Карта-схема расположения обследованных озер лесной зоны Омского Прииртышья  
 1 – оз. Данилово; 2 – оз. Щучье; 3 – оз. Ленево; 4 – оз. Шайтан; 5 – оз. Петровское; 6 – оз. Черное

Т а б л и ц а 1

**Некоторые показатели обследованных озер лесной зоны Омского Прииртышья**

Озеро	Форма озера	Максимальная глубина, м	Длина, м	Ширина, м	Площадь акватории, км <sup>2</sup>	Прозрачность воды по диску Секки, м
Петровское	Подковообразная	1,5	4000	100	Нет данных	1,5
Ленево	Овальная	10,5	600	400	0,18	2,5–3,0
Щучье	То же	5	210	150	0,12	1,0
Шайтан	»	Нет данных	700	400	0,21	0,5
Данилово	»	18	780	450	0,29	4,5–5,5
Черное	Неправильная	27	1500	800	Нет данных	5,0

планктона [Оксиюк и др., 1993]. Идентификацию видов проводили с помощью современных отечественных и зарубежных определителей, монографий, научных статей и сводок систематического характера. При выделении новых для региона видов учитывали работы последних лет [Сафонова, 1996; Баженова, 2005; Баженова и др., 2012а; Барсукова, Баженова, 2012; Баженова, Игошкина, 2014; Баженова и др., 2014].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Фитопланктон обследованных озер богат и разнообразен, в его составе найдено 328 видовых и внутривидовых таксонов (ВВТ) из девяти отделов: Cyanobacteria – 44, Euglenophyta – 23, Dinophyta – 10, Cryptophyta – 2, Chrysophyta – 19, Bacillariophyta – 37, Xanthophyta – 5, Chlorophyta – 149, Streptophyta – 39.

Впервые для Омского Прииртышья идентифицирован 31 ВВТ, в том числе: Cyanobacteria – 1, Euglenophyta – 2, Dinophyta – 2, Chrysophyta – 6, Bacillariophyta – 2, Xanthophyta – 1, Chlorophyta – 4, Streptophyta – 13. Наибольший вклад в список новых для региона видов внесли водоросли порядка Desmidiiales (отдел Streptophyta), среди которых найдены виды родов *Euastrum* (2 ВВТ), *Staurodesmus* (2 ВВТ) и *Cosmarium* (9 ВВТ). Значительно пополнен список золотистых водорослей, особенно рода *Dinobryon* (4 ВВТ). Только в озерах Данилово и Ленево найден

новый для региона вид центрических диатомовых водорослей *Cyclotella ocellata* Pantocsek [Генкал и др., 2012]. По количеству новых для региона видов выделяется оз. Черное, в его фитопланктоне впервые для Омского Прииртышья найдено 11 ВВТ, из них три относятся к золотистым водорослям рода *Dinobryon* и шесть – к порядку Desmidiiales. Как известно, виды рода *Dinobryon* обладают выраженной способностью к миксотрофии, низкой скоростью фотосинтеза при 20 °С [DeVaul Princiotta et al., 2016] и являются характерным компонентом чистых лесных озер [Жорнева, 2006], в то время как видовое богатство и обилие десмидиевых водорослей присуще заболочиваемым водоемам [Паламарь-Мордвинцева, 2003]. Нетипично высокое первое место десмидиевых водорослей отмечено в спектре ведущих семейств фитопланктона в пойменных озерах Башкортостана, отличающихся усиливающимся зарастанием берегов [Шкундина, Гуламанова, 2011]. Такое сочетание фактов свидетельствует о том, что процесс естественного эвтрофирования оз. Черное продвинулся достаточно далеко.

Наибольшее видовое богатство фитопланктона отмечено в оз. Ленево, которое после нескольких лет интенсивной рекреации перешло из олиготрофного в эвтрофное состояние [Баженова, 2015]. Наименьшее видовое богатство фитопланктона характерно для оз. Черное, относительно низким видовым богатством отличается заболоченное оз. Шайтан (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Таксономический состав фитопланктона озер лесной зоны Омского Прииртышья

Отдел	Число видовых и внутривидовых таксонов по озерам					
	Петровское	Шайтан	Данилово	Ленево	Щучье	Черное
Cyanobacteria	29	18	20	27	29	8
Euglenophyta	19	7	6	8	5	2
Dinophyta	3	–	3	9	1	2
Cryptophyta	1	1	1	2	2	–
Chrysophyta	8	–	5	15	3	6
Bacillariophyta	6	6	9	31	7	12
Xanthophyta	4	–	–	–	1	1
Chlorophyta	90	32	44	96	83	9
Streptophyta	4	3	12	19	12	9
Всего	164	67	100	207	143	49

Степень флористического сходства фитопланктона озер лесной зоны Омского Прииртышья по коэффициенту Чекановского – Сёренсена

Озеро	Ленево	Щучье	Шайтан	Данилово	Черное
Петровское	0,52	0,64	0,41	0,39	0,19
Ленево	–	0,56	0,36	0,48	0,26
Щучье	–	–	0,50	0,48	0,21
Шайтан	–	–	–	0,40	0,19
Данилово	–	–	–	–	0,24

Видовой состав фитопланктона лесных озер Омского Прииртышья показывает низкую степень флористического сходства, коэффициент Чекановского – Сёренсена колеблется в пределах 0,19–0,64 (табл. 3).

Максимальное значение коэффициента установлено в паре озер Петровское – Щучье, в которых наблюдается “цветение” воды, вызванное цианобактериями, немного ниже (0,56) флористическое сходство фитопланктона близко расположенных друг от друга озер Ленево и Щучье. Наименьшую его степень по сравнению с остальными водоемами демонстрирует оз. Черное. Низкий уровень флористического сходства фитопланктона связан с существенными различиями в происхождении озер, площади водного зеркала и водосборной территории, химизмом вод и другими гидрологическими характеристиками, а также с уровнем антропогенной нагрузки в их окрестностях.

Таксономическая структура фитопланктона обследованных озер, за исключением оз. Черное, имеет сходный характер. Поскольку фитопланктон оз. Черное по таксономической структуре резко отличается от других озер, то обследованные водоемы можно разделить на две четко обособленные группы, первую из которых образуют озера Петровское, Ленево, Щучье, Шайтан, Данилово, а вторую – оз. Черное.

В фитопланктоне первой группы озер по видовому богатству лидируют зеленые водоросли (отдел Chlorophyta), второе место занимают цианобактерии. Ярко выраженный хлорофитный характер фитопланктона соответствует типичным эвтрофным лесным озерам [Моисеенко, Гашкина, 2007; Баженова, Мамаева, 2010]. Следует отметить, что преобладание или лидирующее положение зе-

леных водорослей характерно и для озер более низкого трофического уровня, расположенных в различных географических зонах России – Якутии [Васильева, 1989; Иванова, 2000; Петухова и др., 2014], восточной части Южного Урала [Снитко, Сергеева, 2003; Снитко, 2009; Снитко Л. В., Снитко В. П., 2012], Республики Башкортостан [Шкундина, Гуламанова, 2009, 2011], Нижегородской обл. [Охапкин и др., 2004]. Как указывает И. С. Трифонова [1979], интенсивному развитию зеленых водорослей в озерах способствуют замедленный сток, умеренная минерализация воды и повышенное содержание биогенных элементов, а последнее связано с эвтрофированием, значительно ускоряющимся при антропогенном воздействии.

Обилие цианобактерий в исследованных озерах высокое, среди них найдены и потенциально токсичные виды, но критического уровня численности в 6 млн кл./дм<sup>3</sup> [Chorus, Bartam, 1999] они достигают только в старичном оз. Петровском. Следует отметить, что “цветение” цианобактерий угрожает экологическому функционированию озер и является ключевым вопросом в оказании экосистемных услуг [Ibelings et al., 2016], а его причиной в большинстве случаев является антропогенное эвтрофирование. Высокая доля эвгленовых водорослей в таксономической структуре фитопланктона оз. Петровское также связана с эвтрофированием.

Фитопланктон оз. Черное отличается бедностью видового состава (49 ВВТ), поэтому нельзя с достаточной точностью определить тип его таксономической структуры. Хотя по видовому богатству преобладают диатомовые водоросли, их преимущество перед другими отделами водорослей и цианобактериями минимально.

Обилие летнего фитопланктона в первой группе обследованных озер достигает высокого уровня (табл. 4).

Максимальная численность фитопланктона, обусловленная интенсивной вегетацией разнообразных цианобактерий (*Aphanocapsa delicatissima* W. et G. S. West, *A. holsatica* (Lemm.) Cronb. et Kom., *Planctolyngbya limnetica* (Lemm.) Kom.-Legn. et Cronb., *Romeria gracilis* (Kocz.) Kocz. ex Geitl., *Anabaena* sp., виды родов *Microcystis*, *Chroococcus* и др.) отмечена в оз. Шайтан. Их доля в формировании численности и биомассы фитопланктона в этом водоеме очень высокая и возрастает со временем. Если в 2009 г. цианобактерии создавали 51,35 % общей биомассы фитопланктона, то в 2013 г. этот показатель возрос до 90,35 %, при этом относительная биомасса зеленых водорослей существенно уменьшилась.

Высокое обилие фитопланктона характерно для старичного оз. Петровское. Численность его в этом озере ниже, чем в “цветущих” озерах Шайтан и Щучье, но биомасса достигает максимальных показателей для обследованных водоемов за счет участия в формировании фитопланктона крупноклеточных видов зеленых, диатомовых и эвгленовых водорослей.

Динамика фитопланктона оз. Данилово в течение периода исследований весьма характерна для этого интенсивно используемого в рекреации водоема. Численность фитопланктона за период 2009–2013 гг. не изменилась, но биомасса возросла в 3 раза за счет значительных изменений в его структуре. Интенсивная вегетация крупноклеточных динофитовых (*Ceratium hirundinella* (O. F. M.) Duj., *P. cinctum* Ehr.), десмидиевых (*Cosmarium pigmaeum* Arch.) водорослей и неидентифицированных видов мелкоклеточных жгутиковых обусловила половину общей биомассы фитопланктона летом 2013 г. Следует отметить и значительную роль цианобактерий, создающих 65–82 % общей численности фитопланктона, среди которых преобладают мелкоклеточные виды, характерные для большинства лесных озер региона. Кроме того, золотистые водоросли, в основном представленные видами рода *Dinobryon*, в 2013 г. найдены только в качественных пробах. Изменения в структуре фитопланктона оз. Да-

нилово ярко свидетельствуют о нарастании его эвтрофирования.

Особенно показательны для озер региона, используемых в рекреации, изменения в структуре и обилии фитопланктона оз. Ленево.

В 2009 г. летний фитопланктон оз. Ленево отличался низким обилием и отсутствием цианобактерий, криптоноад и динофитовых водорослей. В его составе найдены золотистые, диатомовые, эвгленовые и зеленые водоросли. Как по численности, так и по биомассе преобладали золотистые водоросли, в основном *Kephyrion rubri-claustri* Conr. и *Dinobryon divergens* Imhof. Последний по численности (60–550 тыс. кл./дм<sup>3</sup>) доминировал по всему озеру, что характерно для чистых лесных озер. В составе зеленых водорослей найдены немногочисленные виды родов *Coenococcus*, *Monoraphidium*, *Oocystis*, *Scenedesmus*, относящиеся к числу обычных представителей фитопланктона пресных озер Омского Прииртышья [Баженова, Мамаева, 2010; Баженова и др., 2012б, в]. Изредка в планктоне встречались эвгленовые (виды рода *Trachelomonas*) и диатомовые водоросли (*Asterionella formosa* Hass., *Navicula* sp.). С помощью электронного микроскопа идентифицированы центрические диатомеи *Cyclotella ocellata*, *Stephanodiscus hantzschii* Grun. и *S. minutulus* (Kütz.) Cleve et Müller [Генкал и др., 2012].

В 2013–2014 гг. обилие фитопланктона в оз. Ленево резко возросло, его биомасса в 2 и более раза превысила средние значения, характерные для водоемов зоны тайги (1,5 г/м<sup>3</sup>), приближаясь на некоторых станциях к аналогичным показателям самых высокопродуктивных таежных озер (8–16 г/м<sup>3</sup>) [Китаев, 1984]. Из олиготрофных озер Ленево, минуя стадию мезотрофии, перешло в категорию эвтрофных водоемов, причем разряд трофности соответствовал эв-политрофному.

Основную долю общей численности и биомассы фитопланктона формировали зеленые водоросли (отдел Chlorophyta). Значительная доля численности создавалась мелкоклеточными цианобактериями (13,93–48,88 %), а биомассы – крупноклеточными динофитовыми, эвгленовыми и десмидиевыми водорослями (6,70–41,49 %), из-за низкой численно-

Озеро	Общая		Общая биомасса, г/м <sup>3</sup>	Численность, % биомасса, %						
	численность, млн кл./дм <sup>3</sup>	численность, млн кл./дм <sup>3</sup>		Dinophyta	Struportophyta	Chrysophyta	Vacillariophyta	Chlorophyta	Прочие	
				2009 г.						
Данилово	6,25 ± 3,84	0,36 ± 0,27	81,70 59,72	-	0,31 0,42	0,20 3,23	2,76 17,18	15,03 19,45	-	
Шайтан	46,12 ± 9,30	2,14 ± 0,26	85,40 51,35	-	0,11 4,65	-	0,31 1,12	13,88 41,25	0,30 1,63	
Щучье	3,46 ± 1,30	0,26 ± 0,20	78,61 41,09	-	5,11 29,02	0,05 0,24	1,68 7,42	14,55 22,23	-	
Ленево	0,59 ± 0,20	0,32 ± 0,14	-	-	-	70,04 82,90	4,22 6,78	25,32 8,36	0,42 1,96	
				2011 г.						
Петровское	80,45 ± 33,48	7,84 ± 4,29	68,80 14,34	-	-	-	1,14 22,33	26,84 52,36	3,22 10,97	
				2013 г.						
Данилово	6,84 ± 1,78	1,05 ± 0,30	64,66 3,71	0,16 28,73	1,67 0,34	-	6,08 25,54	13,82 25,78	13,61 23,09	
Шайтан	262,93 ± 37,21	2,67 ± 0,70	99,79 90,35	-	0,04 3,5	-	-	0,18 3,69	0,01 4,21	
Щучье	83,48 ± 11,73	3,37 ± 0,48	89,63 54,89	0,08 7,34	0,03 0,04	0,04 0,77	0,16 2,31	9,93 33,36	0,18 4,42	
Ленево	30,50 ± 5,57	5,29 ± 2,22	50,38 2,38	0,08 2,26	0,51 1,47	0,35 2,0	4,52 21,72	41,58 53,97	2,81 17,63	
				2014 г.						
Щучье	64,12 ± 31,54	1,87 ± 1,09	89,78 41,51	-	0,25 0,24	0,06 1,44	0,23 2,09	8,35 46,75	1,35 8,26	
Ленево	18,80 ± 2,25	3,63 ± 0,42	34,15 3,37	-	-	0,33 0,61	2,17 6,56	61,30 66,56	2,05 22,90	
				2015 г.						
Ленево	3,58 ± 0,61	0,90 ± 0,24	17,23 6,69	0,71 17,35	2,28 0,58	47,65 57,67	3,71 5,28	11,94 10,03	17,98 6,22	
Черное	1,14 ± 0,34	0,24 ± 0,14	68,10 9,90	4,71 77,02	-	-	0,78 2,86	2,60 1,11	23,81 9,11	

сти включенными в категорию “прочие”. В составе цианобактерий найдены потенциально токсичные виды *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Bréb. и *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs. Обилие этих видов невысокое, они встречались только в качественных пробах.

Таксономическая структура фитопланктона существенно изменилась. Видовое богатство значительно возросло, в состав фитопланктона вошли представители новых отделов – Cyanobacteria, Dinophyta и Cryptophyta. Среди вошедших в фитопланктон цианобактерий преобладали мелкоклеточные виды родов *Synechococcus*, *Chroococcus*, *Merismopedia*, *Aphanocapsa*, *Aphanothese*. Наибольшей численности (до 9,50 млн кл./дм<sup>3</sup>) достиг *Aphanocapsa holsatica*, разнообразны по видовому составу нитчатые цианобактерии, из них наиболее обильно развивается *Planktolyngbya limnetica*. Появились также в планктоне колониальные цианобактерии *Gomphosphaeria lacustris* f. *compacta* (Lemm.) Elenk. и *Snowella rosea* (J. W. Snow) Elenk.

Впервые в планктоне озера найдены криптомонады (*Chroomonas acuta* Üterm., *Cryptomonas* sp.), динофитовые (*Peridinium cinctum*, *Peridiniopsis elpatiewskyi* (Ostenf.) Bourr.) и десмидиевые (виды родов *Closterium*, *Cos-*

*mariun*, *Staurastrum*, *Staurodesmus cuspidatus* (Bréb.) Teil.) водоросли.

В 2015 г. после принятия природоохраных мероприятий, связанных с переводом оз. Ленево в региональные ООПТ, негативные процессы антропогенного эвтрофирования приостановились. Биомасса летнего фитопланктона в среднем по озеру снизилась до 0,90 г/м<sup>3</sup>, что соответствует мезотрофной категории водоемов. Существенно изменилась структура фитопланктона: около половины его общей численности и биомассы вновь формировали золотистые водоросли, хотя по сравнению с 2009 г. их относительная доля существенно снизилась. В несколько раз уменьшилось участие в создании обилия фитопланктона цианобактерий (в 2 раза) и зеленых водорослей (в 5 раз). Установленные изменения аналогичны процессам, произошедшим в фитопланктоне Нарочанских озер в период их деэвтрофирования (бентификации) после реализации природоохранных мероприятий [Михеева, Лукьянова, 2012]. Таким образом, экологическое состояние оз. Ленево значительно улучшилось.

Трофический статус и качество воды обследованных озер существенно различаются и изменчивы во времени (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

Трофический статус и качество воды озер лесной зоны Омского Прииртышья

Озеро	Биомасса летнего фитопланктона, г/м <sup>3</sup>	Качество воды		Трофический статус	
		класс	разряд	категория трофности	разряд трофности
Петровское	7,84 ± 4,29	Загрязненная	Умеренно загрязненная	Эвтрофная	Эв-политрофный
Ленево	0,32–5,29	Чистая – загрязненная	Очень чистая – умеренно загрязненная	Олиготрофная – эвтрофная	Олиго-мезотрофный – эв-политрофный
Щучье	0,26–3,37	Чистая – удовлетворительной чистоты	Очень чистая – слабо загрязненная	То же	Олиго-мезотрофный – эвтрофный
Шайтан	2,14–2,67	Удовлетворительной чистоты	Слабо загрязненная	Эвтрофная	Эвтрофный
Данилово	0,36–1,05	Чистая – удовлетворительной чистоты	Очень чистая – достаточно чистая	Олиготрофная – мезотрофная	Олиго-мезотрофный – мезо-эвтрофный
Черное	0,24 ± 0,14	Чистая	Очень чистая	Олиготрофная	Олиго-мезотрофный



Наибольшее ухудшение качества воды и повышение трофического статуса демонстрируют озера, где в летнее время происходит интенсивная рекреация – Данилово, Ленево, Щучье. На их берегах построены турбазы, палаточные лагеря, в нарушение правил водопользования работают бани, суммарное количество автомобилей в период летнего отдыха только на оз. Данилово может достигать 1500. За несколько лет эти чистые лесные озера из олиготрофной категории перешли в мезотрофную (оз. Данилово) или эвтрофную (озера Ленево, Щучье). Как известно, в одних и тех же ландшафтных условиях неглубокие озера быстрее переходят в стадию эвтрофирования [Науменко, 2007], поэтому трофический статус более глубокого оз. Данилово изменился не столь стремительно, как оз. Ленево.

Озера, прошедшие длительный путь естественного эвтрофирования – старичное оз. Петровское и торфяно-болотное оз. Шайтан, более стабильны по динамике трофического статуса.

Особенное место занимает оз. Черное – самое чистое по качеству воды. Общая численность фитопланктона в нем колеблется в широких пределах и может достигать значительных величин (1,82 млн кл./дм<sup>3</sup>), что обусловлено обилием мелкоклеточных цианобактерий, их относительная доля колеблется по озеру от 49,42 до 91,60 %. Биомасса фитопланктона также изменяется в широких пределах. Доминирующие по численности цианобактерии имеют чрезвычайно малые размеры клеток, особенно *Aphanocapsa delicatissima* и *Merismopedia tenuissima* Lemm., обилие которых в озере может достигать 1 млн кл./дм<sup>3</sup>. В связи с этим относительная доля цианобактерий в формировании общей биомассы фитопланктона низкая и создается она главным образом вегетацией крупноклеточной динофитовой водоросли *Petricinium umbonatum* Stein. Известно, что по мере нарастания уровня трофии озер в биомассе фитопланктона увеличивается роль цианобактерий и динофитовых водорослей, причем последние обычно доминируют в глубоководных озерах [Трифенова, 1979, 1994; Науменко, 2007]. Установленные особенности структуры обилия фитопланктона оз. Чер-

ное также подтверждают, что процесс эвтрофирования этого водоема идет достаточно быстро.

Трофический статус оз. Черное соответствует олиготрофной категории с чертами мезотрофии, а отсутствие выраженного антропогенного воздействия придает особенные черты его фитопланкtonу. В настоящее время оно является редким для Омского Прииртышья примером водоема, находящегося в естественном ненарушенном состоянии.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фитопланктон озер лесной зоны Омского Прииртышья отличается высоким видовым богатством и разнообразием, в его составе найдено 328 видовых и внутривидовых таксонов (ВВТ) из девяти отделов. Многолетние исследования фитопланктона позволили значительно дополнить систематический список цианобактерий и водорослей региона, впервые для Омского Прииртышья идентифицирован 31 таксон рангом ниже рода.

Видовое богатство, структура и обилие фитопланктона зависят в большей мере от степени антропогенного воздействия (избыточной рекреации), чем от происхождения, морфометрических и иных показателей исследованных озер.

Высокая рекреационная нагрузка вызывает ускоренную структурную перестройку фитопланктона, эвтрофирование и повышение трофического статуса озер. Видовое богатство фитопланктона на начальных этапах антропогенного эвтрофирования возрастает, в основном за счет зеленых водорослей и цианобактерий, а при достижении высокой степени эвтрофирования и ярко выраженном “цветении” цианобактерий – уменьшается. Скорость негативных процессов в значительной мере зависит от глубины и объема водных масс озера – чем они больше, тем медленнее идет антропогенное эвтрофирование.

Для остановки указанных негативных процессов и повышения устойчивости водных экосистем необходимо соблюдать природоохранные требования, главным из которых является ограничение интенсивности рекреации. Как показывает пример оз. Ленево, на котором организовали ООПТ регионального зна-

чения, в этих условиях экологическое состояние водоемов может быстро улучшиться.

Похожая ситуация, связанная с превышением рекреационной нагрузки, возникла в настоящее время на множестве других сибирических водоемов, ставших весьма привлекательными для отдыха населения в сложившихся экономических условиях. В связи с этим, региональным органам государственного управления в сфере природопользования при разработке схем и планов туризма и отдыха населения рекомендуем, прежде всего, учитывать сведения об экологическом состоянии водоемов, наличия в них выраженного “цветения” воды, потенциально токсичных видов цианобактерий и других сведений, полученных с помощью методов биоиндикации.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Баженова О. П. Фитопланктон Верхнего и Среднего Иртыша в условиях зарегулированного стока. Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2005. 248 с.
- Баженова О. П. Изменение фитопланктона озера Ленево (Омская область) под воздействием рекреации // Тез. докл. VI Междунар. Верещагинской Байкальской конф. (Иркутск, 7–12 сент. 2015 г.). Иркутск, 2015. С. 51–52.
- Баженова О. П., Мамаева О. О. Летний фитопланктон некоторых озер Муромцевского района Омской области и прилегающих территорий Новосибирской области // Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона: мат-лы III Междунар. науч.-практ. конф. Омск: Изд-во ОмГПУ, 2010. С. 18–21.
- Баженова О. П., Барсукова Н. Н., Герман Л. В., Игошкина И. Ю. Chrysophyta водоемов и водотоков Омского Прииртышья (Россия) // Альгология. 2012а. Т. 22, № 3. С. 286–294 [Bazhenova O. P., Barsukova N. N., German L. V., Igoshkina I. Y. Chrysophyta of water bodies of Omsk Priirtyshye // Int. Journ. Algae. 2012. Vol. 14, N 4. P. 315–322].
- Баженова О. П., Вахрушев А. А., Герман Л. В., Кренц О. О. Таксономический состав и структура фитопланктона разнотипных озер Омского Прииртышья (Россия) // Актуальные проблемы современной альгологии: тез. докл. IV Междунар. конф. (Киев, 23–25 мая 2012 г.). Киев, 2012б. С. 21–22.
- Баженова О. П., Герман Л. В., Кренц О. О., Шаховал В. Е., Вахрушев А. А. Экологическое состояние и рекреационная ценность разнотипных озер Омской области // Ом. науч. вестн. 2012в. № 1 (108). С. 213–216.
- Баженова О. П., Игошкина И. Ю. Фитопланктон и экологическое состояние водоема природного парка “Птичьа гавань” (г. Омск). Омск: Вариант-Омск, 2014. 160 с.
- Баженова О. П., Кренц О. О., Коржова Л. В., Барсукова Н. Н., Коновалова О. А. Cyanoprokaryota в планктоне рек и озер Омского Прииртышья // Альгология. 2014. Т. 24, № 2. С. 209–221 [Bazhenova O. P., Krenc O. O., Korzhova L. V., Barsukova N. N., Konovalova O. A. Cyanoprokaryota in plankton of the rivers and lakes of Omsk Priirtyshye // Int. Journ. Algae. 2014. Vol. 16, N 2. P. 144–155].
- Барсукова Н., Баженова О. Фитопланктон и экологическое состояние притоков среднего Иртыша. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. 151 с.
- Васильева И. И. Водоросли водоемов криолитозоны СССР: систематический состав, экология, распространение (на примере Якутии): автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Кишинев, 1989. 50 с.
- Генкал С. И., Баженова О. П., Митрофанова Е. Ю. Центрические диатомовые водоросли (Centrophyceae) водоемов и водотоков бассейна среднего участка реки Иртыш // Биол. внутр. вод. 2012. № 1. С. 5–14 [Genkal S. I., Bazhenova O. P., Mitrofanova E. Y. Centric diatom algae (Centrophyceae) in water bodies and water courses of the middle Irtysh basin // Inland Water Biol. 2012. Vol. 5, N 1. P. 1–10].
- Иванова А. П. Водоросли городских и пригородных озер долины Средней Лены: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Якутск, 2000. 18 с.
- Земля, на которой мы живем. Природа и природопользование Омского Прииртышья. Омск: Манифест, 2006. 575 с.
- Китаев С. П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. М.: Наука, 1984. 207 с.
- Корнева Л. Г. Таксономический состав и экология золотистых водорослей в слабоминерализованных мелководных лесных озерах (Вологодская область) // Биол. внутр. вод. 2006. № 2. С. 3–12.
- Кузнецов А. Е., Градова Н. Б., Лушников С. В., Энгельхарт М., Вайссер Т., Чеботаева М. В. Прикладная экиботехнология: в 2 т. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. Т. 2. 485 с.
- Михеева Т. М., Лукьянова Е. В. Особенности развития фитопланктона Нарочанских озер (Беларусь) в период их бентификации // Актуальные проблемы современной альгологии: тез. докл. IV Междунар. конф. Киев, 2012. С. 198–199.
- Моисеенко Т. И., Гашкина Н. А. Распределение микроэлементов в поверхностных водах суши и особенности их водной миграции // Водн. ресурсы. 2007. Т. 34, № 4. С. 454–468.
- Мусатов А. П. Оценка параметров экосистем внутренних водоемов. М.: Научный мир, 2001. 192 с.
- Науменко М. А. Эвтрофирование озер и водохранилищ. СПб.: РГГМУ, 2007. 100 с.
- Оксиок О. П., Жукинский В. Н., Брагинский П. Н., Линник П. Н., Кузьменко М. И., Кленус В. Г. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. 1993. Т. 29, № 4. С. 62–76.
- Охалкин А. Г., Воденеева Е. Л., Юлова Г. А. Фитопланктон водоемов заповедника “Керженский” (Нижегородская область) // Ботан. журн. 2004. Т. 89, № 8. С. 1264–1275.
- Паламарь-Мордвинцева Г. М. Флора водорослей континентальных водоемов Украины: Десмидиевые водоросли. Киев, 2003. Вып. 1, ч. 1. 355 с.
- Петухова С. Е., Иванова А. П., Тяпигрианов М. М. Фитопланктон некоторых замкнутых водоемов цент-

- ральной Якутии // Успехи совр. естествознания. 2014. № 8. С. 50–51.
- Сафонова Т. А. Материалы к альгофлоре водоемов системы р. Иртыш (Западная Сибирь, Россия). Новосибирск: ЦСБС СО РАН, 1996. 26 с. Деп. в ВИНИТИ 23.12.1996, № 3745–В96.
- Свириденко Б. Ф., Ефремов А. Н., Шпицина И. Н. Рекогносцировочная оценка экологического состояния некоторых водоемов Тарского района Омской области на основе фитоиндикационных методов // Современные проблемы реки Иртыша и водообеспечения Омской области: пути их решения. Омск: Манифест, 2006. С. 152–163.
- Скабичевский А. П. Фитопланктон некоторых озер северной части Омской области // Тр. Ом. мед. ин-та. 1963. № 48. С. 60–68.
- Снитко Л. В. Экология и сукцессии фитопланктона озер Южного Урала. Миасс: УрО РАН, 2009. 376 с.
- Снитко Л. В., Сергеева Р. М. Водоросли разнотипных водоемов восточной части Южного Урала. Миасс: ИГЗ УрО РАН, 2003. 166 с.
- Снитко Л. В., Снитко В. П. Фитопланктон глубоких озер Южного Урала в период высокого уровня воды (Россия) // Альгология. 2012. Т. 22, № 3. С. 275–285 [Snitko L. V., Snitko V. P. Phytoplankton of deep-water lakes of Southern Ural (Russia) in high-level water // *Int. Journ. Algae*. 2013. Vol. 15, N 1. P. 26–35].
- Трифоновна И. С. Состав и продуктивность фитопланктона разнотипных озер Карельского перешейка. Л.: Наука, 1979. 168 с.
- Трифоновна И. С. Закономерности изменения фитопланктонных сообществ при эвтрофировании озер: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 1994. 77 с.
- Федоров В. Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1979. 168 с.
- Шкундина Ф. Б., Гуламанова Г. А. Планктонная альгофлора разнотипных озер Республики Башкортостан // Ботан. журн. 2009. Т. 94, № 9. С. 1257–1266.
- Шкундина Ф. Б., Гуламанова Г. А. Биологическое разнообразие автотрофного планктона озер Республики Башкортостан (Россия) // Альгология. 2011. Т. 21, № 3. С. 329–345 [Shkundina F. B., Gulamanova G. A. Biological diversity of phytoplankton of the lakes of the Republic Bashkortostan, Russia // *Int. Journ. Algae*. 2012. Vol. 14, N 1. P. 16–30].
- Шмидт В. М. Статистические методы в сравнительной флористике. Л.: Изд-во Ленингр. гос. ун-та, 1980. 176 с.
- Chorus I., Bartam J. Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to their Public Health Consequences, Monitoring and Management. WHO, 1999. 400 p.
- DeVaul Princiotta S., Smith B. T., Sanders R. W. Temperature-dependent phagotrophy and phototrophy in a mixotrophic chrysophyte // *J. Phycol.* 2016. Vol. 52, N 3. P. 432–440.
- Ibelings B. W., Fastner J., Bormans M., Visser P. M. Cyanobacterial blooms. Ecology, prevention, mitigation and control // *Aquatic Ecol.* 2016. Vol. 50, N 3. P. 327–331.
- Lyche-Solheim A., Feld C. K., Birk S. et al. Ecological status assessment of European lakes: a comparison of metrics for phytoplankton, macrophytes, benthic invertebrates and fish // *Hydrobiologia*. 2013. Vol. 704, N 1. P. 57–74.
- Ventelä A.-M., Amsinck S. L., Kauppila T. et al. Ecosystem change in the large and shallow Lake Säkylän Pyhäjärvi, Finland, during the past ~400 years: implications for management // *Ibid.* 2016. Vol. 778, N 1. P. 273–294.

## Phytoplankton and Ecological Status of the Lakes of the Forest Area in the Omsk Priirtyshye

O. P. BAZHENOVA

*Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin  
644008, Omsk, Institute sq., 1  
E-mail: olga52@bk.ru*

According to the materials of a multi-year research the author estimates an ecological status of the forest lakes in the Omsk Priirtyshye in terms of a phytoplankton development. The species composition, structure and floristic similarity degree of the phytoplankton of the polytypic forest lakes are described. The author also determines the trophic status and water quality of these lakes. It was found that an excessive recreation had a negative influence on the ecological status of surveyed lakes.

**Key words:** phytoplankton, forest lakes, trophic status, ecological status, Omsk Priirtyshye.