

ЛЕТНИЙ ФИТОПЛАНКТОН ОЗЕР ВАВАЙСКОЙ СИСТЕМЫ
(ЮЖНЫЙ САХАЛИН)

И.В. Мотылькова, Н.В. Коновалова

Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
(СахНИРО), ул. Комсомольская, 196, Южно-Сахалинск, 693023,
Россия. E-mail: irinam@sakhniro.ru

Изучены качественный и количественный состав фитопланктона озер Вавайской системы по результатам съемки в июле 2004 г. Всего обнаружено 194 вида микроводорослей. Комплекс фитопланктона формировался за счет Bacillariophyta, Cyanophyta и Chlorophyta с доминантами *Microcystis aeruginosa* Kütz., *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim., *Melosira varians* Ag., *Cyclotella meneghiniana* Kütz., *C. kuetzingiana* Thw. Средняя численность в Вавайских озерах составляла 13,14 млн кл./л, в Чибисанских – 4,67 млн кл./л. Средняя биомасса – 1,07 г/м³ и 4,96 г/м³ соответственно.

THE SUMMER PHYTOPLANKTON OF VAVAY LAKES SYSTEM
(SOUTH SAKHALIN)

I.V. Motylkova, N.V. Konovalova

Sakhalin Research Institute of Marine Fishery & Oceanography (SakhNIRO), Komsomolskaia Street, 196,
Yushno-Sakhalinsk, 693023, Russia. E-mail: irinam@sakhniro.ru

On the results of phytoplankton surveys in July 2004 the qualitative and quantitative composition of phytoplankton in the Vavay Lakes system was investigated. The study revealed 194 species of microalgae. The complex of phytoplankton was formed for the account Bacillariophyta, Cyanophyta and Chlorophyta with dominants *Microcystis aeruginosa* Kütz., *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim., *Melosira varians* Ag., *Cyclotella meneghiniana* Kütz., *C. kuetzingiana* Thw. Average density made 13,14 million cells/l in Vavayskoye Lakes and its density made 4,67 million cells/l in Chibisanskoye Lakes. An average biomass made 1,07 g/m³ and 4,96 g/m³ accordingly.

Система Вавайских озер – одна из крупнейших пресноводных систем Сахалинской области. В ее состав входят следующие озера: Малое и Большое Вавайские, Малое и Большое Чибисанские (площадь водного зеркала – 0,59 и 45,3 км²; 2,04 и 11,8 км² соответственно, максимальная глубина – 11 м) (неопубликованные данные СахНИРО). Ряд исследователей относит к данной системе также солоноватое оз. Выселковое (Григорьев, 1964). Однако резкое отличие гидрологии этого озера от остальных водоемов системы и его удаленность, по мнению некоторых исследователей, позволяет отделить его от данного комплекса (Заварзин, 2007).

Первые сведения о фитопланктоне озер Вавайской системы были представлены в работе Т.Ф. Коптяевой (1964). Здесь автор по итогам Сахалинской лимнологической экспедиции МГУ, проходившей с 30 июня по 5 августа в 1959 г., привел видовой список микроводорослей, дал сравнительный анализ видового состава приведенных видов с таковым для Амурского лимана, выделил наиболее встречаемые виды. Учитывая, что материал со-

стоял исключительно из сетных сборов, количественная характеристика фитопланктона была дана лишь в общих чертах.

В августе 2001 г. и июле–августе 2002 г. Т.В. Никулиной был проведен диатомовый анализ в оз. Малое Чибисанское, а также в трех реках южной части Сахалина (Никулина, 2005). В результате был дан видовой список диатомовой флоры вышеуказанных водоемов, указана частота встречаемости видов, приведены данные об отношении к солености и рН среды, сапробная характеристика вида и географический элемент флоры, а также проведен кластерный анализ на основе количественной оценки видового обилия.

С 2001 г. СахНИРО ведутся регулярные исследования кормовой базы рыб внутренних водоемов о-ва Сахалин. В данной работе представлены результаты исследований летнего фитопланктона озер Вавайской системы, поскольку именно летний сезон дает надежную информацию о трофическом состоянии водоема. Целью нашей работы является изучение качественного и количественного состава фитопланктона озер Вавайской системы.

Материал и методы

Пробы фитопланктона в количестве 30 штук были отобраны в июле 2004 г. на 16 станциях в озерах Вавайской системы (рис. 1). Отбор проводился при помощи трехлитрового батометра Chalsico. Пробы отбирали с двух горизонтов (поверхность и придонный слой). В качестве фиксатора использовали раствор Утермеля (из расчета 1,5–2,5 мл фиксатора на 1 л пробы воды). Клетки микроводорослей концентрировали методом осаждения до 10 мл (Федоров, 1979). Подсчет клеток проводили в камере Нажотта, объемом 0,055 мл, и камере типа пенал, объемом 1 мл (для учета крупных и редких видов). Биомассу определяли, приравнивая клетки микроводорослей к определенным геометрическим фигурам (Кольцова, 1970; Макарова, Пичкилы, 1970). Идентификацию видов проводили в световом микроскопе по общепринятым методикам с помощью определителей (Забелина и др., 1951; Голлербах и др., 1953; Киселев и др., 1953; Диатомовые водоросли..., 1974; Водоросли..., 2006; Барина, Медведева, 1996; и др.).

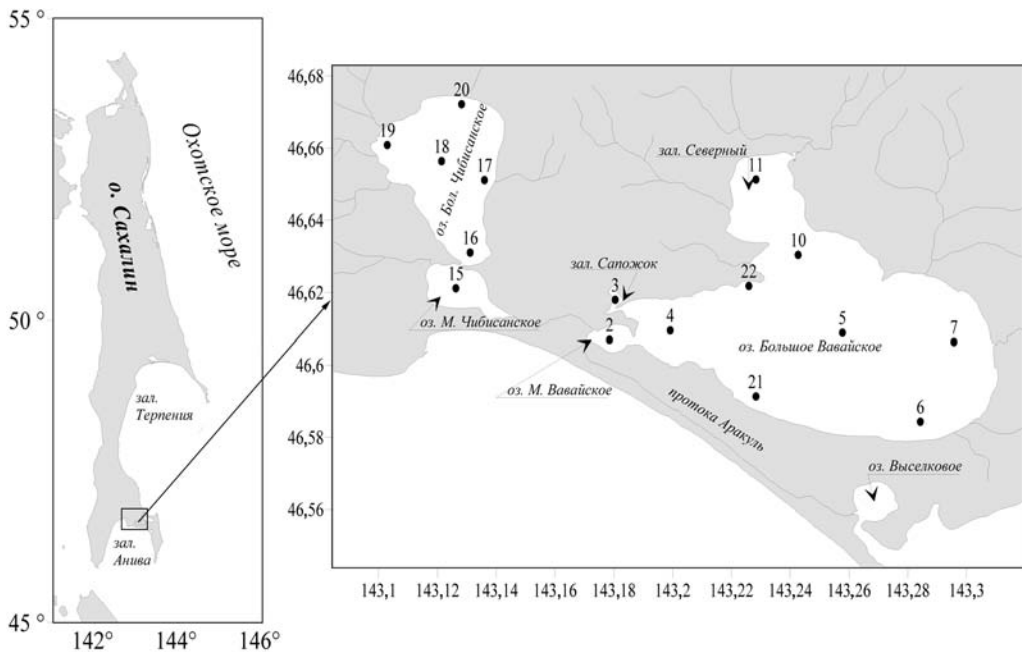


Рис. 1. Карта-схема станций отбора проб фитопланктона в озерах Вавайской системы в июле 2004 г.

При выделении сообществ фитопланктона использовали коэффициент общности удельного обилия. Данный индекс общности был впервые предложен А.А. Шорыгиным (Шорыгин, 1939) и в последующем под разными названиями использовался многими российскими и зарубежными авторами (Shoener, 1970):

$C_{xy} = 100 - 0,5\sum(|p_x - p_y|)$, где C_{xy} – индекс сходства станций (проб) x и y (%); p – относительная биомасса конкретного вида на станциях x и y соответственно (%).

Созданная матрица служит основой при кластеризации данных. Кластеризация проводилась построением дендрограммы сходства по методу средней. Выделенные кластеры описывали конкретные сообщества при уровне сходства более 40%. Для каждого сообщества вычислялись его количественные характеристики и строилась соответствующая таблица, в которой для каждого вида сообщества приводились средняя численность, средняя биомасса, относительная биомасса, частота встречаемости в сообществе, индекс плотности.

Относительная биомасса вида:

$V_i = 100 \times B_i / B$ (%), где B_i – средняя биомасса i -го вида; B – средняя биомасса на станции.

Частота встречаемости: $ЧВ_i = 100 \times k_i / k$ (%), где k_i – количество станций, на которых встречался i -й вид, k – общее количество станций.

Индекс плотности: $ИП_i = V_i \times ЧВ_i$, где V_i – средняя относительная биомасса (%), $ЧВ_i$ – частота встречаемости данного вида (%).

При выделении значимости и для более полной их количественной характеристики учитывался вклад каждого вида в создание средней общей биомассы, $ЧВ$, $ИП$, при нивелировании $ИП$. Вид считался доминирующим, если значение $ИП$ попадало в предел 10000–1000; характерным I порядка – 1000–100; характерным II порядка – 100–10; второстепенным I порядка – 10–1; второстепенным II порядка – менее 1. В ядро сообщества входили доминирующий вид, характерные I, II порядка, второстепенные I порядка.

Результаты

Июльский фитопланктон 2004 г. в озерах Вавайской системы был сформирован 194

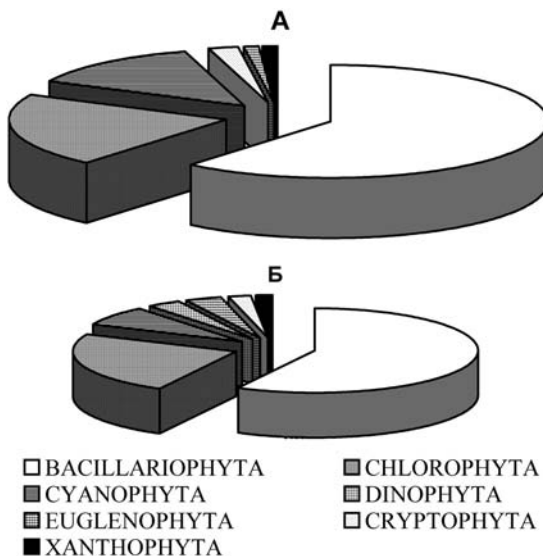


Рис. 2. Распределение количества видов по отделам в озерах Вавайской системы в июле 2004 г. А – оз. Чибисанское, Б – оз. Вавайское.

видами микроводорослей из семи отделов: Bacillariophyta, Chlorophyta, Cyanophyta, Dinophyta, Euglenophyta, Cryptophyta, Xanthophyta. Процентное соотношение видов по отделам в озерах не различалось. И в Чибисанских, и в Вавайских основное видовое богатство приходилось на отдел Bacillariophyta (62 % – в Чибисанских озерах и 59 % в Вавайских озерах). Второе место по количеству видов в озерах принадлежало отделу Chlorophyta (24 % и 21 %). Далее следовал отдел Cyanophyta (14 % и 7 %) (рис. 2). Богатством видов отличались роды из отделов диатомовые – *Navicula* (15 видов), *Nitzschia* (8) и *Gomphonema* (7) – и зеленые – *Scenedesmus* (6) и *Pediastrum* (5).

По отношению к солености в озерах Вавайской системы было выделено четыре группы микробо-

дорослей: пресноводные, пресноводно-солонатоводные, солонатоводные и солонатоводно-морские. По количеству видов явно преобладали пресноводные виды (72 % от общего числа видов в Вавайских озерах, 79 % – в Чибисанских) (табл. 1).

Почти по всей акватории встречались колониальные *Scenedesmus communis* Hegew (100% встречаемости), *Anabaena spiroides* Kleb. (96%), *Pediastrum boryanum* (Turp.) Menegh., *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim., *Microcystis aeruginosa* Kütz. – по 91 %.

Анализ количественных данных показал, что в районе исследований значения численности и биомассы были высокими, составляли в среднем: оз. Вавайское – 13,14 млн кл./л и 1,07 г/м³, в оз. Чибисанское – 4,67 млн кл./л и 4,96 г/м³.

Пространственное распределение численности фитопланктона было неравномерным, что связано с осложненным ветровым перемешиванием в Чибисанских озерах, а также различием гидрологических процессов составных частей Вавайских озер (зал. Сапожок, зал. Северный, оз. Малое Вавайское, основной плес Большого Вавайского озера). Численность в Вавайских озерах варьировалась в пределах 0,178–73,636 млн кл./л, в Чибисанских – 1,34–12,01 млн кл./л. Обильно микроводоросли вегетировали в Большом Вавайском озере (рис. 3). Средняя численность здесь составляла 44,5 млн. кл/л, за счет

Таблица 1

Соотношение видов по типу солености в озерах Вавайской системы в июле 2004 г.

Тип солености	Вавайские озера, %	Чибисанские озера, %
Пресноводные	72	79
Пресноводно-солонатоводные	19	19
Солонатоводные	5	1
Солонатоводно-морские	4	1
Всего	100	100

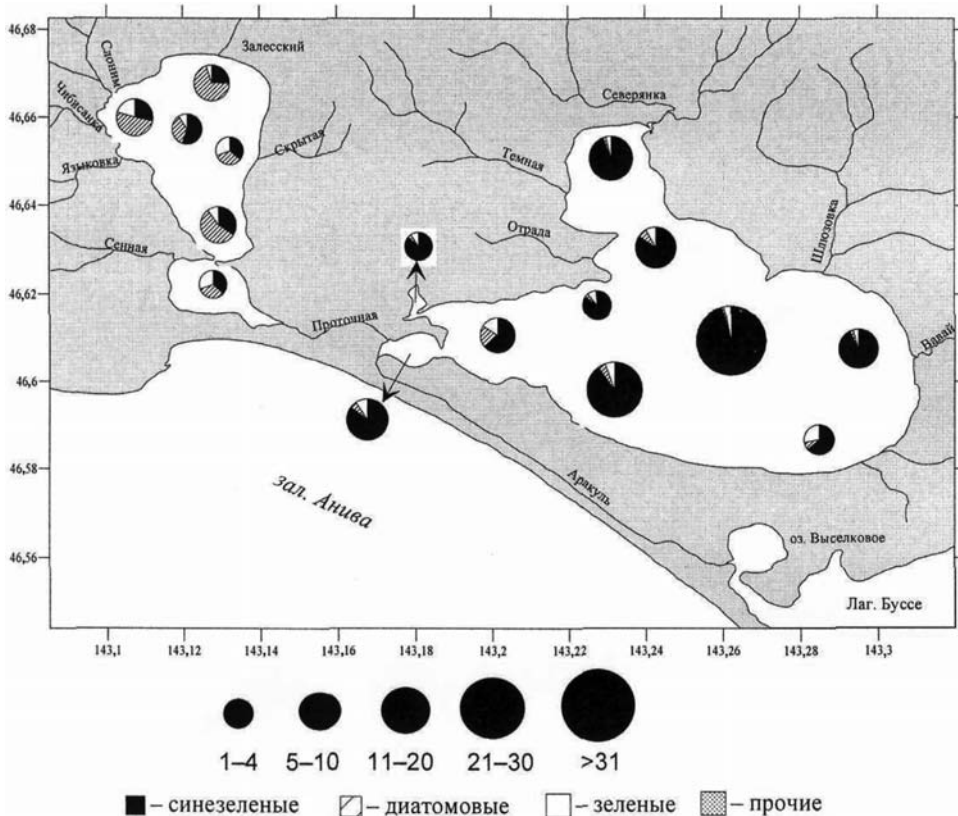


Рис. 3. Пространственное распределение средней численности фитопланктона в озерах Вавайской системы в июле 2004 г.

чего значение общей средней численности в Вавайских озерах было почти в 3 раза выше (13,14 млн кл./л), чем в Чибисанских (4,67 млн кл./л).

Вертикальное распределение фитопланктона показало, что наибольшие значения численности были зарегистрированы в поверхностном слое воды. В среднем численность здесь составляла 12,94 млн кл./л. В придонном слое показатели ее были в 2 раза ниже – 7,59 млн кл./л. Следует признать, что высокая концентрация фитопланктона характерна только для Вавайских озер, где наблюдалось массовое развитие синезеленых, которые, как известно, благодаря расширению газовых вакуолей, поднимаясь с глубины, вегетируют преимущественно у поверхности воды (Голлербах и др., 1953). В то время как в Чибисанских озерах за счет небольших глубин и активного перемешивания водной толщи закономерности в вертикальном распределении фитопланктона не наблюдалось.

Распределение микроводорослей как у поверхности воды, так и в придонном слое было пятнистым. У поверхности воды микроводоросли интенсивно развивались (до 73 млн кл./л) в Большом Вавайском озере, тогда как Малое Вавайское, заливы Сапожок и Северный, а также Чибисанские озера в количественном отношении мало отличались друг от друга. Численность фитопланктона в них не превышала 10 млн кл./л (рис. 4).

В придонном слое наибольшие скопления фитопланктона (до 15 млн кл./л) наблюдались в зал. Северный, в оз. Малое Вавайское и западной части Большого Вавайского. На остальной части акватории численность не превышала 10 млн кл./л (рис. 4).

Руководящая роль в формировании численности фитопланктона принадлежала трем отделам: синезеленым (27–97 % от общей численности), зеленым (до 34 %) и диатомовым (до 62 %) (рис. 3).

Основными представителями синезеленых были колониальные *A. spiroides*, *Gloeocapsa minuta* (Kütz.) Hollerb., *Gomphosphaeria lacustris* Chod., *Microcystis wesenbergii* Kom., *M. aeruginosa*, *Coelosphaerium kuetzingianum* Näg. Обильно вегетировали они в Вавайских озерах, что и объясняет высокие показатели численности фитопланктона в этом районе. Особенно богато синезелеными было оз. Большое Вавайское. В этом районе было обнаружено пятно «цветения» мелкой колониальной *M. aeruginosa*, численность которой здесь составляла 68,699 млн кл./л, биомасса – 137,39 мг/м³. Следует отметить, что эта микроводоросль доминировала по численности в Вавайских озерах повсеместно (27–93 % от общей численности). Значительно ниже концентрация синезеленых была в Чибисанских озерах. Представители этого отдела менее интенсивно вегетировали здесь, и численность их не превышала 3,13 млн кл./л.

В отличие от Вавайских озер, в Чибисанских максимального развития (до 2,67 млн кл./л) достигали микроводоросли отдела диатомовые (рис. 3). Постоянными компонентами диатомовой флоры в июле были *Asterionella formosa* Hass., *Cyclotella comta* (Ehr.) Kütz., *C. kuetzingiana* Thw., *C. meneghiniana* Kütz., *Navicula cryptocephala* Kütz., *Nitzschia sublinearis* Hust., *Surirella capronii* Bréb., *Tabellaria flocculosa* (Roth.) Kütz., *T. fenestrata* (Lyngb.) Kütz., *Gomphonema parvulum* (Kütz.) Grun., *Melosira varians* Ag., *Aulacoseira distans* (Ehr.) Sim., *A. italica* (Ehr.) Sim., *A. granulata*. Последняя развивалась здесь в большом количестве и вносила значительный вклад в формирование биомассы (24–80 % от общей биомассы). В Вавайских озерах численность диатомей не превышала 670 тыс. кл./л.

Основными представителями зеленых были колониальные виды родов *Actinastrum*, *Pediastrum*, *Scenedesmus*. Распределение микроводорослей этого отдела по всей акватории было равномерным. «Цветения» в водоемах они не вызывали, тем не менее численность их достигала 1,12 млн кл./л.

С применением коэффициента общности удельного обилия на основе дендрограммы сходства в поверхностном слое воды было выделено одно сообщество фитопланктона в Вавайских озерах (рис. 5) и одно – в Чибисанских (рис. 6).

Сообщество поверхностного слоя *Aulacoseira granulata* в Вавайских озерах охватывало почти всю площадь озера, за исключением приустьевых участков рек. В его состав

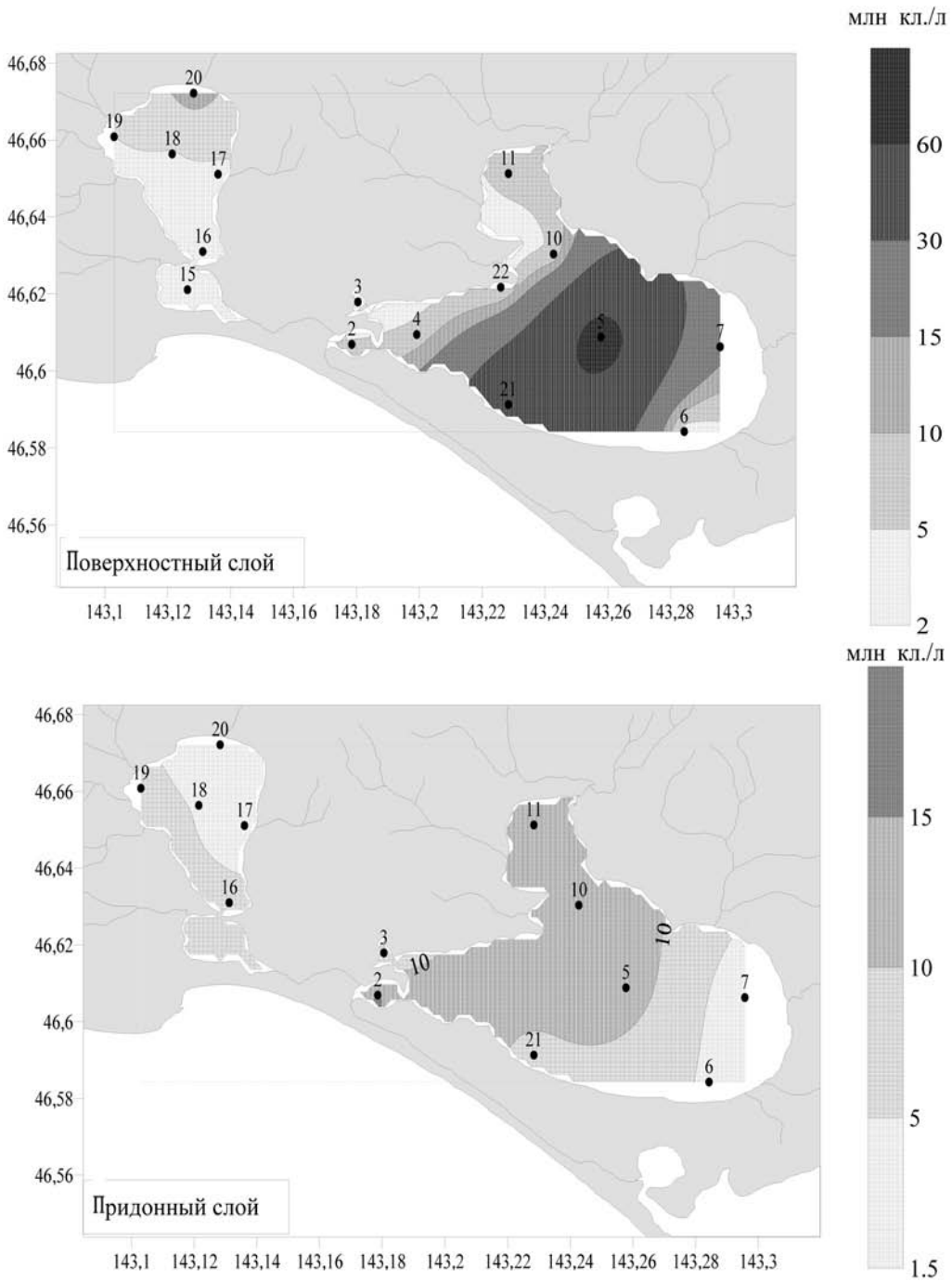


Рис. 4. Вертикальное распределение численности фитопланктона в озерах Вавайской системы в июле 2004 г.

входил 141 вид микроводорослей из семи отделов. Среди отделов по количеству видов преобладали зеленые (34 вида; 24 % от общего количества видов) и диатомовые водоросли (80 видов; 57 %). Последние вносили заметный вклад и в создании биомассы (74,7 % от общей биомассы). Доля остальных отделов в формировании видового состава и биомассы фитопланктона была невысока (табл. 2).

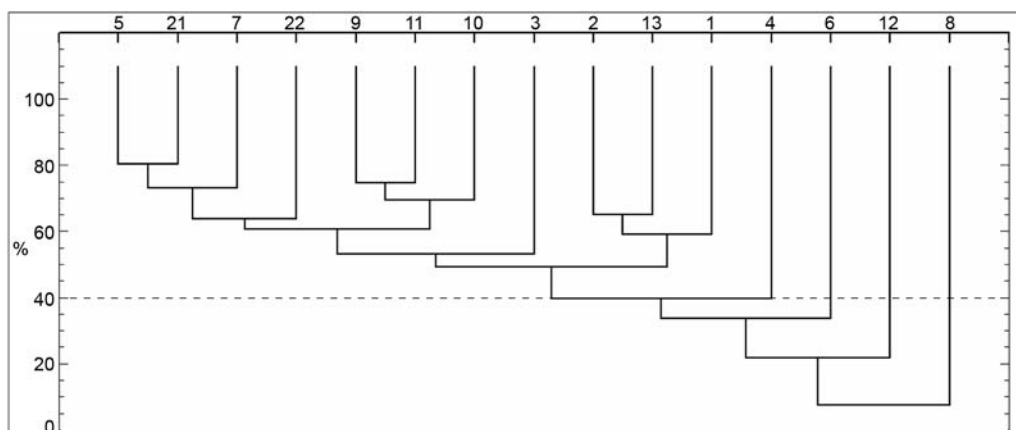


Рис. 5. Дендрограмма сходства фитопланктонных станций в Вавайских озерах в июле 2004 г.

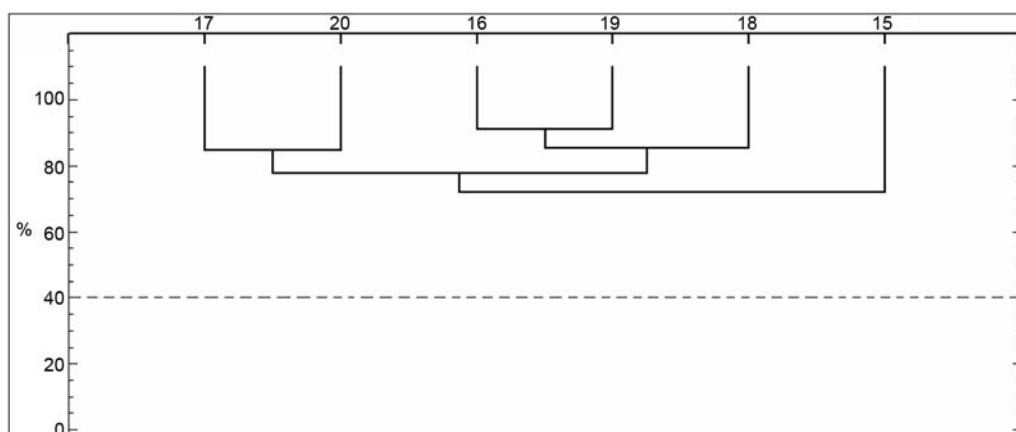


Рис. 6. Дендрограмма сходства фитопланктонных станций в Чибисанских озерах в июле 2004 г.

Таблица 2

Представленность отделов фитопланктонного сообщества *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim. в Вавайских озерах в июле 2004 г.

Отдел	Количество видов	Относительная биомасса, %
Bacillariophyta	80	74,7
Chlorophyta	34	12,4
Суанophyta	12	9,2
Dinophyta	5	0,0
Euglenophyta	4	2,6
Срyтophyta	3	0,1
Xanthophyta	3	0,0
Всего	141	100

Средняя численность микроводорослей составляла 18,96 млн кл/л; средняя биомасса – 1,07 г/м³. В сообществе по биомассе доминировала диатомея *A. granulata*, составлявшая 39 % от общей биомассы. Самыми распространенными видами были синезеленые водоросли *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena spiroides* и зеленая *Scenedesmus communis*. В ядро сообщества входили 46 видов микроводорослей, совместно образующих биомассу 1,06 г/м³ (98,5 %) и численность 18,83 млн кл/л (99,3 %).

Сообщество поверхностного слоя *Aulacoseira granulata* в Чибисанских озерах, так же как и в Вавайских, распространялось по всей акватории озера.

В его состав входило 70 видов микроводорослей, абсолютное число из которых принадлежало отделу диатомовые (46 видов). Остальные 6 отделов в формировании видового состава имели незначительную долю (табл. 3).

Средняя численность микроводорослей составляла 4,671 млн кл./л, средняя биомасса – 4,96 г/м³. В сообществе по биомассе доминировала диатомея *A. granulata*, составлявшая 42 % от общей биомассы. Самыми распространенными видами были синезеленая *M. aeruginosa*, зеленая *S. communis* и диатомовая *A. granulata*.

Обсуждение

Видовой состав фитопланктона Вавайских озер схож с таковым в Чибисанских. Следует упомянуть, что в озерах основу видового состава среди синезеленых и зеленых формировали колониальные микроводоросли; они же развивались здесь в большом количестве. О том, что в пресноводном планктоне мало неколониальных видов, особенно среди синезеленых, отмечалось Т.М. Михеевой (Михеева и др., 1998), а доминирование колониальных форм (преимущественно видов родов *Microcystis*, *Anabaena*) с обилием хлорококковых (главным образом видов *Pediastrum* и *Scenedesmus*) согласно классификации Хатчинсона (Hutchinson, 1967) является характерным признаком эвтрофности водоема. Исследованиями последних лет установлено: даже при незначительных ухудшениях в водоеме условий развития альгофлоры синезеленые приобретают тенденцию к доминированию, увеличивая продолжительность продуктивного сезона (Пресноводные экосистемы..., 1999). А основными факторами, способствующими развитию зеленых микроводорослей в озерах, являются отсутствие ускоренного стока, умеренная минерализация воды и повышенное содержание биогенных элементов (Денисова, Шкундина, 2005). Признаком умеренной минерализации в Вавайских озерах служит достаточно высокое количество диатомей. Отмечена четкая тенденция снижения разнообразия и количественного развития этой группы в кислых озерах (Никулина, 1997). Наибольшего количества диатомовые достигают в гумифицированных озерах (Бакаева, Никаноров, 2006).

Особенность фитопланктонного комплекса озер Вавайской системы состояла в массовом развитии синезеленой *M. aeruginosa*. Эта микроводоросль является одной из самых обычных, повсеместно распространенных планктонных водорослей (Голлербах и др., 1953). Быстро реагирует на загрязнение водоемов и обилие пищи «цветением воды», относится к числу токсичных (Водоросли..., 2006). Высокая концентрация этой микроводоросли – 68,699 млн кл./л – была отмечена в пелагиали Большого Вавайского озера. Биомасса ее при этом составляла 137,39 мг/м³. Считают, что умеренная вегетация синезеленых микроводорослей, до 250 г/м³ (в сырой массе), не сказывается отрицательно на экосистеме водоема. При значительном увеличении биомассы водорослей (до 500 г/м³ и выше) начинает проявляться биологическое загрязнение, вследствие чего значительно ухудшается качество воды (Водоросли..., 1989).

Содоминант *Microcystis aeruginosa* – стенотермный летний вид *Aulacoseira granulata* – является индикатором мезотрофных и эвтрофных вод. Озера эвтрофного типа являются обычным местом обитания этого вида, где он нередко образует массовое развитие (Скабичевский, 1960).

Вышеизложенное позволяет предположить, что воды озер Вавайской системы относятся к эвтрофному типу. Несомненно, что данная оценка не является корректной в связи с отрывочностью исследований. Планируется дальнейшее изучение фитопланктона данной акватории.

Таблица 3

Представленность отделов фитопланктонного сообщества *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim. в Чибисанских озерах в июле 2004 г.

Отдел	Количество видов	Относительная биомасса, %
Bacillariophyta	48	96
Chlorophyta	10	2,5
Cyanophyta	8	1,2
Dinophyta	0	0,0
Euglenophyta	1	0,03
Cryptophyta	1	0,0
Xanthophyta	2	0,27
Всего	70	100

По составу фитопланктона озера Вавайской системы с доминированием *Microcystis aeruginosa*, *Aulacoseira granulata*, *Cyclotella comta*, *Anabaena spiroides*, *Gomphosphaeria lacustris* приближаются к некоторым озерам центральной части Карельского перешейка (Трифонова, Мартынова, 1977), озерам Северо-Западного Сахалина (Князев, Колганова, 2000), некоторым водохранилищам бассейна р. Днепра, р. Волга (Пресноводные экосистемы..., 1999).

Авторы выражают благодарность всем участникам экспедиции, участвовавшим в сборе материала. Искренне признательны В.С. Лабаю за помощь при обработке и анализе данных по выделению сообществ и Д.С. Заварзину за критические замечания при прочтении рукописи.

Литература

- Бакаева Е.Н., Никаноров А.М. 2006. Гидробионты в оценке качества вод суши. М.: Наука. 239 с.
- Барнинова С.С., Медведева Л.А. 1996. Атлас водорослей – индикаторов сапробности (российский Дальний Восток). Владивосток: Дальнаука. 364 с.
- Водоросли, вызывающие «цветение» водоемов Северо-Запада России. 2006 / под ред. К.Л. Виноградовой. М.: Товарищество научных изданий КМК. 367 с.
- Водоросли. Справочник. 1989. / Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. и др. Киев: Наукова думка. 608 с.
- Голлербах М.М., Косинская Е.К., Полянский В.И. 1953. Синезеленые водоросли. М.: Сов. наука. 652 с. (Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 2).
- Григорьев В.И. 1964. Гидрологический очерк некоторых озер Южного Сахалина // Озера южного Сахалина и их ихтиофауна. М.: Изд-во МГУ. С. 8–46.
- Денисова Н.В., Шкундина Ф.Б. 2005. Оценка степени антропогенного эвтрофирования пойменных озер по фитопланктону // Гидробиол. журн. Т. 41, вып. 6. С. 33–43.
- Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. 1. 1974 / под ред. А.И. Прошкиной-Лавренко. Л.: Наука. 403 с.
- Забелина М.М., Киселев И.А., Прошкина-Лавренко А.И., Шешукова В.С. 1951. Диатомовые водоросли. М.: Сов. наука. 619 с. (Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4).
- Заварзин Д.С. 2007. Зоопланктон озер Вавайской системы (южный Сахалин) по данным съемок июля 2004 и 2005 гг. // Тр. СахНИРО. Южно-Сахалинск: СахНИРО. Т. 9. С. 152–165.
- Киселев И.А., Зинова А.Д., Курсанов Л.И. 1953. Определитель низших растений // Водоросли. Т. 2. М.: Сов. наука. 311 с.
- Князев В.Н., Колганова Т.Н. 2000. Развитие фитопланктона ряда озер северо-западного Сахалина летом–осенью 1993–1994 гг. // Материалы XXXIV научно-практической конф. преподавателей СахГУ (апрель, 1999): тез. докл. Ч. 6. Южно-Сахалинск: Изд-во СахГУ. С. 29–36.
- Кольцова Т.И. 1970. Определение объема и поверхности клеток фитопланктона // Биол. науки. № 6. С. 114–119.
- Коптяева Т.Ф. 1964. Фитопланктон Вавайских озер южного Сахалина // Озера южного Сахалина и их ихтиофауна. М.: Изд-во МГУ. С. 141–153.
- Макарова И.В., Пичкилы Л.О. 1970. К некоторым вопросам методики вычисления биомассы фитопланктона // Ботан. журн. Т. 55, № 10. С. 1488–1494.
- Михеева Т.М., Остапеня А.П., Ковалевская Р.З. и др. 1998. Пико-и нанопланктон пресноводных экосистем. Минск: Белгосуниверситет. 196 с.
- Никулина В.Н. 1997. Особенности фитопланктонных сообществ светловодно-ацидных и гумифицированных озер Южной Карелии // Реакция озерных экосистем на изменение биотических и абиотических условий. СПб. С. 29–47. (Тр. Зоол. ин-та РАН; т. 272).
- Никулина Т.В. 2005. Диатомовые водоросли (Bacillariophyta) юга острова Сахалин // Растительный и животный мир острова Сахалин: материалы Междунар. сахалин. проекта. Ч. 2. Владивосток: Дальнаука. С. 8–20.

- Пресноводные экосистемы в условиях антропогенного эвтрофирования. 1999. Гидрохимические материалы. Т. 114 / под ред. А.М. Никанорова. СПб.: Гидрометеиздат. 266 с.
- Скабичевский А.П.* 1960. Планктонные диатомовые водоросли пресных вод СССР. М.: Изд-во МГУ. 350 с.
- Трифоновна И.С., Мартынова В.И.* 1977. Видовой состав фитопланктона разнотипных озер центральной части Карельского перешейка // Ботан. журн. Т. 62, № 7. С. 990–998.
- Федоров В.Д.* 1979. О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: Изд-во МГУ. 166 с.
- Шорыгин А.А.* 1939. Питание, избирательная способность и пищевые взаимоотношения некоторых Gobiidae Каспийского моря // Зоол. журн. Т. 18, вып. 1. С. 27–51.
- Hutchinson G.E.* 1967. Introduction to lake biology and the limnoplankton // A treatise on limnology. Vol. 2. N. Y.;L. 1115 p.
- Shoener T.W.* 1970. Nonsynchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats // Ecology. Vol. 51, N 3. P. 408–418.