

УДК 574.583(282.256.66)

## ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ФИТОПЛАНКТОНА МАЛЫХ РЕК БАСЕЙНА СРЕДНЕЙ ЛЕНЫ

*В.А. Габышев, А.П. Иванова, О.И. Габышева*

Впервые для трех малых притоков Средней Лены выполнен таксономический и эколого-флористический анализ водорослей планктона, определены количественные показатели сезонных изменений численности и биомассы. Установлено, что фитопланктон малых рек Тамма, Суола и Мыла богат в видовом отношении, в его составе обнаружен 31 новый вид для региональной флоры. Количественное развитие фитопланктона характеризуется повышением показателей от весны к лету и лимитируется относительно коротким безледным периодом и слабым прогревом воды. Выделен комплекс доминантов летнего и весеннего фитопланктона исследованных рек. Основу биомассы фитопланктона формируют диатомовые, зеленые, и сине-зеленые водоросли. Повышенное содержание органики и биогенных элементов — причина активной вегетации эвгленовых водорослей и слабого развития золотистых. Установлено, что фитопланктон данных водоемов находится под влиянием преимущественно природных факторов со слабо выраженным антропогенным воздействием.

**Ключевые слова:** малые реки, бассейн Средней Лены, структура фитопланктона, сезонная динамика, органические вещества, биогенные элементы, антропогенное воздействие.

К изучению водорослей планктона р. Лены, а также ее крупных и средних притоков приступали неоднократно (Габышев, 1999, 2008а; 2008б; Ремигайло, Габышев, 2001). Однако альгологические исследования малых притоков р. Лены ранее не проводились. Нами впервые предпринято изучение планктонных водорослей и химико-физических параметров их среды обитания в правых притоках Средней Лены — рр. Тамма, Суола и Мыла. Это небольшие реки, длина которых не превышает 250 км, а площадь водосбора — не более 5500 км<sup>2</sup> (Ресурсы поверхностных вод СССР, 1967). Начало ледостава наступает в первых числах октября, начало весеннего ледохода — в начале мая, продолжительность периода с ледовыми явлениями — около 220 дней. Для отдельных участков описываемых рек отмечается полное промерзание русла в зимний период и пересыхание в летнюю межень. Территория района исследований расположена в зоне сплошного распространения вечномерзлых грунтов, климат — резкоконтинентальный.

**Цель работы:** изучение особенностей таксономической структуры в эколого-флористическом анализе планктонных водорослей малых рек бассейна Средней Лены, а также их количественного развития.

**Материалом для исследования** послужили сборы, сделанные на реках Тамма, Суола, Мыла в мае и июле 2008 г. Работы проведены маршрутным порядком по 14 пунктам, в том числе: на 120-километровом участке р. Суола — в 9 пунктах, на 34-километровом участке р. Тамма — в 2 пунктах, на 23-километровом участке р. Мыла — в 3 пунктах (рис. 1). Всего собрано и обработано 55 планктонных альгологических проб и 27 проб воды для гидрохими-

ческого анализа. При сборе, обработке и анализе альгологического материала применены унифицированные методы (Вассер и др., 1989; Методические рекомендации..., 1981; Мэгарран, 1992; Сладечек, 1967). Анализ таксономической структуры фитопланктона проведен с использованием стандартных методов, принятых в сравнительной флористике (Шмидт, 1984). Микроскопирование препаратов выполнено с применением микроскопа Laboval.

При анализе флористического состава фитопланктона мы придерживались системы, опубликованной в справочнике “Водоросли” (Вассер и др., 1989). Диатомовые водоросли приводятся по системе, предложенной отечественными диатомологами З.И. Глезер, Н.И. Караевой, И.В. Макаровой, А.И. Моисеевой и В.А. Николаевым (Диатомовые..., 1988). Систематизация водорослей отдела желтозеленых выполнена на основе публикации А.М. Матвиенко и Т.В. Догадиной (1978). Золотистые водоросли приведены по системе К. Starmach (1985).

Химический анализ проб воды выполнен по общепринятым методикам (Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши, 1977). В работе применены нормативы ПДК рыбохозяйственного назначения (Перечень ПДК и ОБУВ..., 1995).

### Результаты и обсуждение

В планктоне исследованных рек выявлено 197 видов водорослей (206 таксонов рангом ниже рода, включая номенклатурный тип вида) из 7 отделов, 11 классов, 23 порядков, 58 семейств, 99 родов (табл. 1).

Наиболее богат по числу видов отдел зеленых водорослей (44,9% от общего числа видов), за ко-

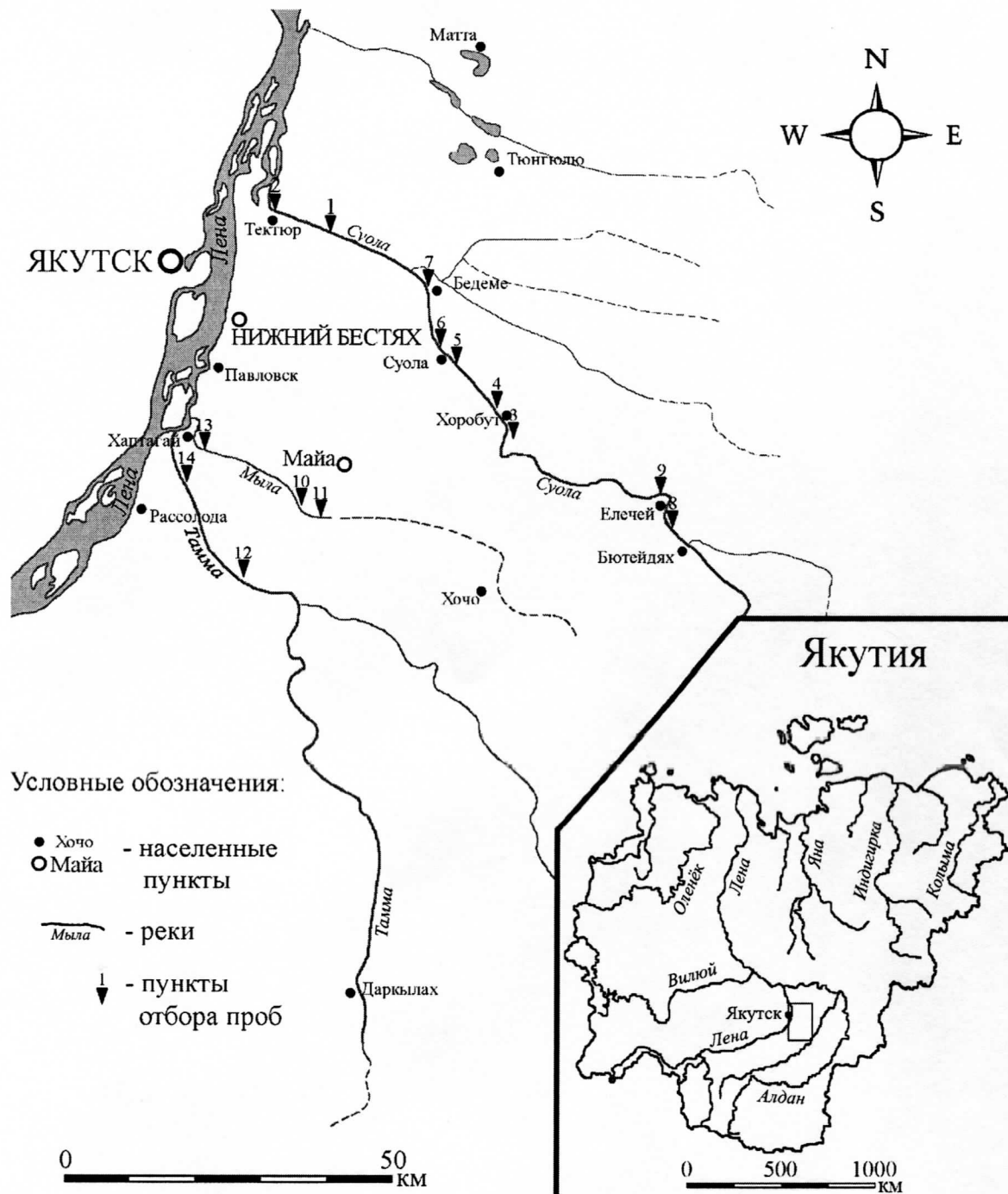


Рис. 1. Карта-схема района работ

торым следуют диатомовые (28,4%) и сине-зеленые (12,1%). Разнообразно представлены желто-зеленые (5,6%) и эвгленовые (4,1%). Беден видовой состав золотистых и динофитовых, суммарная доля которых — 5,0%. Основу выявленного сводного списка на 85,4% составляют зеленые, диатомовые и сине-зеленые водоросли, что характерно для водоемов центральной Якутии (Васильева, 1989).

На уровне классов выделяется *Chlorophyceae* (36,5% видовой состава), *Pennatophyceae* (24,3%), *Hormogoniophyceae* и *Conjugatophyceae* (по 8,1%); на уровне порядков — *Chlorococcales* (28,9%) и *Ra-*

*phales* (20,8%). Самые высокие позиции в спектре семейств принадлежат *Naviculaceae* (11,6% видовой состава), *Scenedesmaceae* (8,6%), *Nostocaceae* и *Selenastraceae* (по 5,1%), *Desmidiaceae* (4,6%). К ведущим родам относятся *Navicula* и *Scenedesmus* (по 6,6% видовой состава), *Cosmarium* (3,0%), *Nitzschia*, *Tetraedron* и *Monoraphidium* (по 2,5%). Одно- и двувидовых семейств — 29, т.е. половина их общего числа. Одно- и двувидовые роды составляют 78,9% списка родов, на их долю приходится 51,8% видовой состава. Преобладание маловидовых семейств и родов отличает северные флоры (Гецен, 1985). Пропор-

Таблица 1

## Систематический состав фитопланктона рр. Тамма, Суола и Мыла

Отдел	Число							% от общего числа видов (197)
	классов	порядков	семейств	родов	видов	видов и разновидностей	новых видов для флоры Якутии	
Cyanophyta	2	3	10	14	24	25	5	12,1
Euglenophyta	1	1	1	4	8	9	—	4,1
Dinophyta	1	2	2	3	5	5	2	2,5
Chrysophyta	1	2	4	4	5	5	3	2,5
Bacillariophyta	2	4	13	22	56	59	7	28,4
Xanthophyta	2	2	5	8	11	11	—	5,6
Chlorophyta	2	9	23	44	88	92	14	44,9
<b>Всего</b>	<b>11</b>	<b>23</b>	<b>58</b>	<b>99</b>	<b>197</b>	<b>206</b>	<b>31</b>	<b>100</b>

ции флоры 1:1,7:3,4:3,6. Родовая насыщенность 2,0. Варибельность вида 1,0. Новым для флоры Якутии является 31 таксон водорослей.

В фитопланктоне исследованных рек преобладают истинно планктонные виды (51,5% видового состава), с участием донных форм (18,0%), что характерно для проточных водоемов с небольшими глубинами. Воды рр. Тамма, Суола и Мыла среднеминерализованы (табл. 2), что обуславливает преобладание олигогалобов (49,5%). Реакция среды слабощелочная (табл. 2), поэтому значительна доля индифферентов (18,9%) и алкалифилов (12,6%). В географическом плане облик флоры водорослей планктона исследованных водоемов определяет бореальный комплекс видов, что характерно для ненарушенных водоемов Севера Евразии. Наибольший интерес в связи с особенностями природных условий данных водоемов представляют аркто-альпийские организмы. К ним относятся распространенные в планктоне диатомеи *Fragilaria virescens* Ralfs, *Diatoma hiemale* (Lyngb.) Heib.

Исследованные реки принадлежат к водоемам олиго-β-мезосапробного типа и по системе Сладе-

чека (1967) классифицируются как слабозагрязненные. Колебания индекса сапробности в большинстве пунктов наблюдений происходят в пределах 1,68—1,99. Отмечена закономерность сезонного изменения уровня сапробности исследованных рек. Уровень сапробности в большинстве пунктов наблюдений в весенний период выше, чем летом (рис. 2). Подобная тенденция зафиксирована нами и при изучении фитопланктона Средней Лены (Габьшев, 1999). Это объясняется тем, что в весенний период во время паводка в реки со стоком с прибрежных территорий попадают аккумулярованные в зимний период загрязняющие вещества, что вызывает увеличение числа высокосапробных видов фитопланктона. Летом, во время межени, в реках происходят естественные процессы (в том числе и с участием водорослей планктона) очищения воды, и развитие получают виды водорослей с меньшим сапробным индексом.

Сезонная периодичность развития фитопланктона исследованных водоемов характеризуется повышением количественных и качественных показателей планктонных альгогруппировок от весны

Таблица 2

## Сезонная динамика химических компонентов в водах рек Тамма, Суола и Мыла

Химические компоненты	р. Тамма		р. Суола		р. Мыла		ПДК вр
	весна	лето	весна	лето	весна	лето	
Водородный показатель (рН), единицы	7,60	7,74	7,63	8,12	7,77	7,86	6,50—8,50
Минерализация, мг/л	169,00	323,56	246,12	478,65	299,20	435,18	1000,00
Азот аммонийный (N—NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ), мг/л	1,53	1,32	1,09	1,45	1,15	1,18	0,39
Азот нитритный (N—NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ), мг/л	0,02	0,02	0,01	0,04	0,01	0,01	0,02
Фосфор минеральный (P—PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ), мг/л	0,05	0,05	0,15	0,33	0,32	0,22	0,20
Фосфор общий (P—PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> общ.), мг/л	0,38	0,14	0,43	0,70	0,64	0,52	0,20
Железо общее (Fe общ.), мг/л	0,71	1,01	0,67	0,35	0,86	0,59	0,10
Легкоокисляемые органические в-ва (по вел. БПК <sub>5</sub> ), мг/л	3,45	3,18	4,19	4,70	2,74	2,66	менее 2,0
Трудноокисляемые органические в-ва (по вел. ХПК), мг/л	107,50	100,00	104,70	113,00	105,50	99,00	15,00

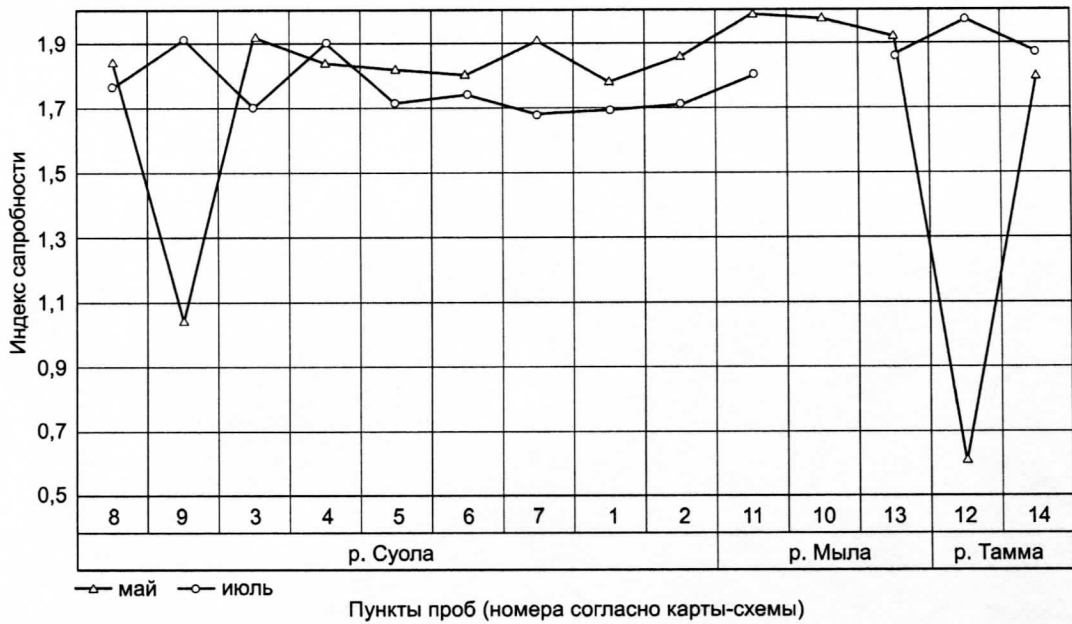


Рис. 2. Сезонное варьирование индекса сапробности рек Тамма, Суола и Мыла

к летнему периоду максимальных температур водной среды и лимитируется относительно коротким периодом открытой воды. На графике (рис. 3) видно, что численность клеток и биомасса водорослей в июле выше по большинству пунктов от-

бора проб по сравнению с весенним планктоном. На этом же графике проиллюстрирована зависимость между интенсивностью развития фитопланктона и степенью прогрева воды. Уровень количественного развития фитопланктона исследованных рек соответствует имеющимся данным по водоемам Центральной Якутии (Васильева, 1989; Габышев, 1999).

Весной на исследованных реках наблюдения были проведены 28–29 мая. В этот период реки имеют высокий уровень и скорость течения воды; температура водной среды колеблется по разным пунктам от 14,0 до 17,0°C. Численность фитопланктона весной невысокая (от 0,96 до 39,44 тыс. кл/л), биомасса также невелика (от 0,0030 до 0,0408 мг/л), что обусловлено неблагоприятными условиями для развития фитопланктона в этот период. Весенний планктон характеризуется преобладанием диатомовых водорослей, доля которых в общей биомассе фитопланктона варьирует по разным участкам от 16,6 до 91,5%. Зеленые водоросли стоят на втором месте в сложении биомассы фитопланктона — от 0,8 до 66,2%. Доля биомассы сине-зеленых водорослей колеблется по различным пробам в пределах от “не обнаружено” до 12,2%. Доминирование в биомассе весеннего планктона диатомовых водорослей с участием зеленых и сине-зеленых характерно для рек северных регионов и, в частности, Якутии (Васильева, 1989; Гецен, 1985). В исследованных реках в мае активно вегетируют представители эвгленовых водорослей, их доля в биомассе фитопланктона достигает 16,6%. Динофитовые составляют до 9,9% биомассы весеннего планктона (с одиночным пиком в р. Суола выше с. Хоробут — 29,2%). Золотистые и желтозеленые водоросли имеют в весеннем планктоне очень низкие показатели развития, их доля в общей биомассе планктонных водорослей не превышает соответственно — 1,7% и 1,1%.

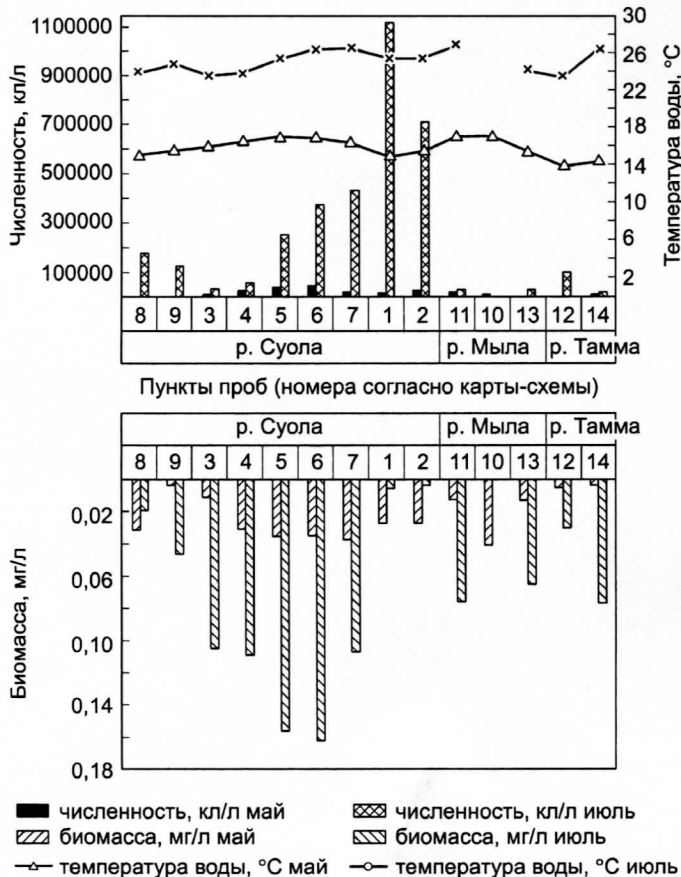


Рис. 3. Сезонная динамика количественных показателей развития водорослей планктона и степени прогрева вод рек Тамма, Суола и Мыла



Эвгленовые водоросли в исследованных реках весной играли заметную роль в формировании биомассы фитопланктона (после диатомовых, зеленых и сине-зеленых), что не характерно для проточных водоемов Центральной Якутии (Васильева, 1989). Представители эвгленовых интенсивно развиваются в водоемах замедленного стока с умеренной минерализацией и повышенным содержанием органических веществ и биогенных элементов (Васер и др., 1989). Отмеченный нами факт незначительного количественного развития в данных реках золотистых водорослей также нехарактерен для северных рек. Золотистые водоросли — преимущественно обитатели холодных чистых вод. В водах рр. Тамма, Суола и Мыла нами отмечены высокие концентрации биогенных и органических веществ, ПДК по некоторым из них многократно превышены (табл. 2). В районе, где протекают исследованные реки, развито сельское хозяйство, и причины повышенного содержания аммонийной и нитритной форм азота, а также фосфорных соединений носят антропогенный характер и вызваны стоком с прилегающих территорий. Превышение ПДК по железу, легко- и трудноокисляемым органическим веществам — природного характера. Таким образом, фитопланктон данных водоемов находится под влиянием преимущественно природных факторов со слабо выраженным антропогенным воздействием.

Индекс биоразнообразия фитопланктона (Hb) варьирует по различным пунктам наблюдений: в р. Суола от 1,93 до 3,64, в р. Мыла от 2,10 до 3,20, в р. Тамма от 1,60 до 2,20, и в среднем составляет 2,83, что для речного планктона является высоким показателем.

В составе доминирующих по биомассе видов водорослей в весенний период отмечены широко распространенные в планктоне представители диатомовых и зеленых: *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr., *Dictyococcus mucosus* Korsch., *Cosmarium didymoprotupsum* W. et G.S. West, *Closterium moniliferum* (Bory) Ehr.

В летнюю межень наблюдения были проведены 16–17 июля. В это время уровень воды и скорость течения исследованных рек минимальные за безледный период; вода хорошо прогревается — температура колеблется по разным пунктам от 23,5 до 27,0°C. В июле фитопланктон рр. Тамма, Суола и Мыла находится на пике своего развития. Численность фитопланктона в этот период достигает максимума (от 14,88 до 1122,22 тыс. кл/л), биомасса также имеет высокие значения (от 0,0029 до 0,1616 мг/л) (рис. 3). Летом планктон характеризуется преобладанием зеленых водорослей, доля которых в общей биомассе водорослей варьирует на разных участках от 5,6 до 90,3%. На втором месте в сложении биомассы фитопланктона водоросли из отдела сине-зеленых — до 64,1%. Высокую роль в планктоне сохраняют диатомовые, они составляют до 21,4% биомассы, а в предустьевом участке р. Суола имеют два пика — до 69,9% и до 93,3%

на разных пунктах. Колебания биомассы эвгленовых водорослей в пробах происходят в пределах от “не обнаружено” до 16,0% общей биомассы фитопланктона. А в р. Мыла эвгленовые составляют летом от 28,1 до 36,8% биомассы. Желто-зеленые и динофитовые водоросли в летний период имеют низкие показатели развития, их доля в общей биомассе планктонных водорослей не превышает соответственно — 6,7% и 2,9%. Золотистые летом в исследованных водоемах встречаются крайне редко, и их роль в формировании биомассы фитопланктона незначительна — до 0,2%.

Доминирование в биомассе планктона зеленых, диатомовых и сине-зеленых водорослей в летний период характерно для небольших, хорошо прогреваемых, медленнотекущих рек. Однако следует отметить повышенную роль в биомассе планктона данных рек представителей из отдела эвгленовых и слабое развитие золотистых. Концентрации большинства контролируемых нами биогенных и органических веществ в летнюю межень в данных реках также сохраняются на высоком уровне (табл. 2).

В летний период индекс биоразнообразия фитопланктона (Hb) варьирует по различным пунктам наблюдений: в р. Суола от 2,63 до 3,88, в р. Мыла от 2,70 до 2,90, в р. Тамма от 2,00 до 2,40 и в среднем составляет 3,08 — это высокий показатель для речного планктона.

В составе структурообразующих видов планктона летом происходят существенные изменения. Выделено 4 доминирующих вида летнего планктона: *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs, *Closterium moniliferum* (Bory) Ehr., *Pandorina morum* (Mill.) Bory, *Pediastrum boryanum* (Turp.) Menegh. Это широко распространенные планктонные виды. Следует отметить, что среди них нет диатомей, это представители зеленых и сине-зеленых водорослей. Сине-зеленая водоросль *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs способна вызывать явление “цветения воды”, однако нами цветение ни в одном из пунктов наблюдений зафиксировано не было.

## Выводы

Фитопланктон исследованных рек богат в видовом отношении (197 видов из 7 отделов), а по эколого-флористическому составу и количественным показателям развития сохраняет черты ненарушенных северных водоемов. Об оригинальности полученного материала свидетельствует наличие в планктоне исследованных рек 31 нового для региональной флоры вида водорослей. Уровень количественного развития фитопланктона исследованных рек соответствует имеющимся данным для водоемов Центральной Якутии и лимитируется относительно коротким безледным периодом и слабым прогревом воды. Сезонная периодичность развития фитопланктона исследованных водоемов характеризуется повышением количественных и качественных пока-

зателей от весны к лету и, по предварительным данным, согласно классификации Богорова (1958), является моноциклической. Основу биомассы фитопланктона исследованных рек формируют диатомовые, зеленые, и сине-зеленые водоросли. Весной доминируют диатомовые, летом на первое место выходят зеленые с участием сине-зеленых, что характерно для небольших, хорошо прогреваемых, медленно текущих рек. Отмеченное нами повышенное содержание органики и биогенных элементов в водах исследованных рек — причина активной вегетации водорослей из отдела эвгленовых и слабого развития золотистых. Среди структурообразующих видов фитопланктона — широко распространенные планктонные виды из отделов зеленых, сине-

зеленых и диатомовых водорослей. Фитопланктон данных водоемов находится под влиянием преимущественно природных факторов со слабо выраженным антропогенным воздействием. Индекс биоразнообразия фитопланктона исследованных рек высокий, следовательно, планктонные альгоценозы не испытывают серьезного пресса внешних ингибирующих факторов природного или антропогенного характера. Сезонное варьирование индекса сапробности свидетельствует, с одной стороны, о поступлении органических веществ со стоком, с другой — о наличии самоочистительной способности экосистемы исследованных рек, в том числе и за счет функциональной роли водорослей планктона.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Васильева И.И.* Анализ видового состава и динамики развития водорослей водоемов Якутии. Якутск, 1989. 48 с.
- Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. и др.* Водоросли: Справочник. Киев, 1989. 608 с.
- Габышев В.А.* Водоросли планктона реки Лены в зоне влияния г. Якутска: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 1999. 16 с.
- Габышев В.А.* Водоросли планктона водоемов бассейна р. Молодо (Россия, Якутия) // Гидробиологический журнал. 2008. Т. 44. № 3. С. 12—18.
- Габышев В.А.* Фитопланктон некоторых притоков Средней Лены // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века: Мат-лы XII съезда Русского ботан. об-ва. Ч. 2. Петрозаводск, 2008. С. 21—23.
- Гецен М.В.* Водоросли в экосистемах Крайнего Севера. Л., 1985. 165 с.
- Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Л., 1988. Т. 2. 116 с.
- Матвієнко О.М., Догадіна Т.В.* Жовтозелені водорості: Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Х. Київ, 1978. 509 с.
- Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Л., 1981. 32 с.
- Мэгарран Э.* Экологическое разнообразие и его измерение. М., 1992.
- Перечень ПДК и ОБУВ вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. М., 1995. 141 с.
- Ремизайло П.А., Габышев В.А.* Таксономическая структура и видовое разнообразие фитопланктона верховьев реки Алдан // Сибирский экол. журнал. 2001. Т. 8. № 4. С. 385—387.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики. Т. 17. (Лено-Индибирский р-н). Л., 1967. 164 с.
- Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А.Д. Семенова. Л., 1977. 540 с.
- Сладечек В.* Общая биологическая схема качества воды // Санитарная и техническая гидробиология: Мат-лы I съезда ВГБО. М., 1967. С. 26—31.
- Шмидт В.М.* Математические методы в ботанике. Л., 1984. 288 с.
- Bogorov W.G.* Perspectives in the study of seasonal changes of plankton and of the number of generations of different latitudes // Perspectives in marine biology. Berkeley, 1958. P. 145—158.
- Starmach K.* Chrysophyceae und Haptophyceae. Jena, 1985. 515 s.

Институт биологических проблем  
криолитозоны СО РАН  
677980, г. Якутск, пр. Ленина, 41

Поступила в редакцию  
04.03.2009

#### PATTERNS OF PHYTOPLANKTON DEVELOPMENT OF SMALL RIVERS IN THE MIDDLE LENA RIVER BASIN

*V.A. Gabyshev, A.P. Ivanova, O.I. Gabysheva*

#### Summary

Taxonomic and ecologo-floristic analyses of phytoplankton have been made for small tributaries of the middle part of the Lena River for the first time. Quantitative indices of a seasonal change in algal cell numbers and biomass have been determined. We found that phytoplankton of small rivers — the Tamma, Suola and Myla — is rich in species, of them 31 are new in the composition of the regional flora. Quantitative growth of phytoplankton is specified by their increase from the spring to summer and is limited with a relatively short non-ice period and weak heat penetration into the water. A set of dominants in summer and spring phytoplankton of the river examined was marked out. The basis of phytoplankton biomass is formed by diatoms, green

and blue-green algae. High content of organics and biogenic elements is the cause for the increased level of euglenoids vegetation and poor development of chrysophyta algae. It is found that phytoplankton of these water bodies is mainly under the influence of natural environment factors with a poor expressed anthropogenic effect.

**Key words:** small rivers, Middle Lena river basin, phytoplankton structure, seasonal changes, organic matters, biogenic elements, anthropogenic effect.

#### *Сведения об авторах*

*Габышев Виктор Александрович* — т.: 8(411-2)33-56-90; ф.: (411-2)33-58-12; e-mail: v.a.gabyшев@ibpc.usn.ru

*Иванова Анна Петровна* — т.: (411-2)33-56-90.

*Габышева Ольга Ивановна* — т.: (411-2)33-56-90.