



УДК 582.232:574.583

## Фитопланктон и гидрохимия рек Витим, Мама и Чуя (Забайкалье, бассейн реки Лены)

Н. А. Бондаренко, И. В. Томберг, Н. Ф. Логачёва, О. А. Тимошкин

*Лимнологический институт СО РАН, Иркутск*

*E-mail: nina@lin.irk.ru*

**Аннотация.** Представлены первые сведения о фитопланктоне рек Витим, Мама и Чуя (север Забайкалья, бассейн верхнего течения р. Лены), а также краткая характеристика их ледовых водорослей. Оценены динамика содержания основных химических компонентов в водах рек с марта по сентябрь и структура планктонной альгофлоры. Приведены количественные параметры фитопланктона, описана его сезонная динамика. Воды рек имели низкую минерализацию: сумма ионов не превышала  $138 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ , максимальные её значения наблюдались в подледный период при грунтовом питании, минимальные в июне – начале июля во время половодья. По составу главных ионов воды отнесены к гидрокарбонатному классу, группе кальция. В составе планктона по видовому богатству доминировали диатомовые водоросли (36, 29 и 31 вид в Витиме, Маме и Чуе соответственно), преобладали донные формы. Биомасса микроводорослей была низкой, максимальная отмечена летом (от  $34 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$  в Чуе до  $230 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$  в Витиме).

**Ключевые слова:** фитопланктон, таксономический состав, биомасса, гидрохимия, сумма ионов, р. Витим, р. Мама, р. Чуя, Забайкалье.

### *Введение*

Север Забайкалья богат водными ресурсами. Однако экосистемы рек этого района до настоящего времени изучены слабо, либо не изучались вообще. Исследования биоты р. Витим и его притоков, проводившиеся в XIX–XX вв. и начале нынешнего, ограничивались преимущественно изучением рыбной части сообществ [2; 21; 22 и др.]. Для рек Мама и Чуя опубликованных сведений нет вовсе. Гидробиологические и гидрохимические исследования водных экосистем района касались в основном озёрных водоёмов. Их результаты приведены в ряде работ [3; 8; 22; 33; 35 и др.]. Именно в бассейнах рек Витим и Олёкма были найдены организмы, считавшиеся байкальскими эндемиками [3; 6; 22; 23; 35].

Ускоряющееся в последние годы освоение природных богатств Восточной Сибири сопровождается ростом антропогенных воздействий в первую очередь на водные экосистемы территории, что требует организации изучения основных компонентов биоты водоёмов. Один из важнейших среди них – микроводоросли, поскольку они являются основными продуцентами органического вещества в водотоках, определяют структуру экосистем и протекающие в них биологические процессы. В свою оче-

редь, развитие водорослей зависит от наличия доступных ресурсов, среди которых важная роль принадлежит биогенным элементам.

В статье приводятся первые сведения о фитопланктоне рек Витим, Мама и Чуя, а также химические характеристики их вод.

### *Материалы и методы*

Исследования проводили с марта по сентябрь 2009 г. на водотоках Мамско-Чуйского района Иркутской области (рис. 1). Район расположен в пределах Северо-Байкальского нагорья. Рельеф местности гористый с перепадами высот между вершинами гольцов и долинами рек 800–900 м, максимальные абсолютные отметки гольцов достигают 1 500 м. В пределах района находятся бассейны рек Витим, Мама, Бол. и Мал. Чуя с развитой сетью их притоков разного порядка.

Несмотря на принадлежность территории к зоне умеренных широт, вследствие её расположения в глубине Азиатского материка, горного рельефа и удаленности от океанов и морей, климат здесь резко континентальный. Изменение высоты местности определяет температурный режим, степень увлажнения и уровень солнечной радиации. Хребты, окружающие межгорные котловины, перехватывают большую часть осадков, в котловинах наблю-

дается дефицит влаги. Определяющим фактором климата является воздействие зимнего азиатского антициклона и западных ветров, несущих осадки. Годовая амплитуда температуры в горах составляет от  $-32$  до  $+36$  °С, в котловинах от  $-36$  до  $+40$  °С, среднегодовое количество осадков 390–550 мм, причем 60–70 % их приходится на летние месяцы. Основная масса осадков поступает из Атлантического бассейна [40].

Формирование химического состава поверхностных вод, протекающее в таких климатических условиях, имеет свои особенности. На водосборах повсеместно распространена

многолетняя мерзлота, что вызывает заболачивание территории. Питание рек в основном осуществляется за счёт снеготаяния, что приводит к значительным внутригодовым колебаниям концентраций химического состава их вод. Распространение на территории подзолистых, торфянистых и заболоченных почв способствует формированию низкоминерализованных вод с высоким содержанием органических веществ. В связи с сильным влиянием болот в летнее время отмечается малое содержание в водах растворенного кислорода и сильное обеднение им в зимний период [7; 30]

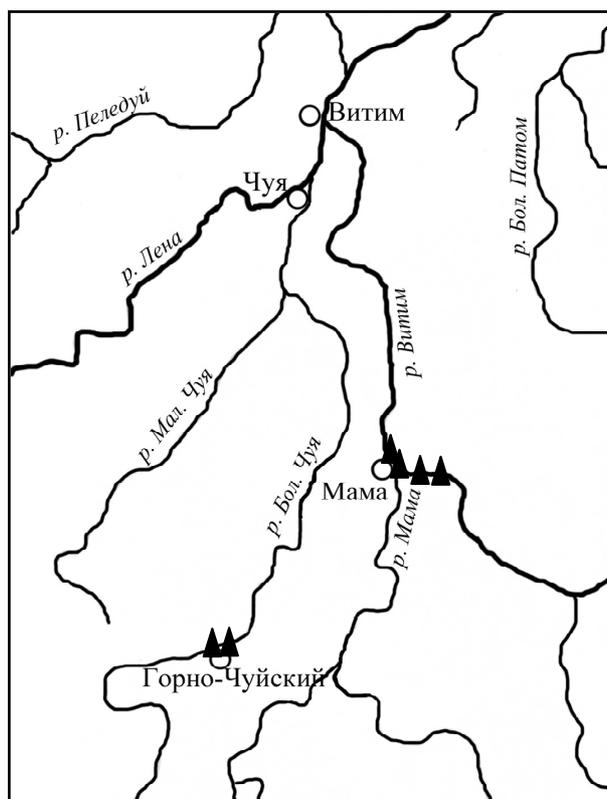


Рис. 1. Карта-схема района исследований

Объектами исследований стали два крупнейших правых притока Лены в пределах территории и приток Витима. Река *Витим* начинается при слиянии рек Витимкан и Чина, длина составляет 1 837 км (с учётом р. Витимкан – 1 978 км). Вытекает из небольшого горного озера, лежащего на Икатском хребте на абсолютной высоте 1686 м, затем огромной дугой окружает Витимское плоскогорье, прорезая Южно-Муйский и Северо-Муйский хребты. На всём протяжении принимает массу больших и малых притоков, в том числе и *Маму*, началом которой считается место слияния Лев. Мамы. Истоки Лев. Мамы находятся на север-

западных склонах Верхне-Ангарского хребта. Длина Лев. Мамы и Мамы – свыше 400 км [4]. Длина р. *Чуи* – 512 км. До слияния с Малой Чуей она называется Большой Чуей. Бол. Чуя берет начало в юго-западной части хр. Сынныр, течёт почти строго на север. На всём протяжении встречаются серии порогов, водопады, мели и перекаты, течение успокаивается только в районе пос. Горно-Чуйский.

Отбор проб проводили в разные гидрологические сезоны: зимнюю межень, весеннее половодье, летнюю и осеннюю межень. На р. Витим станции отбора были расположены в его нижнем течении примерно в 130–150 км выше

устья в месте впадения в Витим р. Мама: в 1, 2 и 23-х км от пос. Мама вверх по течению (N 58°13'569'', E 113°11'195''; N 58°18'358'', E 112°55'992''), высота над у. м. 200–204 м. На р. Мама станция отбора находилась в 2-х км выше устья (N 58°17'726'', E 112°55'309''), высота над у. м. 209 м. На р. Чуя пробы отобраны в районе пос. Горная Чуя и в 2,8 км от посёлка (N 57°38'725'', E 111°45'237''), высота над у. м. 511 м (см. рис. 1). Зимой параллельно с пробами воды отбирались керны льда.

Определение химического состава проводилось в предварительно отфильтрованных через мембранные фильтры (ацетатцеллюлоза,  $d_{пор}=0,45$  мкм) пробах по общепринятым в гидрохимии поверхностных вод методикам [1; 18; 19; 31; 32; 48]. Для гидрохимического анализа отобраны 16 проб воды.

Для исследования фитопланктона отбирались сетные и поверхностные пробы воды объёмом 1000–1500 мл. Материалом для изучения ледовых водорослей послужили колонки льда. Керны разрезали послойно на сегменты и оттаивали при комнатной температуре. За период исследований собраны и обработаны 49 проб фитопланктона и ледовых водорослей. Образцы фиксировали раствором Утермеля, концентрировали седиментационным методом. При обработке материала применяли традиционные в гидробиологии методы [20]. Концентрат просматривали в камере Нажотта объёмом 0,1 мл в световом микроскопе «Peraval». При увеличении микроскопа  $\times 720$  учитывали и идентифицировали сетные формы и нанопланктон, при увеличении  $\times 1200$  – пикопланктон. Биомассу водорослей определяли с учётом индивидуальных объёмов их клеток [26]. Идентификацию водорослей проводили по определителям [16; 17; 27; 28; 37; 45; 47 и др.]

Географическое распространение видов с подразделением их на арктоальпийские, бореальные и космополиты или широко распространённые приводится по данным использованных определителей.

### Результаты и обсуждение

Температурный режим рек отражает условия континентального климата: ледовый период продолжается 7–8 месяцев, а летом вода значительно прогревалась. Толщина льда в марте 2009 г. на р. Витим составляла 50–120 см, Мама – 60–90 см, Чуе – 60–65 см; высота снежного покрова: на Витиме – 15–50 см, Мама – до 50 см, Чуе – 60 см. Весенний прогрев воды происходил ещё подо льдом. Ледовый покров начинал распадаться во второй половине мая. Температура воды была ниже температуры воздуха и постепенно повышалась с момента схода льда до конца первой – начала второй декады августа, после чего наблюдалось её устойчивое понижение. Максимальная температура поверхностного слоя воды не превышала 15–17 °С.

### Гидрохимическая характеристика рек

Воды рек Витим, Мама и Чуя в течение всего периода изучения имели низкую минерализацию, наибольшие показатели отмечены для Чуи, где сумма ионов не превышала 138 мг·л<sup>-1</sup> (рис. 2). Максимальные концентрации основных ионов и их сумма наблюдались в подлёдный период при грунтовой питании, минимальные значения регистрировались в июне – начале июля во время половодья и таяния ледников в горах в истоках рек.

По составу главных ионов воды в период исследования относились к гидрокарбонатному классу, группе кальция (табл.).

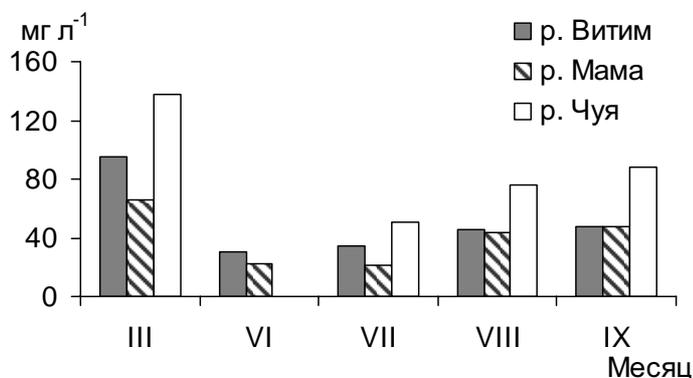


Рис. 2. Динамика суммы ионов в водах исследованных рек Забайкалья

Таблица

Относительный химический состав речных вод (средние значения), % экв. л<sup>-1</sup>

Река	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Витим	40,1	≤1	8	≤1	30,4	12,3	1	5,2	1,2
Мама	39,8	≤1	8,9	≤1	37,3	6,1	≤1	5	1
Чуя	40,3	1,2	7,8	≤1	35,2	7,1	1	4,6	2,1

Летом значения pH речных вод были близки к нейтральным (7,0–7,4), а зимой и во время половодья смещались к слабокислым (6,59–6,79).

Динамика концентраций биогенных элементов имела выраженную сезонность (рис. 3). Суммарное содержание минерального азота в воде изменялось от 0,14 до 0,6 мг N·л<sup>-1</sup>. Максимальные концентрации нитратного азота (0,20–0,27 мг N·л<sup>-1</sup>) отмечались в подледный период. Доля нитратов в сумме минерального азота в этот период была максимальна и составляла 80–95 %. После вскрытия рек в мае – июне концентрации NO<sub>3</sub><sup>-</sup> резко снижались. В течение всего летнего периода содержание нитратного азота оставалось низким и колебалось от 0,04 до 0,09 мг N·л<sup>-1</sup>.

В сезонной динамике аммонийного азота минимальные концентрации регистрировались зимой (0,01–0,05 мг N·л<sup>-1</sup>). Весной из-за посту-

пления талых вод с заболоченного водосбора концентрация NH<sub>4</sub><sup>+</sup> в речных водах увеличивалась до 0,44 мг N·л<sup>-1</sup>, а его доля составляла 70–76 % суммарного содержания минерального азота. К июлю в результате снижения стока с водосбора и биоаккумуляции концентрации ионов аммония уменьшались в 2–10 раз, однако содержание NH<sub>4</sub><sup>+</sup> в воде Витима и Чуи в 3–4 раза превышало долю остальных форм азота. Осенью концентрации NH<sub>4</sub><sup>+</sup> несколько увеличивались, вероятно, за счёт поступления из отмирающей растительности.

Нитритный азот в воде исследованных рек регистрировался в следовых количествах, его концентрации не превышали 0,001 мг N·л<sup>-1</sup>. Низкими в течение всего года оставались и концентрации минерального фосфора. Они изменялись от 0,002 до 0,009 мг P·л<sup>-1</sup>, сезонных изменений не выявлено.

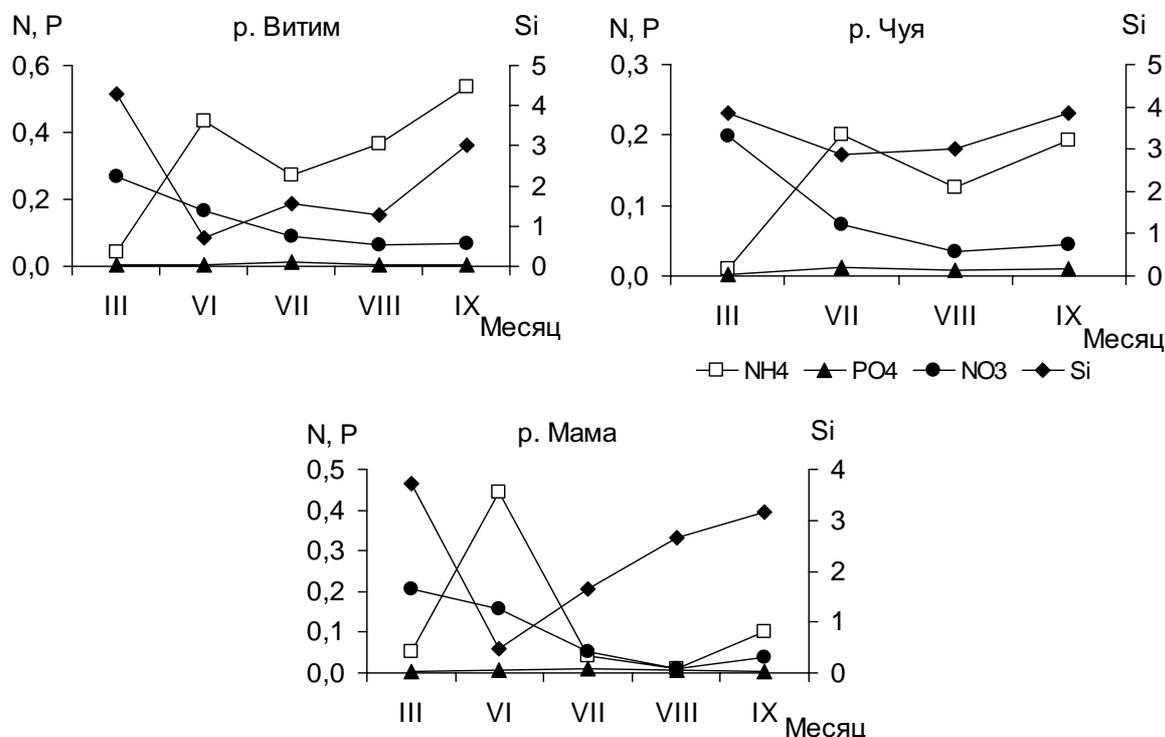


Рис. 3. Сезонная динамика концентраций биогенных элементов (мг·л<sup>-1</sup>) в водах исследованных рек Забайкалья

Внутригодовая динамика концентраций растворенной кремнекислоты в воде рек в первую очередь была связана с изменением водности. Максимальные концентрации (3,7–4,3 мг Si мг·л<sup>-1</sup>) наблюдались в подлётный период, когда питание рек осуществлялось за счёт более минерализованных грунтовых вод с высоким содержанием кремния. Весной во время половодья концентрации Si снижались до минимальных значений – 0,5–0,7 мг·л<sup>-1</sup>. В течение лета и осени содержание кремния постепенно увеличивалось (см. рис. 3). Наименьшие колебания отмечены для вод Чуя.

Динамика концентрации органического вещества (ОВ) в реках различна. Величина биохроматной окисляемости в воде р. Витим была минимальной (1,3 мг О·л<sup>-1</sup>) зимой, увеличивалась после вскрытия реки и достигала максимума в августе-сентябре (до 29 мг О·л<sup>-1</sup>) (рис. 4). Органическое вещество в р. Витим поступает с водосбора со снеговыми и дождевыми водами, а также с водами мелких притоков, вытекающих из болот и многочисленных озёр. В воде меньших рек Мама и Чуя концентрации органического вещества в течение всего периода исследования были высокими и не опускались ниже 18 мг О·л<sup>-1</sup>.

#### Фитопланктон обследованных рек

Таксономический состав и эколого-географический анализ альгофлоры р. Витим. В составе планктона были выявлены 93 вида и

разновидности водорослей из 50 родов и 7 отделов. Наибольшего видового богатства достигали диатомовые (36 видов, ~39 % общего состава). В связи со значительными скоростями течения реки (2–9 м/с [21]), среди них зарегистрирован 21 вид бентосных водорослей. За диатомовыми следовали зелёные (23 вида) и сине-зелёные (11 видов). Отмечена тенденция накопления видовых и внутривидовых таксонов в сравнительно небольшом числе родов: *Dinobryon* Ehr. – 6 внутривидовых таксонов, включая типовые; *Gomphonema* s.s. и *Nitzschia* Hass. – 4; *Aulacoseira* Thw., *Scenedesmus* Meyen, *Cymbella* s.s. и *Cryptomonas* Ehr. – по 3 вида. Одновременно выделено значительное количество монотипических родов и родов с двумя видами – 43 (86 %).

Основной состав альгофлоры реки составляли космополитные виды (84 %), бореальных только 12 %. Встречен реликтовый вид – диатомовый *Pliocaenicus costatus* Flower, *Ozornina et Kuzmina*. Этот обычный обитатель горных и высокогорных озёр Прибайкалья и Забайкалья ранее найден в бассейнах многих притоков Витима: Цыпы, Калара, Чины, Амалыка, Куанды, Мамы [5].

Динамика количественных характеристик фитопланктона р. Витим. В марте подо льдом были отмечены незначительные количества диатомовых водорослей: золотистой *Dinobryon suecicum* Lemm. и динофитовых из рода *Peridinium* Ehr. Низкая биомасса зарегистрирована и в апреле (рис. 5).

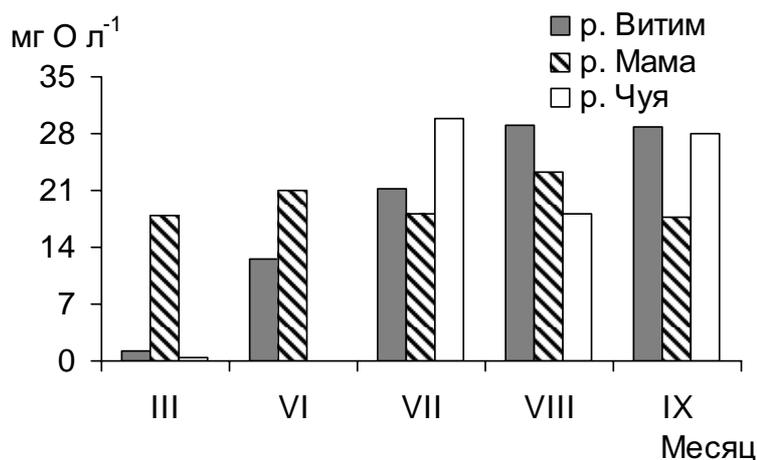


Рис. 4. Изменение концентраций органического вещества (ХПК) в водах исследованных рек Забайкалья

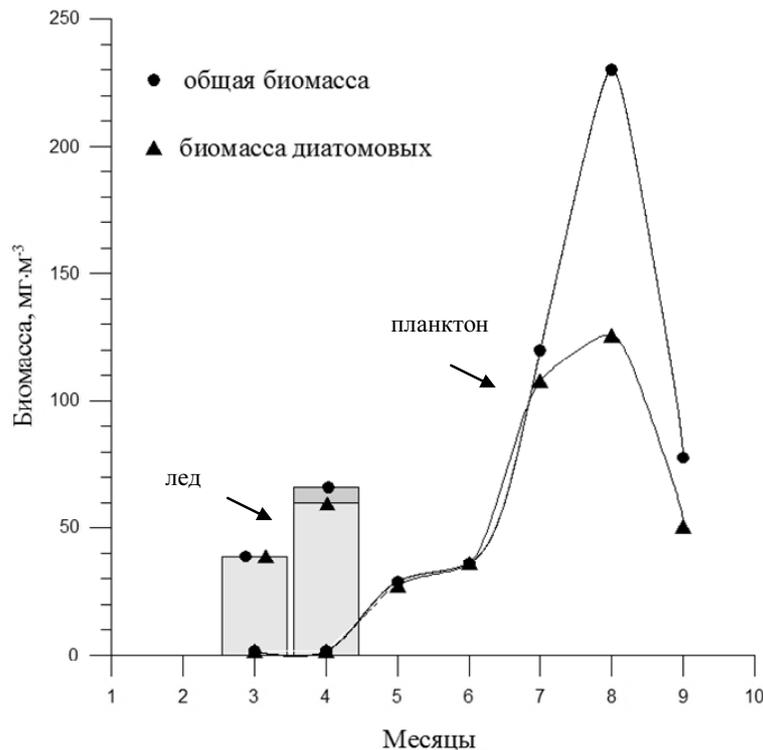


Рис. 5. Изменения биомассы водорослей в планктоне и интерстициальной ледовой воде в р. Витим в 2009 г.

В это же время в исследованном ледяном керне общая биомасса водорослей была более чем в 20 раз выше планктонной. Основной вклад принадлежал донным *Hannaea arcus* (Ehr.) Patrick и *Fragilaria ulna* (Nitzsch.) Lange-Bertalot, а также планктонным *Synedra acus* Kütz. и *Aulacoseira subarctica* (O. Müll.) Sim. В мае, в момент вскрытия реки ото льда, количественные показатели незначительно возросли за счёт выхода в толщу воды ледовых водорослей. Максимум в развитии микроводорослей отмечен летом, в июле – августе. В это время их состав в планктоне расширился за счёт криптофитовых, золотистых (*Chrysococcus rufescens* Klebs и виды рода *Dinobryon*), зелёных (*Monoraphidium contortum* (Thur.) Komarkova-Legnerova) и сине-зелёных. Хотя основной фонд первичной продукции реки в течение всего периода исследования создавали диатомовые (в период максимума ~125 мг·м<sup>-3</sup>), на долю представителей перечисленных отделов летом приходилось до 47 % общей биомассы (при максимальном значении 230 мг·м<sup>-3</sup>). В начале сентября биомасса микроводорослей падала, обеднялся видовой состав сине-зелёных, зелёных и диатомовых водорослей.

*Характеристика фитопланктона р. Чуя.* В планктоне найдены 44 вида водорослей, принадлежащих к 30 родам и 7 отделам, среди них

диатомовых 31 вид, что составило 70 % общего состава альгофлоры: из них 9 представителей планктона и 22 бентосных формы. За исключением двух родов (*Fragilaria* и *Nitzschia*), прочие включают 1–2 вида. Основу альгофлоры (82 %) составляют виды с широким географическим распространением. Также как в р. Витим, найден реликт – диатомовый *Pliocenicus costatus*.

Горный характер реки отражается не только на структуре, но и количественных показателях микроводорослей планктона. Здесь зарегистрированы самые низкие показатели биомассы водорослей (рис. 6), что явилось следствием присутствия преимущественно мелких форм. Так, подо льдом были найдены лишь незначительные количества пикопланктонных цианобактерий. В то же время в ледяных кернах доминировали донные формы диатомовых. Ледовые планктонные были представлены мелкими формами диатомовых рода *Cyclotella* Kütz., но, в отличие от р. Витим, здесь отмечены незначительные количества динофитовых рода *Peridinium* и криптоноад. Летом в составе планктона доминировали донные формы диатомовых с небольшой примесью криптофитовых рода *Cryptomonas* – показателей наличия в водах легко разлагающихся органических соединений.

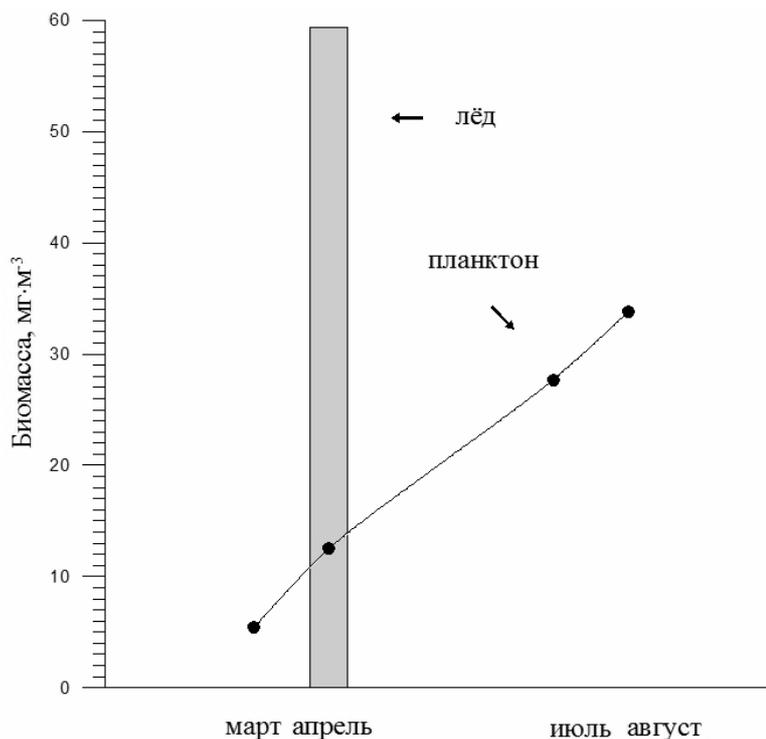


Рис. 6. Значения биомассы водорослей р. Чуи в планктоне и ледовых ядрах (по данным 2009 г.)

*Характеристика фитопланктона р. Мама.* В составе планктона найдены 38 видов водорослей из 5 отделов. Эколого-флористические характеристики очень сходны с таковыми из р. Чуи. Наибольшее количество видов зарегистрированы в отделе диатомовых – 29 (76 %), из них только 8 планктонных. За исключением родов *Fragilaria* и *Nitzschia*, прочие – 1–2-видовые. Основу альгофлоры (более 80 %) также слагали виды с широким географическим распространением.

Количественные характеристики микроводорослей реки выше, чем в Чуе, но ниже, чем в Витиме (рис. 7). Максимальные концентрации отмечены в ледовых ядрах и в августе. В интерстициальной ледовой воде доминировала, как и в предыдущих реках, диатомовая *Hantzschia arcus* (до 20 тыс. кл. в литре расплава льда). Летом в планктоне вместе с диатомовыми развивались золотистые и криптофитовые водоросли, однако их численность была невысока (до 10 тыс. кл. ·л<sup>-1</sup> для каждого отдела).

Полученные результаты показали, что в фитопланктоне Чуи и Мамы – водотоков с ярко выраженным горным характером (летом скорости течения в местах отбора проб превышали 2 м/с) – преобладали донные формы диатомовых водорослей, доля планктонных видов составила только 32 % от общего состава флоры планктона. Иная картина получена для Витима. Его крупная транзитная долина имеет длитель-

ную историю развития, пересекает различные морфоструктурные области и формируется при чрезвычайно контрастных условиях чередования межгорных понижений и хребтов, начиная с Икатского [14]. Здесь доля планктонных видов составила 52 %, хотя по видовому богатству также преобладали диатомовые (39 %), при этом значительной была доля зелёных (25 %) и сине-зелёных (12 %).

Эколого-флористический анализ альгофлоры рек севера Забайкалья выявил определенные черты её сходства с флорой низших растений северных водотоков и водоёмов Евразии. Проявились они в наличии значительного количества монотипических родов и небольшого – политипических. Например, в фитопланктоне водоёмов Якутии в бассейне средней Лены на долю монотипических и двувидовых родов пришлось близкое количество (78,3 % родового списка) [10]. Эта тенденция является отличительной чертой северных [11; 15; 24] и сибирской горной [5] альгофлор. Основой планктонных ценозов в обоих типах флор являлись представители четырех отделов водорослей: диатомовых, зелёных, сине-зелёных и золотистых. Подобное соотношение видов и разнообразностей, когда основу списка ( $\geq 90$  %) составляют представители этих четырёх отделов водорослей, характерно для северных водоёмов [15; 24; 25; 29; 34; 36; 42–44].

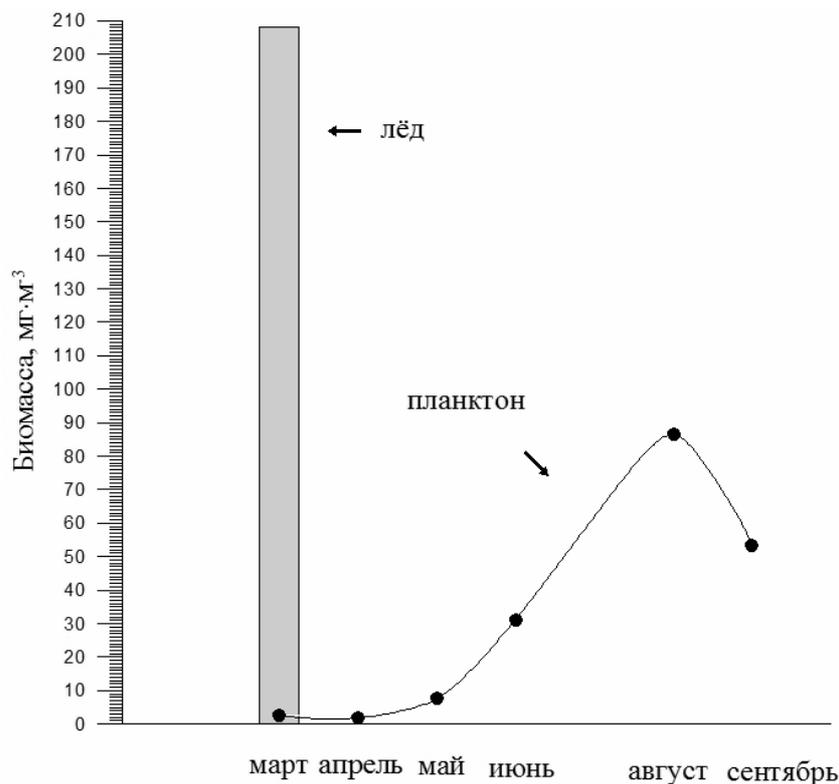


Рис. 7. Изменения биомассы водорослей в планктоне и интерстициальной ледовой воде в р. Мама в 2009 г.

Самое яркое отличие обследованной альгофлоры – присутствие в реках Забайкалья реликтовой водоросли *Pliocaenicus costatus*. Ареал вида в настоящее время ограничен Полярным Уралом, Чукоткой, горными областями и крайним севером Восточной Сибири [5; 13; 41]

Доминирование диатомовых в планктоне характерно для рек Севера и Восточной Сибири: например, для рек Карелии, р. Енисей и его правобережных притоков, р. Анабар в Заполярье [12; 24; 33]. Низкие значения биомассы из Мамы и Чуи вполне сопоставимы с летними показателями, приведенными для правобережных притоков р. Енисей ( $110 \pm 20 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ ) [33] и верхнего участка р. Анабар, имеющего горный характер ( $43,4 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ ) [12]; а максимальные значения для фитопланктона из Витима – с биомассами в нижнем течении р. Ангары ( $590 \pm 90 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ ) [34].

Сопоставляя динамику количественных показателей микроводорослей и динамику содержания биогенных элементов в воде рек, можно констатировать, что снижение концентраций  $\text{NO}_3^-$  в летние месяцы связано не только с особенностями водного режима, но и с интенсивным поглощением нитратов фитопланктоном. То есть на динамику содержания органического

го вещества, вероятно, влияло не только его поступление с заболоченных территорий, но и развитие фитопланктона. Внутригодовая динамика концентраций растворенной кремнекислоты в воде рек связана с условиями питания рек, однако летом в значительной степени зависит от развития диатомовых и процесса образования кремнистых цист видами рода *Dinobryon*. Относительно невысокие значения биомасс микроводорослей в летний период определялись низкими концентрациями биогенных элементов. Лимитирование развития водорослей азотом, часто наблюдаемое в водных экосистемах летом [9; 29; 36; 46 и др.], для изученных рек нехарактерно в связи с высоким содержанием в их водах аммонийного азота.

#### Заключение

Выполненные исследования показали, что воды обследованных рек маломинерализованы, относятся к гидрокарбонатному классу группы кальция. Они содержат повышенные концентрации органического вещества и аммонийного азота, имеют пониженные величины рН, что характерно для вод лесотундровой зоны. Внутригодовая динамика главных ионов и минерализации воды в водотоках определялась сезон-

ными изменениями водного стока, их наименьшие концентрации наблюдались во время половодья, максимальные – в зимнюю межень. Сезонные изменения концентраций нитратного азота и кремния обусловлены динамикой водности и интенсивностью развития растительного планктона, в составе которого и по видовому богатству, и по количественным параметрам доминируют диатомовые водоросли.

Фитопланктон исследованных водотоков горных областей севера Забайкалья характеризуется относительно высоким флористическим богатством: 93 вида и разновидностей в Витиме, 38 – в Маме и 44 – в Чуе, что является результатом обогащения водной толщи бентосными водорослями и видами-обрастателями. Обычно в планктоне рек встречаются донные формы диатомовых водорослей родов *Gomphonema*, *Nitzschia*, *Diatoma* и *Cymbella*, часто присутствуют и зелёные нитчатые, преимущественно *Ulothrix zonata* Kütz., а в Чуе ещё и *Hydrurus foetidus* Kirchn. из золотистых. Опыт исследования притоков верхнего участка Витима [5] показывает, что видами, встречающимися на протяжении всей реки, являются в первую очередь *Aulacoseira subarctica*, *Cyclotella ocellata* Pant., *Fragilaria ulna*, *Pliocenicus costatus*, *Synedra acus*, *Tabellaria flocculosa* (Roth.) Kütz., *Rhodomonas pusilla* (Bachm.) Javorn., *Monoraphidium contortum*, *Dinobryon suecicum* и *Kephyrion litorale* Lund.

Перемещающиеся водные массы обеспечивают поступление питательных веществ к клеткам водорослей в течение вегетационного периода, однако вследствие малых концентраций биогенных элементов биомасса водорослей была низкой, что характерно для северных олиготрофных водотоков. Наибольшие показатели отмечены летом, в период минимальных концентраций биогенных элементов (34 мг·м<sup>-3</sup> в горной Чуе и в 7 раз выше, 230 мг·м<sup>-3</sup>, в Витиме). Зимой, в связи с большой толщиной снежного покрова (до 60 см), основным лимитирующим фактором развития водорослей выступают световые условия. Основной адаптивной стратегией водорослей в условиях длительно замерзающих сибирских водотоков со значительным снежным покровом является их развитие в интерстициальной ледовой воде.

По данным наших наблюдений, зимой концентрации водорослей были выше в ледяных кернях, чем в воде рек. Повышенные количественные показатели фитопланктона в летний период при минимальных концентрациях биогенных элементов могут быть объяснены при-

сутствием в водах рек гуминовых соединений, стимулирующих уровень развития первичных продуцентов. Больше по сравнению с двумя другими водотоками видовое богатство и повышенные количественные характеристики фитопланктона Витима были обусловлены большим биотопическим разнообразием реки. Кроме того, именно в водах Витима летом регистрируются повышенные концентрации гуминовых соединений: величина бихроматной окисляемости увеличивалась после вскрытия реки и достигала максимума в августе – сентябре (до 29 мг О·л<sup>-1</sup>).

Полученные нами данные вполне согласуются с опубликованными результатами для водотоков горных областей Восточной Сибири. Например, в нижнем течении р. Енисей и в его правобережных притоках в качестве доминантов летнего планктона выступали диатомовые водоросли, биомассы фитопланктона обследованных нами рек также сопоставимы с летними показателями, приведенными для правобережных притоков р. Енисей [33]. Альгофлора рек севера Забайкалья имеет наибольшие черты сходства с флорой низших растений северо-западных и северо-восточных бореальных и субарктических территорий России и Фенноскандии [10–12; 15; 24; 25; 29; 34; 36; 42–44]. Её особенностью является нахождение реликтовой водоросли *Pliocenicus costatus*.

Работа финансирована интеграционным проектом СО РАН № 49 «Разнообразие, биогеографические связи и история формирования биот долгоживущих озёр Азии». Авторы благодарят С. М. Евстигнеева за квалифицированный и регулярный отбор проб, В. Г. Панчукова и А. Б. Сорокикова за техническое содействие в организации и проведении экспедиционных исследований, Н. А. Семитуркину за помощь в оформлении иллюстраций.

#### Литература

1. Барам Г. И. Применение микроколоночной высокоэффективной жидкостной хроматографии с УФ-детектированием для определения анионов в объектах окружающей среды. / Г. И. Барам, А. Л. Верещагин, Л. П. Голобокова // Аналит. химия. – 1999. – Т. 54, № 9. – С. 962–965.
2. Биология речного гольяна в водоёмах верхнего течения реки Лены / Р. С. Андреев [и др.] // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. : Биология. Экология. – 2010. – Т. 3, № 1. – С. 42–48.
3. Биота Витимского заповедника: структура биоты водных экосистем / А. Н. Матвеев [и др.]. – Новосибирск : Гео, 2006. – 255 с.

4. Большой энциклопедический словарь. – М. : Большая Российская энциклопедия, 2007. – 1888 с.
5. Бондаренко Н. А. Фитопланктон горных озёр Восточной Сибири / Н. А. Бондаренко // Изв. Самар. науч. центра РАН. – 2006. – Т. 8, № 1. – С. 176–190.
6. Бондаренко Н. А. О находке байкальских эндемичных водорослей в горных озёрах Забайкалья / Н. А. Бондаренко, С. И. Генкал // Бот. журн. – 2005. – Т. 90, № 9. – С. 1389–1401.
7. Бочкарев П. Ф. Гидрохимия рек Восточной Сибири / П. Ф. Бочкарев – Иркутск : Иркут. кн. изд-во, 1959. – 155 с.
8. Власов Н. А. Гидрохимическая характеристика Баунтовских озёр / Н. А. Власов, Б. Ф. Прокофьев // Изв. физ.-хим. НИИ при Иркут. ун-те. – 1961. – Т. 5, № 2. – С. 60–72.
9. Вотинцев К. К. Круговорот органического вещества в озере Байкал / К. К. Вотинцев, А. И. Мещерякова, Г. И. Поповская. – Новосибирск : Наука, 1975. – 190 с.
10. Габышев В. А. Фитопланктон водоёмов бассейна Средней Лены (Якутия) / В. А. Габышев // Водные экосистемы: трофические уровни и проблемы поддержания биоразнообразия : материалы всерос. конф. с междунар. участием «Водные и наземные экосистемы: проблемы и перспективы исследований» (Вологда, Россия, 24–28 ноября 2008 г.) – Вологда, 2008. – С. 23.
11. Габышев В. А. Фитопланктон водоёмов бассейна р. Молодо (Якутия) / В. А. Габышев, П. А. Ремигайло // Сиб. экол. журн. – 2003. – № 4. – С. 423–426.
12. Габышев В. А. Водоросли планктона реки Анабар / В. А. Габышев, О. И. Габышева // Вестн. Том. гос. ун-та. – 2009. – № 324. – С. 354–358.
13. Генкал С. И. К морфологии и таксономии *Pliocoenicis costata* (Log., Lupik., et Churs.) Flower, *Ozornina* et *Kuzmina* (Bacillariophyta) / С. И. Генкал, Г. И. Поповская, Н. А. Бондаренко // Биология внутренних вод. – 2001. – № 2. – С. 53–64.
14. Геология и сейсмичность зоны БАМ. Кайнозойские отложения и геоморфология / под ред. Н. А. Логачева. – Новосибирск : Наука, 1983. – 170 с.
15. Гецен М. В. Водоросли в экосистемах Крайнего Севера / М. В. Гецен. – Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1985. – 165 с.
16. Голлербах М. М. Определитель пресноводных водорослей СССР / М. М. Голлербах, Е. К. Косинская, В. И. Полянский. – М. : Наука, 1953. – Вып. 2. – 652 с.
17. Диатомовые водоросли СССР. – Л. : Наука, 1988–1992. – Т. 2 (1–2). – 115 с.
18. ИСО 9964-3-93. Качество воды. Определение содержания натрия и калия спектрометрическим методом эмиссии в пламени. – М., 1983. – 12 с.
19. ИСО 7980-86. Качество воды. Определение кальция и магния. Атомно-абсорбционный спектрометрический метод. – М., 1987. – 6 с.
20. Киселёв И.А. Методы исследования планктона / И.А. Киселёв // Жизнь пресных вод. – М. ; Л. : АН СССР, 1956. – Т. 4, ч. 1. – С. 140–416.
21. Калашников Ю. Е. Рыбы бассейна реки Витим / Ю. Е. Калашников. – Новосибирск : Наука, 1978. – 190 с.
22. Кожов М. М. Пресные воды Восточной Сибири / М. М. Кожов. – Иркутск : Иркут. обл. гос. изд-во, 1950. – 367 с.
23. Кожов М. М. О новых находках элементов байкальской фауны вне Байкала / М. М. Кожов, А. Е. Томилов // Тр. Всесоюз. гидробиол. об-ва. – 1949. – Т. 1. – С. 224–227.
24. Комулайнен С. Ф. Альгофлора озёр и рек Карелии. Таксономический состав и экология / С. Ф. Комулайнен, Т. А. Чекрыжева, И. Г. Вислянская. – Петрозаводск : Карельский науч. центр РАН, 2006. – 81 с.
25. Кузьмин Г. В. Видовой состав фитопланктона водоёмов зоны затопления Колымской ГЭС / Г. В. Кузьмин. – Магадан, 1985. – 41 с.
26. Макарова И. В. К некоторым вопросам методики вычисления биомассы фитопланктона / И. В. Макарова, Л. О. Пичкилы // Бот. журн. – 1970. – Т. 55, № 10. – С. 1488–1494.
27. Матвієнко О. М. Визначник прісноводних водоростей Української РСР: / О. М. Матвієнко, Р. М. Литвиненко. – Київ : Наукова Думка, 1977. – III. Частина 2. Пірофітові водорості – Pyrrophyta. – 385 с.
28. Определитель пресноводных водорослей СССР / М. М. Забелина [и др.]. – М. : Сов. наука, 1951. – Вып. 4. Диатомовые водоросли. – 399 с.
29. Особенности структуры экосистем озёр Крайнего Севера. – СПб. : Наука, 1994. – 260 с.
30. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Л. : Гидрометеиздат, 1973. – Т. 16. – 585 с.
31. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. – Л. : Гидрометеиздат, 1977. – 534 с.
32. РД 52.24.421-95. Методические указания. Методика выполнения измерений химического потребления кислорода в водах. – Ростов н/Д., 1995. – 9 с.
33. Скрябин А. Г. Рыбы Баунтовских озёр Забайкалья / А. Г. Скрябин. – Новосибирск : Наука, 1977. – 232 с.
34. Стенина А. С. Первые сведения о пресноводной флоре диатомовых водорослей реки Кара (Полярный Урал) / А. С. Стенина // Споры растений Крайнего Севера России. – Сыктывкар, 1993. – С. 12–22.
35. Томилов А. Е. Материалы по гидробиологии некоторых глубоководных озёр Олекмо-Витимской горной страны / А. Е. Томилов // Тр. Иркут. гос. ун-та им. А. А. Жданова. Сер. биол. – 1954. – Т. 11. – С. 3–86.
36. Трифонова И. С. Экология и сукцессия озёрного фитопланктона / И. С. Трифонова. – Л. : Наука, 1990. – 180 с.

37. Царенко П. М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР / П. М. Царенко. – Киев : Наукова Думка, 1990. – 208 с.
38. Щур Л. А. Современное состояние фитопланктона и микрофитобентоса северных водоёмов Красноярского края / Л. А. Щур // Изв. Самар. науч. центра РАН. – 2006. – Т. 8, № 3. – С. 163–175.
39. Щур Л. А. Оценка современного санитарно-экологического состояния воды нижней части р. Ангары (Красноярский край) по фитопланктону и микрофитобентосу / Л. А. Щур, В. Н. Лопатин // Альгология. – 2005. – № 3. – С. 286–301.
40. Энциклопедия Забайкалья. – Новосибирск : Наука, 2000. – Т. 1: Общий очерк. – 302 с.
41. Ярушина М. И. К изучению флоры центральных диатомовых водорослей (Centrophyceae) водоёмов Восточного склона Полярного Урала (Россия) / М. И. Ярушина, С. И. Генкал // Альгология. – 2007. – № 2. – С. 237–253.
42. Ярушина М. И. Флора водорослей водоёмов Челябинской области / М. И. Ярушина, Г. В. Танаева, Т. В. Ерёмкина. – Екатеринбург : УрО РАН, 2004. – 307 с.
43. Eloranta P. The phytoplankton of some subarctic subalpine lakes in Finnish Lapland / P. Eloranta // Mem. Soc. Fauna et Flora Fennica. – 1986. – № 62. – P. 41–57.
44. Johanson C. Attached algal vegetation in running waters of Jamtland, Sweden / C. Johanson // Acta Phytogeogr. Suec. – 1982. – N 71. – P. 1–80.
45. Round F. E. The Diatoms. Biology and morphology of the genera / F. E. Round, R. M. Crawford, D. G. Mann. – Cambridge : University Press, 1990. – 747 p.
46. Sommer U. The periodicity of phytoplankton in Lake Constance (Bodensee) in comparison to other deep lakes of central Europe / U. Sommer // Hydrobiologia. – 1986. – Vol. 138. – P. 1–7.
47. Starmach K. Chrysophyceae und Haptophyceae / K. Starmach // Süßwasserflora von Mitteleuropa (ed. A. Pascher). – Jena : VEB Gustav Fischer Verlag, 1985. – Bd. 1. – 515 p.
48. Wetzel R. G. Limnological Analyses / R. G. Wetzel, G. E. Likens. – N. Y. : Springer-Verlag., 1991. – P. 391.

## Phytoplankton and hydrochemistry of the rivers Vitim, Mama, and Chuya (Transbaikalia, the River Lena watershed)

N. A. Bondarenko, I. V. Tomberg, N. F. Logacheva, O. A. Timoshkin

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk

**Abstract.** The paper presents the first data on phytoplankton of the rivers Vitim, Mama, and Chuya located north-eastward from Lake Baikal, Zabaikalie, within the upper part of the River Lena watershed, and description of their icy algae. Dynamics of main chemical components in these rivers during the study, March to September 2009, and structure of their planktonic algal flora were assessed. The phytoplankton have been quantitatively characterised and their seasonal dynamics has been described. It was shown that the river waters were low mineralised so that their ion sums did not exceed  $138 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Their maximal values were observed in the under-ice period when the rivers were fed mainly by the underground waters and minimal values in June and the beginning of July after snow-melting and when glaciers began to thaw. On the composition of the principal ions, the studied waters belong to the hydrocarbonate class, calcium group. On the species composition in plankton, there dominated diatoms, 36, 31, and 29 species correspondingly in Vitim, Chuya, and Mama. The benthic algae prevailed. Biomass values of microalgae were low but increased in summer, from  $34 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$  in Chuya to  $230 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$  in Vitim.

**Key words:** phytoplankton, taxonomic composition, biomass, hydrochemistry, ion sum, Vitim River, Mama River, Chuya River, Transbaikalia.

*Бондаренко Нина Александровна*  
Лимнологический институт СО РАН  
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3  
доктор биологических наук,  
ведущий научный сотрудник  
тел. 42–82–18, факс: 42–54–05  
E-mail: nina@lin.irk.ru

*Bondarenko Nina Aleksandrovna*  
Limnological Institute SB RAS  
3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033  
D. Sc. in Biology, leading research scientist  
phone: 42–82–18, fax: 42–54–05  
E-mail: nina@lin.irk.ru

*Логачёва Наталья Филипповна*  
*Лимнологический институт СО РАН*  
*664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3*  
*ведущий инженер*  
*тел. 42-82-18, факс: 42-54-05*  
*E-mail: nina@lin.irk.ru*

*Logacheva Natalia Filippovna*  
*Limnological Institute RAS*  
*3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033*  
*leading engineer*  
*phone: 42-82-18, fax: 42-54-05*  
*E-mail: nina@lin.irk.ru*

*Томберг Ирина Викторовна*  
*Лимнологический институт СО РАН*  
*664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3*  
*кандидат географических наук, научный сотрудник*  
*Тел. (3952)42-65-02, факс 42-54-05*  
*E-mail: kaktus@lin.irk.ru*

*Tomberg Irina Viktorobna*  
*Limnological Institute RAS*  
*3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033*  
*Ph.D. in Geography, research scientist*  
*phone: (3952) 42-65-02, fax: 42-54-05*  
*E-mail: kaktus@lin.irk.ru*

*Тимошкин Олег Анатольевич*  
*Лимнологический институт СО РАН*  
*664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3*  
*доктор биологических наук,*  
*заведующий лабораторией*  
*тел. (3952)42-82-18, факс 42-54-05*  
*E-mail: tim@lin.ru*

*Timoshkin Oleg Anatolyevitch*  
*Limnological Institute RAS*  
*3 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033*  
*D. Sc. in Biology, Head of Laboratory*  
  
*phone: (3952)42-82-18, fax: 42-54-05*  
*E-mail: tim@lin.ru*