

ВОДОРΟΣЛИ ПЛАНКТОНА РЕКИ АНАБАР

Впервые для Анабара – крупной реки арктического бассейна, получены данные о структуре фитопланктона от истока до устья. Выявлены особенности развития планктонных альгогруппировок на различных участках реки. В планктоне реки отмечено значительное число новых для региональной флоры таксонов водорослей.

Ключевые слова: река Анабар; Заполярье; фитопланктон.

Анабар – крупная река арктического бассейна на северо-востоке Сибири. Длина реки 939 км, площадь водосборного бассейна 100 тыс. км². Исток реки находится среди тундровых болот Анабарского плато. Река пересекает несколько почвенно-растительных зон: северной тайги, лесотундры и тундры. Анабар не имеет дельты и, впадая в море Лаптевых, образует типичный эстуарий – Анабарскую губу [1]. Верхний участок реки Анабар длиной 559 км носит название Большая Куонамка, а ниже устья притока Малая Куонамка – Анабар (рис. 1). Продолжительность периода с ледовыми явлениями на р. Анабар составляет около 253 сут [2]. Река протекает в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых грунтов, и в гидрологическом режиме Анабара преобладает снеговое питание, нередко случаи промерзания реки до дна и прекращения стока в среднем и нижнем течении. Бассейн Анабара целиком расположен за Полярным кругом, и важным фактором в развитии водорослей как фотосинтетических организмов является длительная полярная ночь, когда в зимнее время солнце не поднимается над горизонтом, и незаходящее солнце летом (полярный день).

Данные о водорослях р. Анабар приводятся в двух публикациях [3, 4], основанных на сборах конца 60-х и начала 80-х гг. прошлого века. Перечисленные работы посвящены в основном водорослям среднего течения р. Анабар на участке между устьями притоков Эбелях и Биллях, а по материалам единичных проб – водорослям нижнего и устьевого участков реки. Общий недостаток этих публикаций в том, что в них обсуждается альгофлора реки в целом. Крайне важная информация о том, в каком из местообитаний (планктон, бентос, обрастания) был найден конкретный вид, отсутствует. Водоросли верхнего течения Анабара (р. Большая Куонамка) до проведения наших исследований оставались неизученными.

Цель работы: изучение таксономической структуры и особенностей количественного развития фитопланктона р. Анабар, а также его облика в эколого-географическом плане.

Материал и методы исследования

Исследование основано на сборах, выполненных в июне–июле 2008 г. на участке р. Анабар длиной 897 км: от устья р. Дарихан до Анабарской губы (см. рис. 1). Всего собрано и обработано 70 планктонных альгологических проб и 27 проб воды для гидрохимического анализа. Образцы для изучения количественного развития фитопланктона объемом 1,5 л отобраны в прибрежной зоне или по фарватеру из поверхностного горизонта воды (0–0,3 м). Пробы концентрированы

на мембранных фильтрах «Sartorius» (диаметр пор 1,2 мкм) путем фильтрации под избыточным давлением при помощи устройства для сгущения фитопланктона собственной конструкции [5]. Отбор проб на качественный состав произведен планктонной сетью Апштейна (газ № 35). Микроскопирование препаратов выполнено с применением микроскопа Olympus BH-2. Анализ таксономической структуры фитопланктона проведен с использованием стандартных методов, принятых в сравнительной флористике [6]. При флористическом анализе использован коэффициент Серенсена. Для оценки биологического разнообразия водорослей применен индекс Шеннона–Уивера [7].

Для получения сведений о химико-физических свойствах среды обитания планктонных водорослей было собрано 27 проб воды для гидрохимического анализа. Химический анализ речной воды выполнен по общепринятым методикам [8].

Результаты и обсуждение

Альгофлора р. Анабар по нашим и литературным данным насчитывает 342 вида (378 таксонов внутривидового ранга, включая номенклатурный тип вида) из 8 отделов, 13 классов, 29 порядков, 70 семейств и 118 родов.

В результате собственных наблюдений в составе фитопланктона р. Анабар выявлен 221 вид водорослей (230 таксонов рангом ниже рода, включая номенклатурный тип вида) из 7 отделов, 12 классов, 27 порядков, 60 семейств, 92 родов (таблица).

Основу таксономического спектра составляют диатомовые (36,7% от общего числа видов), зеленые (29,4%) и синезеленые (17,6%) водоросли, что является характерным для проточных северных водоемов [9–11]. Разнообразно представлены желтозеленые и золотистые водоросли – соответственно 8,6 и 5,9%. Беден состав динофитовых (1,4%), из отдела красных водорослей встречен один вид. На уровне классов выделяется *Pennatophyceae* (32,6% видового состава), *Conjugatophyceae* (19,0%) и *Hormogoniophyceae* (13,1%); на уровне порядков – *Raphales* (24,9%) и *Desmidiaceae* (16,7%).

Наиболее крупные по числу видов 10 семейств включают 119 видов водорослей, которые принадлежат к отделам зеленых, синезеленых, диатомовых, золотистых и желтозеленых: *Desmidiaceae* (10,9% видового состава), *Oscillatoriaceae* (7,7%), *Fragilariaceae* и *Closteriaceae* (по 5,4%), *Naviculaceae* (5,0%), *Dinobryonaceae* (4,5%), *Eunotiaceae* (4,1%), *Tribonemataceae*, *Cymbellaceae* и *Nitzschiaceae* (по 3,6%). Одно- и двувидовых семейств 36, что составляет 60,0% от их общего количества.

Систематический состав фитопланктона р. Анабар

ОТДЕЛ	Ч И С Л О						% от общего числа видов (221)
	классов	порядков	семейств	родов	видов	видов и разновидностей	
CYANOPHYTA	3	6	13	18	39	39	17,6
DINOPHYTA	1	1	1	1	3	3	1,4
CHRYSTOPHYTA	1	2	3	6	13	13	5,9
XANTHOPHYTA	2	3	7	10	19	19	8,6
BACILLARIOPHYTA	2	6	18	28	81	89	36,7
RHODOPHYTA	1	1	1	1	1	1	0,5
CHLOROPHYTA	2	8	17	28	65	66	29,4
ВСЕГО	12	27	60	92	221	230	100,0

Ведущие по видовому обилию 12 родов объединяют 92 вида водорослей из отделов зеленых, синезеленых, диатомовых, желтозеленых и золотистых: *Closterium* и *Cosmarium* (по 5,4% видового состава), *Oscillatoria* и *Eunotia* (по 4,1%), *Tribonema* и *Cymbella* (по 3,6%), *Synedra*, *Dinobryon* и *Nitzschia* (по 2,7%), *Pinnularia*, *Gomphonema* и *Cosmoastrum* (по 2,3%). Одно- и двувидовые роды составляют 71,7% списка родов, причем на их долю приходится 37,1% видового состава. Пропорции флоры планктона р. Анабар 1:1,5:3,7:3,8. Родовая насыщенность 2,4. Вариабельность вида 1,0.

Среди выявленных в планктоне Анабара водорослей 177 видов (182 вида и разновидности) отмечены впервые для водоемов бассейна р. Анабар, 180 видов (185 видов и разновидностей) являются новыми для флоры р. Анабар. В планктоне р. Анабар нами зарегистрирован 31 вид водорослей, новых для флоры водоемов Якутии, и 3 новых для альгофлоры Якутии рода из отделов диатомовых и зеленых: *Actinocyclus*, *Siderocystopsis*, *Roya*.

В фитопланктоне р. Анабар преобладают истинно-планктонные виды (17,4% видового состава) с участием донных форм (11,7%), что характерно для проточных водоемов. Воды р. Анабар маломинерализованы (15,98–147,87 мг/л), что обуславливает преобладание в фитопланктоне олигогалобов (28,3%). Солоноватоводные виды *Cyclotella meneghiniana* Kütz. и *Diatoma elongatum* (Lyngb.) Ag. были встречены только в устьевой части Анабара (Анабарской губе), в зоне приливо-отливных явлений, где проявляется влияние морской флоры. Представители центрических диатомовых *Thalassiosira baltica* (Grun.) Ostf. и *Actinocyclus normanii* (Greg. ex Grév.) Hust., которые являются преимущественно морскими видами и распространены в планктоне северных морей, также были встречены нами в р. Анабар только в устьевой части. Воды р. Анабар имеют нейтральную реакцию, pH варьирует от 6,50 до 7,50, поэтому значительна доля индифферентов (17,0%). В географическом плане облик флоры водорослей планктона Анабара определяет бореальный комплекс видов, что характерно для водоемов севера Евразии [10, 11].

По отношению к концентрации органических веществ в водной толще состав водорослей-показателей сапробности р. Анабар на 40,0% образован β-мезосапробными формами, 31,3% – видов, развивающихся в переходной зоне между β-мезо- и олигосапробной. Водорослей, характеризующих воды с высокими показателями сапробности, – 16,4%, с низкими – 12,6%. Индекс

сапробности варьирует по пунктам наблюдений на р. Анабар в пределах от 1,11 до 1,98 и в среднем составляет 1,56 (что соответствует олиго-β-мезосапробной зоне загрязнения). По классификации Сладечека [12] воды р. Анабар относятся к слабозагрязненным.

Фитопланктон Анабара развивается в экстремальных природных условиях Заполярья: слабый прогрев воды (в период наблюдений от 8,0 до 13,3°C), короткий безледный период (112 сут) и промерзание реки до дна зимой, полярный световой режим. Важные лимитирующие факторы развития водорослей р. Анабар – это малая минерализация и низкое содержание биогенных веществ в воде: азот аммонийный 0,24–1,00 мг/л, азот нитритный 0,06–1,85 мг/л, азот нитритный от «не обнаружено» до 0,02 мг/л, кремний 1,64–3,20 мг/л, железо общее 0,02–1,08 мг/л, фосфор минеральный от «не обнаружено» до 0,06 мг/л, фосфор общий от «не обнаружено» до 0,14 мг/л.

В соответствии с морфометрией р. Анабар условно разделяют на четыре участка: верхний, средний, нижний и устьевой.

Верхний участок длиной 578 км – от верховьев до устья р. Эбелях. Река здесь сохраняет горный характер, дно и берега в основном каменистые, дно долины заболочено, в верхней части участка – типично тундровый пейзаж. В видовом отношении фитопланктон здесь наиболее разнообразен: 138 видов водорослей (144 внутривидовых таксона) из семи отделов. По числу видов преобладают зеленые (37,7% общего числа видов), диатомовые (29,0%) и синезеленые (21,0%) водоросли. Разнообразно представлены водоросли отдела желтозеленых (8,7%). Золотистые и динофитовые имеют в своем составе по 2 вида. Единственный представитель багряных водорослей *Batrachospermum toniliforme* Roth встречен только в верховьях реки.

Количественные показатели развития водорослей составляют в среднем для участка 23,85 тыс. Кл./л и 0,0434 мг/л. По численности клеток в планктоне верхнего Анабара доминируют зеленые (53,8% общей численности) и диатомовые (38,3%). Желтозеленые водоросли на третьем месте, доля представителей других отделов незначительна. По биомассе лидируют диатомовые (69,7% общей биомассы) с участием желтозеленых (27,7%). Обращает на себя внимание факт незначительного количественного развития представителей синезеленых водорослей. Повышенная роль желтозеленых в планктоне р. Анабар объясняется особенностями их экологии. Представители желтозеленых предпочитают чистые воды стоячих водоемов с кислой ре-

акцией среды, чаще всего это сфагновые и торфяные болота [13]. В планктоне р. Анабар желтозеленые – это в большей степени заносный элемент, попадающий в воды реки из тундровых болот, которых много в верх-

ней и нижней части бассейна. Встреченные в Анабаре желтозеленые водоросли, в основном крупные нитчатые формы, являются причиной высоких показателей численности клеток и биомассы.

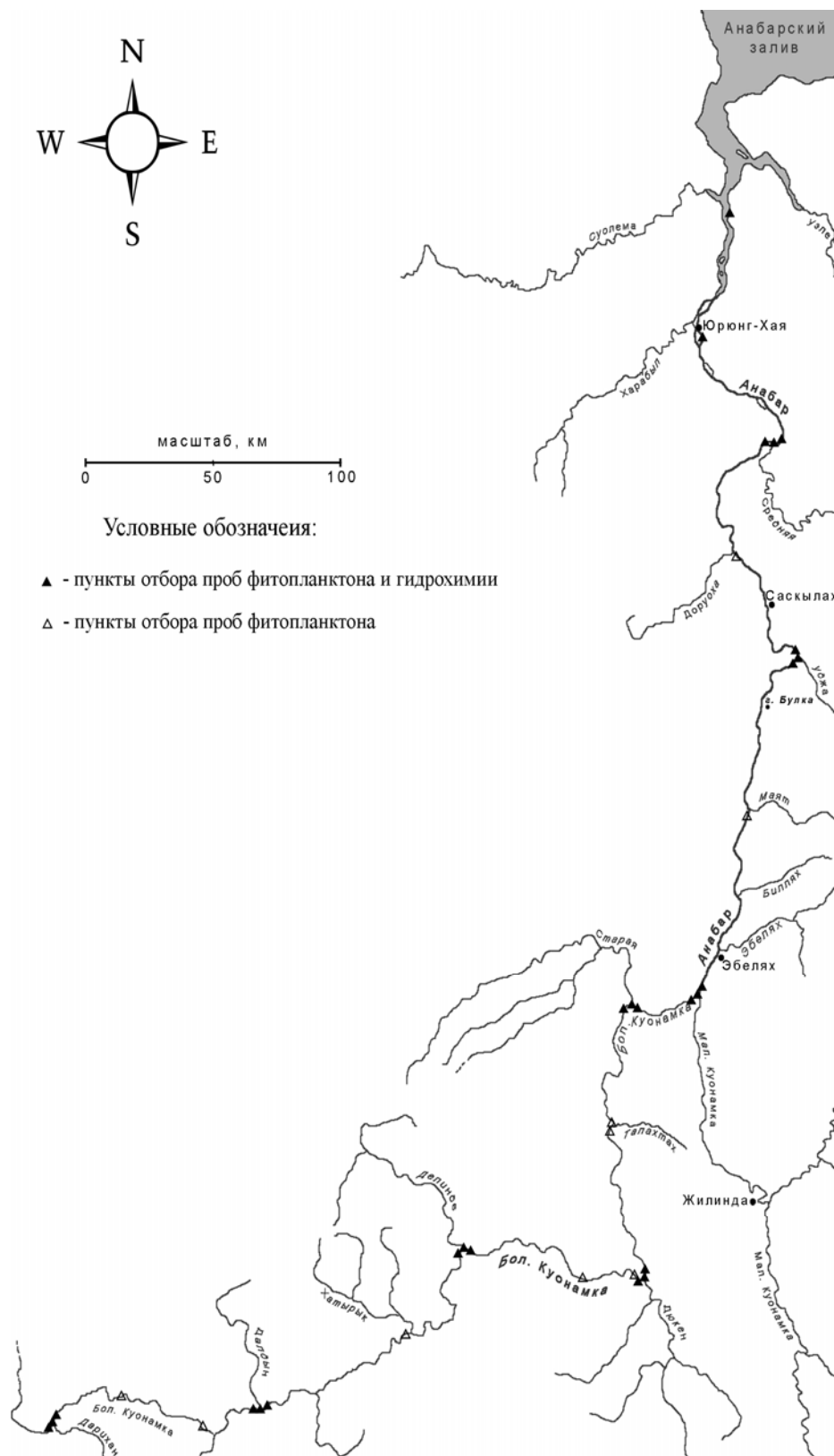


Рис. 1. Карта-схема района работ

Среди доминирующих видов фитопланктона верхнего Анабара представители диатомей: *Synedra tabulata* (Ag.) Kütz., *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz., *Tabellaria fenestrata* var. *intermedia* Grun., *Tabellaria flocculosa* (Roth.) Kütz., *Eunotia lunaris* (Ehr.) Grun. Индекс биоразнообразия средний для речного планктона – 2,6.

Средний участок длиной 96 км – от устья р. Эбелях до горы Булка, река здесь равнинного типа, долина узкая с крутыми бортами, берега и дно каменистые. На этом участке реки в планктоне выявлено 19 видов (20 внутривидовых таксонов) из 5 отделов. Показатели вегетации фитопланктона в среднем для участка – 3,23 тыс. Кл./л и 0,0150 мг/л. Диатомеи доминируют по числу видов (57,9% видового состава), численности клеток (99,3% общей численности) и биомассе (98,9% общей биомассы). В числе доминантов среди диатомей появляется представитель зеленых: *Tabellaria flocculosa* (Roth.) Kütz., *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr. var. *amphirhynchus* (Ehr.) Grun., *Cosmarium formosulum* Hoff. Индекс биоразнообразия повышается до 2,9.

Нижний участок длиной 210 км – от горы Булка до пос. Юрюнг-Хая, на этом участке берега и дно реки становятся песчаными, долина резко расширяется. В планктоне низовьев Анабара выявлено 102 вида водорослей (103 внутривидовых таксона) из 6 отделов. По числу видов преобладают диатомовые (41,2% общего числа видов), зеленые (23,5%) и синезеленые (12,7%). Разнообразно представлены золотистые (10,8%), желтозеленых меньше (9,8%). В низовьях Анабара встречено два вида динофитовых. Показатели количественного развития водорослей в среднем для участка составляют 11,18 тыс. Кл./л и 0,0040 мг/л. По численности клеток лидируют зеленые (35,6% общей численности), синезеленые (24,9%) и диатомовые (21,6%). Значительную долю в общей численности составляют золотистые (14,3%), вклад желтозеленых и динофитовых невелик (в сумме 3,6%). Однако за счет крупных размеров клеток нитчатых желтозеленых их вклад в биомассу фитопланктона в среднем для низовьев Анабара достигает 48,6%. Значительную роль в формировании биомассы играют зеленые водоросли – 42,6%.

Следует отметить повышение в планктоне нижнего участка реки роли золотистых водорослей. Представитель этого отдела, наряду с диатомовыми и зелеными, вошел в число структурообразующих видов – *Nitzschia acicularis* W. Sm., *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr., *Ankistrodesmus fusiformis* Corda ex Korsch., *Cymbella silesiaca* Bleisch, *Dinobryon sociale* Ehr. var. *americana* (Brun.) Bachm., *Monoraphidium komarkovae* Nyg. Индекс биоразнообразия в низовье средний для речного планктона – 2,8.

Устьевой участок (Анабарская губа), течение здесь практически отсутствует, наблюдаются приливно-отливные явления. Условия обитания в устьевой части значительно отличаются от других участков реки, в связи с приливами здесь наблюдается явление так называемого «подпора», т.е. скапливания планктона, стекающего с верхних участков реки, и вследствие этого зафиксировано увеличение количественных и качественных показателей развития водорослей. Фитопланктон на этом участке реки достаточно богат – в единственной пробе, отобранной в устье, выявлен 51 вид (52 внутривидовых таксона) из пяти отделов. Преобладают

диатомовые (49,0% от общего числа видов), разнообразно представлены зеленые (25,5%) и золотистые (11,8%), синезеленых (9,8%) и желтозеленых (3,9%) – меньше. Показатели количественного развития водорослей составляют 57,25 тыс. Кл./л и 0,0277 мг/л. Диатомовые доминируют по численности клеток (38,9% общей численности) и по биомассе (60,8% биомассы фитопланктона). На второе место по уровню количественного развития выходят золотистые, их доля в общей численности фитопланктона 33,3%, а в биомассе – 37,0%. Синезеленые водоросли составляют 22,2% численности, из-за малых размеров их роль в сложении биомассы незначительна. Доля зеленых водорослей в общей численности клеток фитопланктона составляет 5,6%, их вклад в формирование биомассы невелик. Уровень количественного развития желтозеленых в устье реки низкий.

Роль золотистых в планктоне устья реки еще более возрастает. В числе доминантов представители диатомей и золотистых водорослей: *Asterionella formosa* Hass., *Nitzschia acicularis* W. Sm., *Dinobryon sociale* Ehr. var. *americana* (Brun.) Bachm., *Cyclotella meneghiniana* Kütz. Индекс биоразнообразия в устье наибольший для р. Анабар – 3,1.

Общность видового состава фитопланктона на разных участках реки невысока, что обусловлено различными условиями обитания водорослей. Наибольшую степень сходства (0,37) обнаруживают нижний и устьевой участки реки, что объясняется их смежным расположением. Среднюю степень сходства (0,31) имеют верхний и нижний участки, что связано с влиянием на речной планктон общего внешнего фактора – заноса водорослей из тундроболот долины. Наименьший коэффициент флористического сходства у фитопланктона пар участков верхний–устьевой (0,17) и средний–устьевой (0,17) – из-за пространственной удаленности и различных условий обитания водорослей.

Таким образом, наибольшим видовым разнообразием характеризуется верхний участок Анабара. Фитопланктон в условиях горной реки, в верховьях, испытывает большое влияние заносной флоры (взмучивание донных осадков и попадание в планктон бентосных форм и обростателей), за счет этого происходит обогащение видового состава планктона. Относительно высокие значения численности и биомассы в верховьях реки вызваны тем, что в планктоне оказываются заносные крупноклеточные нитчатые формы. На равнинных среднем и нижнем участках Анабара роль заносных форм снижается. В устье отмечено явление «подпора» – скапливания фитопланктона, и значения численности и биомассы водорослей повышаются.

Роль желтозеленых водорослей повышена в планктоне верхнего и нижнего участков Анабара и связана с влиянием флоры тундровых болот, которых много в долине. На среднем участке, где долина сухая и узкая с крутыми каменистыми бортами, доля желтозеленых в видовом составе и количественном развитии фитопланктона невелика. Представители золотистых водорослей – в основном холодолюбивые виды [13]. Значение золотистых, как по числу видов, так и по уровню количественного развития, возрастает на нижнем и устьевом участках реки, где средняя температура воды на 2,5°C ниже, чем на других участках.

В планктоне р. Анабар отмечен ряд видов водорослей, встречающихся на протяжении всей реки, это в основном представители диатомовых: *Synedra tabulata* (Ag.) Kütz., *S. ulna* (Nitzsch) Ehr., *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz., *T. fenestrata* var. *intermedia* Grun., *T. flociculosa* (Roth.) Kütz., *Eunotia lunaris* (Ehr.) Grun., *Cymbella minuta* Hilse, *Didymosphenia geminata* (Lyngb.) M. Schmidt. Наиболее распространенные виды из отдела зеленых: *Monoraphidium arcuatum* (Korsch.) Hind., *Ankistrodesmus fusiformis* Corda ex Korsch., *Closterium peracerosum* Gay, *C. peracerosum* var. *elegans* G. S. West, *C. rostratum* Ehr., *Cosmarium formosulum* Hoff. Представитель золотистых *Synura uvella* Ehr. встречался в планктоне реки по всем пунктам наблюдений, от истока до устья. Повсеместно в р. Анабар, исключая устье, встречались две нитчатые водоросли из отдела желто-зеленых (*Bumilleria angustata* (Starmach) Matv. et Dogadina, *Tribonema pyrenigerum* Pasch.) и синезеленая *Oscillatoria tambi* Woronich.

В составе доминантов на всех участках реки отмечены диатомеи, на верхнем участке это исключительно диатомовые водоросли. На среднем участке в составе доминантов появляется представитель зеленых, на нижнем и устьевом – золотистых.

Индекс биоразнообразия (Hb) фитопланктона р. Анабар – средний для речного планктона и повышается от верховьев к устью.

Несмотря на суровые природные условия водоросли планктона р. Анабар характеризуются относительным видовым богатством. Во флористическом и эколого-географическом плане фитопланктон имеет типичные черты водорослевых сообществ северных ненарушенных водоемов. Значительное число новых для региональной флоры видов и родов водорослей, найденных в планктоне р. Анабар, свидетельствует об оригинальности полученного материала. По уровню количественного развития водорослей р. Анабар – олиготрофный маломинерализованный северный водоем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чистяков Г.Е., Ноговицын Д.Д., Якушев М.В., Константинов А.Ф. Гидроэнергетические ресурсы бассейна реки Анабар. М.: Наука, 1971. 122 с.
2. Чистяков Г.Е. Водные ресурсы рек Якутии. М.: Наука, 1964. 255 с.
3. Комаренко Л.Е., Васильева И.И. Некоторые данные о водорослях реки Анабар в летний период // Ботанические материалы по Якутии. Якутск: Изд-во ЯФ СО АН СССР, 1975. С. 78–86.
4. Кириллов А.Ф., Ходулов В.В., Собакина И.Г. и др. Биология реки Анабар. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2007. 224 с.
5. Габышев В.А. Прибор для концентрирования фитопланктона под давлением // Материалы Международной научной конференции и VII Школы по морской биологии: Современные проблемы альгологии. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. С. 80–82.
6. Шмидт В.М. Математические методы в ботанике. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. 288 с.
7. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. 181 с.
8. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А.Д. Семенова. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 540 с.
9. Васильева И.И. Анализ видового состава и динамики развития водорослей водоемов Якутии. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО АН СССР, 1989. 48 с.
10. Гецен М.В. Водоросли в экосистемах Крайнего Севера. Л.: Наука, 1985. 165 с.
11. Ермолаев В.И., Ремизайло П.А., Габышев В.А. Водоросли планктона водоемов бассейна озера Таймыр // Сибирский экологический журнал. 2003. Т. 10. С. 381–387.
12. Сладечек В. Общая биологическая схема качества воды // Санитарная и техническая гидробиология: Материалы I съезда ВГБО. М.: Наука, 1967. С. 26–31.
13. Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. и др. Водоросли: Справочник. Киев: Наукова думка, 1989. 608 с.

Статья представлена научной редакцией «Биология» 11 мая 2009 г.