

УДК 574.52

К ИЗУЧЕНИЮ СТРУКТУРЫ ФИТОПЛАНКТОНА РЕК ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

В.А. ГАБЫШЕВ, О.И. ГАБЫШЕВА

*Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск
v.a.gabyshev@ibpc.ysn.ru*

С применением логистического регрессионного анализа и кластеризации наблюдений определены основные особенности пространственной структуры фитопланктона крупных олиготрофных рек северо-востока Сибири. Установлено, что в условиях олиготрофных субарктических рек формирование пространственной структуры фитопланктона происходит преимущественно под влиянием климата и гидрологии, а не физико-химических свойств воды. Наибольшую связь с абиотическими факторами среды проявляет его флористическая структура фитопланктона.

Ключевые слова: фитопланктон, пространственная структура, крупные реки, Восточная Сибирь

V.A. Gabyshev, O.I. Gabysheva. ON THE STUDY OF PHYTOPLANKTON SPATIAL STRUCTURE OF EASTERN SIBERIA LARGE RIVERS

The problem what factors determine the spatial structure of algal communities is widely discussed in the modern literature. We accumulated a significant amount of data on phytoplankton and physical and chemical structure of waters of the large rivers of Eastern Siberia. The aim of this study is to identify the basic regularities of spatial organization of planktonic algal communities of Arctic and subarctic oligotrophic rivers. We analyzed data on gathered plankton and hydrochemistry of 12 large rivers: Lena, Vilyui, Kolyma, Aldan, Olenek, Vitim, Indigirka, Amga, Olekma, Anabar, Yana and Chara. The analyzed data set includes parameters of phytoplankton (species composition, density, biomass and some taxonomic ratios) and the environment (climatic, hydrological and hydrochemical parameters). Results of cluster and logit regressive analysis of the data testify that among phytoplankton indicators the greatest relationship with factors of environment shows the floristic structure (floristic proportions: species/families, subspecies/families, species/genera, subspecies/genera). Decrease in floristic proportions on gradient of strengthening of ecological conditions severity (from south to north) is established. Formation of spatial structure of phytoplankton of the rivers of the investigated region occurs mainly under the influence of climate conditions (water and air temperature, DHI) and hydrology (duration of ice-free period). The transparency of water does not show any relation with phytoplankton development, since this is unstable factor rapidly changing in the rivers of the region after heavy rainfall or at confluence of tributaries. Indicators of physical and chemical structure of water also do not show any significant relation with algal development, and accordingly have no regulating role in formation of spatial structure of phytoplankton. The reason is that there is no considerable environmental gradient on these parameters.

Keywords: phytoplankton, spatial structure, Large Rivers, Eastern Siberia

Вопросы пространственной структуры водорослевых сообществ, достаточно хорошо разработанные для водоемов центральных [1] и северных [2] регионов европейской части России, а также Западной Сибири [3], байкальского региона [4] и северо-востока Сибири ограничиваются чисто альгофлористическими сводками о водорослях водоемов Якутии [5,6]. Нами накоплен значительный массив данных о фитопланктоне крупных рек Восточной

Сибири [7–18]. Очевидно, что кроме групп наблюдений, полученных априорно (на основании принадлежности к определенной реке), существуют некие латентные группы наблюдений массива, которые невозможно выявить на основе объективных различий. Обнаружение таких латентных группировок позволит определить пространственную структуру планктонных сообществ водорослей. Не менее важной является задача по возможности полнее

охарактеризовать и априорно полученные, и вновь выявленные латентные группы наблюдений как на основе показателей фитопланктона, так и окружающей среды.

Материал и методы

Материалом для публикации послужили сборы фитопланктона 12 крупных рек Восточной Сибири: Лена, Вилюй, Колыма, Алдан, Оленёк, Витим, Индигирка, Амга, Олёкма, Анабар, Яна и Чара. В 2000–2011 гг. собрано 800 планктонных альгологических проб как в прибрежной зоне, так и по фарватеру рек из поверхностного горизонта воды (0–0,3 м) в летнюю межень (июнь–август) – периода максимальной вегетации фитопланктона. Сбор и обработка фитопланктона выполнены в соответствии с принятыми в гидробиологии методами [19]. Отбор проб на качественный состав фитопланктона произведен планктонной сетью Апштейна (фильтровальная ткань SEFAR NITEX, с размером ячеек 30 мкм). Образцы для изучения количественного развития водорослей объемом 1,5 л сконцентрированы на мембранных фильтрах «Sartorius» (диаметр пор 1,2 мкм) путем фильтрации под избыточным давлением.

Синхронно с гидробиологическими наблюдениями нами были отобраны 303 пробы для гидрохимического анализа. Компоненты газового режима (O_2 , БПК₅, CO_2) определены на месте отбора воды. Содержание остальных химических компонентов выявлено в условиях лаборатории. Фиксирование гидрохимических проб в полевых условиях и их анализ проведены согласно общепринятым методикам [20].

Анализируемый массив данных включает одну качественную дискретную группирующую переменную и 56 количественных переменных, которые сведены в две группы: параметры фитопланктона и окружающей среды; каждая группа разделена на три и пять подгрупп соответственно (см. табл. 1). В массив включены только 303 наблюдения, по которым отсутствуют пропуски (при статистической обработке данных они недопустимы).

Основные климатические показатели, такие как температура воздуха, атмосферные осадки и индекс динамики местообитаний (Dynamic Habitat Index - DHI) [21] получены из открытого ГИС-портала в сети интернет по адресу (www.worldclim.org). Сведения о продолжительности безледного периода, густоте речной сети, проценте озерности, скорости течения получены из гидрологических справочников [22, 23]. Данные о глубинах, температуре воды и прозрачности по диску Секки собраны нами во время наблюдений.

Кластеризация наблюдений проведена по признакам из группы предикторов (параметры окружающей среды: V2-V30) (табл. 1). Для кластеризации наблюдений использовалось евклидово расстояние с применением алгоритма Варда [24]. Предварительно для устранения доминирования признаков разных

масштабов проведена процедура стандартизации, т. е. преобразование в признаки с нулевыми средними и единичными стандартными отклонениями. В исследовании применен логистический регрессионный анализ [25] с целью: охарактеризовать выделенные кластеры (латентные группы наблюдений) и априорные эмпирические группы (реки). Логит-регрессия позволяет также определить, с какими параметрами наиболее тесно связаны эти группирующие переменные. При этом группы наблюдений выступают здесь как зависимая переменная (отклик), а другие параметры – как предикторы. Модели логит-регрессии построены с применением двух алгоритмов анализа – пошаговым отбором предикторов и их обратным исключением [25]. В первом случае вначале вводятся все анализируемые признаки и на каждом последующем шаге из анализа исключается по одной переменной. Во втором случае на каждом шаге в анализ вводится по одной переменной. После процедуры ввода/исключения каждой переменной оценивается процент согласия полученной модели уравнения логит-регрессии. Завершение итераций происходит на том шаге, когда достигается максимальный процент согласия. Этот шаг является последним, и более предикторы не исключаются и не добавляются. Процедуры статистического анализа выполнялись с помощью программного пакета SAS 9.3.

Результаты и обсуждение

Результаты кластеризации наблюдений по признакам из группы предикторов (параметры окружающей среды) свидетельствуют о том, что наблюдения хорошо географически локализованы (рис. 1). Причем наблюдения большинства исследованных рек отнесены целиком к одному из кластеров, а разделение между кластерами произошло пре-

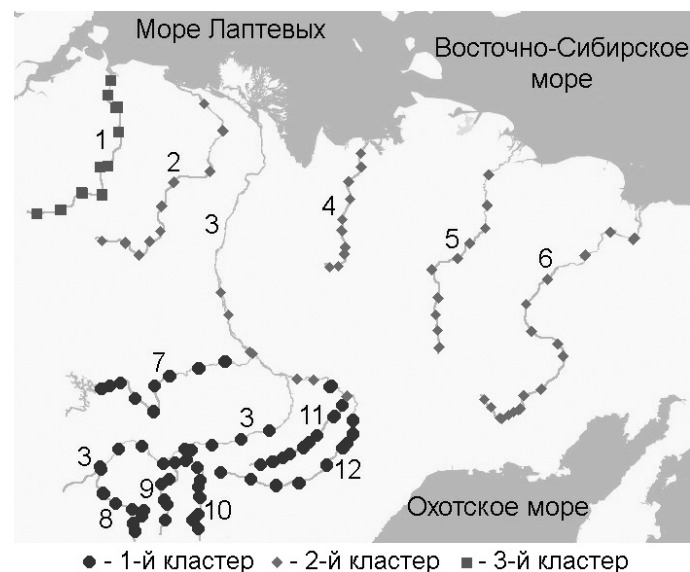


Рис. 1. Карта-схема района работ и пункты наблюдений, классифицированные по показателям окружающей среды. Цифрами обозначены исследованные реки: 1 – Анабар, 2 – Оленёк, 3 – Лена, 4 – Яна, 5 – Индигирка, 6 – Колыма, 7 – Вилюй, 8 – Витим, 9 – Чара, 10 – Олёкма, 11 – Амга, 12 – Алдан.

Переменные анализируемого массива данных

Группирующий признак V1A (реки)	V29 (градусов, в.д.)
Группа предикторов (параметры окружающей среды)	V30 (высота над уровнем моря, м)
Гидрологические параметры	Группа зависимых переменных (параметры фитопланктона)
V2 (средняя продолжительность отсутствия льда на исследованном участке реки, сут.)	Видовое богатство
V3 (скорость течения, м/с)	V31 (число видов Cyanophyta)
V4 (температура воды, °С)	V32 (число видов Dinophyta)
V5 (прозрачность воды, м)	V33 (число видов Chrysophyta)
Морфометрические показатели	V34 (число видов Bacillariophyta)
V6 (озерность речного бассейна, %)	V35 (число видов Euglenophyta)
V7 (густота речной сети бассейна, км/км ²)	V36 (число видов Chlorophyta)
V8 (глубина реки, м)	V37 (общее число видов)
Физико-химические показатели вод	Показатели количественного развития
V9 (рН, единицы)	V38 (численность Cyanophyta, кл./л)
V10 (O ₂ , мг/л)	V39 (численность Dinophyta, кл./л)
V11 (CO ₂ , мг/л)	V40 (численность Chrysophyta, кл./л)
V12 (Σ _{солей} , мг/л)	V41 (численность Bacillariophyta, кл./л)
V13 (NH ₄ , мг/л)	V42 (численность Euglenophyta, кл./л)
V14 (NO ₂ , мг/л)	V43 (численность Chlorophyta, кл./л)
V15 (NO ₃ , мг/л)	V44 (биомасса Cyanophyta, мг/л)
V16 (PO ₄ , мг/л)	V45 (биомасса Dinophyta, мг/л)
V17 (P _{общ} , мг/л)	V46 (биомасса Chrysophyta, мг/л)
V18 (Si, мг/л)	V47 (биомасса Bacillariophyta, мг/л)
V19 (БПК ₅ , мг/л)	V48 (биомасса Euglenophyta, мг/л)
V20 (Fe _{общ} , мг/л)	V49 (биомасса Chlorophyta, мг/л)
Параметры климата	V50 (численность общая, кл./л)
V21 (среднегодовая температура, °С)	V51 (биомасса общая, мг/л)
V22 (максимальная температура в летний период, °С)	V52 (индекс биоразнообразия Шеннона по биомассе, единицы)
V23 (минимальная температура в зимний период, °С)	Важнейшие флористические отношения
V24 (среднегодовые осадки, мм)	V53 (роды/семейства)
V25 (осадки в жаркий квартал (сезон), мм)	V54 (виды/семейства)
V26 (осадки в холодный квартал (сезон), мм)	V55 (подвиды/семейства)
V27 (индекс динамики местообитаний, единицы)	V56 (виды/роды)
Географическое положение пункта наблюдений	V57 (подвиды/роды)
V28 (градусов, с.ш.)	-

имущественно у наиболее протяженной транзитной р. Лены. Это объясняется значительным различием условий среды на отдельных ее участках.

В итоге определены два крупных кластера – южный и северный (рис. 1). В третий кластер выделены все наблюдения по р. Анабар, самой северной из исследованных рек. Анализ средних стандартизованных значений параметров окружающей среды показывает (рис. 2), что для наблюдений третьего кластера они ниже по температуре воды (V4) и продолжительности безледного периода

(V2). Наблюдения первого кластера характеризуются наиболее благоприятными условиями по температуре воздуха (V21, V22), а также большим обилием осадков (V24, V25) и повышенным индексом динамики местообитаний (V27). Следует также отметить, что все три кластера хорошо разделены по географической широте (V28), продолжительности отсутствия льда (V2) и густоте речной сети (V7). Следовательно, кластеризация прошла по градиенту жесткости экологических условий с ее усилением от первого кластера к третьему.

Различия между наблюдениями по физико-химическим показателям вод незначительны. Так, большинство наблюдений исследуемого массива объединены в первом и втором кластерах, и на графике (рис. 2) видно, что разброс по переменным V9-20 для них минимальный. Отмечены отличия лишь для 3-го кластера по величине pH (V9), растворенному кислороду (V10), сумме солей (V12) и нитратному азоту (V15).

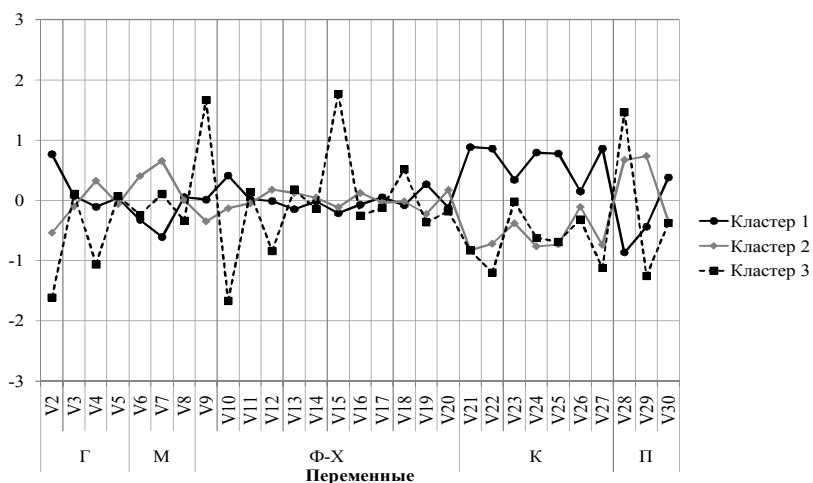


Рис. 2. Средние стандартизованные значения признаков для кластеров, выделенных по показателям окружающей среды. Признаки на оси абсцисс сгруппированы по их типу: Г – гидрологические параметры, М – морфометрические показатели, Ф-Х – физико-химические показатели вод, К – параметры климата, П – географическое положение пункта наблюдений.

На первой стадии логистического регрессионного анализа в качестве зависимой переменной включены три кластера, выделенные по показателям окружающей среды (далее – градация CIE_{env}_1-3). Наиболее качественная модель полу-

чена при анализе всех переменных одновременно с применением алгоритма обратного исключения. Достигнутый при этом коэффициент согласия максимален. Это говорит о правильности переклассификации наблюдений (табл. 2), что подтверждает и максимальный коэффициент D-Зомера. Он свидетельствует о полном совпадении фактической и предсказанной принадлежности наблюдений к анализируемым кластерам.

В табл. 3 приведены шесть предикторов, вошедших в модель уравнения логистической регрессии с максимальным достигнутым процентом согласия, приведены достигнутые уровни значимости. Предикторы ранжированы по модулю стандартизованных регрессионных коэффициентов, максимальные из которых принадлежат основным флористическим пропорциям фитопланктона. Как известно, чем больше модуль регрессионного коэффициента, тем сильнее его влияние на зависимую переменную. Таким образом, есть возможность ранжировать предикторы по степени их влияния.

Любопытно, что кластеры, выделенные на основании показателей окружающей среды, оказались наиболее тесно связаны именно с параметрами фитопланктона. Таким образом, величины четырёх флористических пропорций, включенных в табл. 4, определяют различия между тремя кластерами наблюдений окружающей среды. В таблице кластеры ранжированы по средним значениям флористических пропорций, рассчитанным по наблюдениям внутри каждого кластера. Видно, что

Таблица 2

Основные результаты построения моделей логит-регрессии для переменной CIE_{env}_1-3

Используемый алгоритм	Процент согласия	Коэффициент D-Зомера
Пошаговый отбор	86,1	0,7
Обратное исключение	100,0	1,0

Таблица 3

Предикторы-члены уравнения логистической регрессии с наибольшей степенью согласия для переменной CIE_{env}_1-3

Параметр	Регрессионный коэффициент	Уровень значимости	Стандартизованный коэффициент
Свободный член 1	163,2	0,0007	-
Свободный член 2	205,3	0,0004	-
V55 (подвиды/семейства)	-252,5	0,0009	-234,5
V57 (подвиды/роды)	574,5	0,0006	211,2
V54 (виды/семейства)	300,9	0,0008	210,3
V56 (виды/роды)	-710,2	0,0005	-181,8
V21 (среднегодовая температура, С°)	5,7	0,0007	9,8
V7 (густота речной сети, км/км ²)	-30,5	0,0009	-3,1

Таблица 4

Значения групповых средних для флористических пропорций фитопланктона для переменной CIEpv_1-3

Градации CIEpv_1-3	V54 (виды/семейства)	V55 (подвиды/семейства)	V56 (виды/роды)	V57 (подвиды/роды)
Кластер 2	5,86	6,71	3,02	3,45
Кластер 1	5,81	6,68	3,01	3,45
Кластер 3	3,67	3,82	2,39	2,49

наименьшие групповые средние для всех четырех показателей характерны для самого северного третьего кластера.

Следующая стадия анализа в качестве зависимой переменной включает группирующий признак V1A с градацией по рекам. Получено две модели логит-регрессии, качество которых равноценно и подтверждено максимальным процентом согласия и коэффициентом D-Зомера (табл. 5). Предикторы, вошедшие в уравнения логистической регрессии, в обеих моделях идентичны. Регрессионные и стандартизованные коэффициенты также одинаковы в обеих моделях, а уровень значимости не превышает 0,0001 (табл. 6).

Таблица 5

Основные результаты построения моделей логит-регрессии для переменной V1A (реки)

Использованный алгоритм	Набор предикторов	Процент согласия	Коэффициент D-Зомера
Пошаговый отбор	все переменные (V1A-57)	100,0	1,0
Обратное исключение	все переменные (V1A-57)	100,0	1,0

Видно, что в уравнение вошли шесть предикторов. Следовательно, наибольшее влияние на градацию «Реки» оказывают, главным образом, флористические пропорции фитопланктона, а кроме того, величина безледного периода как показатель, связанный с условиями окружающей среды. Максимальные модули стандартизованных коэффициентов имеют четыре признака: виды/семейства, подвиды/семейства, виды/роды, подвиды/роды. Таким образом, различия между наблюдениями исследованных рек наиболее полно выражены именно в этих четырех флористических пропорциях. Ранжировав реки по групповым средним этих четырех переменных, легко увидеть, что их максимальные значения характерны для флоры двух наиболее крупных транзитных рек – Лены и Колымы, а также для р. Вилюй, протекающей в широтном направлении в центральной части исследованного региона (табл. 7). Наименьшие средние значения преимущественно у рек Заполярья – Анабар и Оленёк, а также горных рек юга и севера исследованного региона: Олёкма, Чара, Индигирка.

Таблица 6

Предикторы-члены уравнений логистической регрессии для переменной V1A (реки)

Параметр	Регрессионный коэффициент	Уровень значимости	Стандартизованный коэффициент
Свободный член 1	-13140,5	<0,0001	-
Свободный член 2	-13126,5	<0,0001	-
Свободный член 3	-13117,2	<0,0001	-
Свободный член 4	-13109,2	<0,0001	-
Свободный член 5	-13103,3	<0,0001	-
Свободный член 6	-13095,9	<0,0001	-
Свободный член 7	-13088	<0,0001	-
Свободный член 8	-13080	<0,0001	-
Свободный член 9	-13071,5	<0,0001	-
Свободный член 10	-13063	<0,0001	-
Свободный член 11	-13053	<0,0001	-
V54 (виды/семейства)	-7009,5	<0,0001	-4897,7
V55 (подвиды/семейства)	3905,8	<0,0001	3627,0
V56 (виды/роды)	13983,2	<0,0001	3580,2
V57 (подвиды/роды)	-7885	<0,0001	-2898,5
V53 (роды/семейства)	6671,2	<0,0001	647,6
V2 (средняя продолжительность отсутствия льда, сут.)	2,5754	<0,0001	16,9

Таблица 7

Значения групповых средних для флористических пропорций фитопланктона для переменной V1A (реки)

Реки	V54 (виды/семейства)	V55 (подвиды/семейства)	V56 (виды/роды)	V57 (подвиды/роды)
Лена	8,31	10,44	3,89	4,88
Вилюй	7,82	9,28	3,82	4,53
Колыма	6,85	7,83	3,26	3,73
Витим	6,20	6,90	2,93	3,26
Яна	5,88	6,86	3,26	3,80
Алдан	5,57	6,52	3,14	3,67
Индигирка	5,57	6,40	2,88	3,31
Чара	5,05	5,85	2,74	3,17
Олёкма	4,94	5,28	2,50	2,67
Оленёк	4,36	4,69	2,38	2,55
Амга	4,24	4,65	2,48	2,72
Анабар	3,67	3,82	2,39	2,49

Заключение

Результаты логистического регрессионного анализа свидетельствуют о том, что максимальное различие наблюдений, или их структура, определяется параметрами фитопланктона, а именно че-

тырмья флористическими отношениями: виды/семейства, подвиды/семейства, виды/роды, подвиды/роды. Следовательно, среди показателей фитопланктона наибольшую связь с абиотическими факторами проявляет его флористическая структура. Ранжирование градаций по средним групповым флористическим пропорциям говорит о снижении последних по градиенту усиления жесткости экологических условий: основные флористические пропорции ниже для северных и горных рек. Очевиден вывод о том, что формирование пространственной структуры фитопланктона рек исследованного региона происходит преимущественно под влиянием условий климата (V21, V22, V24, V25, V27) и гидрологии (V2, V4).

Прозрачность воды не показывает связи с развитием фитопланктона. Очевидно, это вызвано тем, что для большинства исследованных рек данный показатель – весьма непостоянный фактор: степень прозрачности в реках региона быстро меняется после обильных осадков, или при впадении притоков. Показатели физико-химического состава воды также не проявляют значимой связи с развитием водорослей, и соответственно не имеют регулирующей роли в формировании пространственной структуры фитопланктона. Причина этого в том, что по этим параметрам отсутствует значительный градиент среды. Так, например, уровень pH исследованных рек варьирует в небольших пределах от нейтрального до слабощелочного, а содержание солей крайне низкое и по большинству пунктов наблюдений соответствует маломинерализованным водам. Содержание большинства биогенных веществ также невысокое. Так, концентрация азота нитритного по пунктам наблюдений варьирует в пределах 0–0,034 мг/л, азота нитратного – 0,014–2,16, фосфора минерального – 0–0,36, фосфора общего – 0–0,51 мг/л.

Литература

1. *Корнева Л.Г.* Динамика разнообразия фитопланктона водохранилищ бассейна Волги и факторы, ее определяющие // Актуальные проблемы современной альгологии: материалы Международной конференции. Киев, 2012. С. 146–147.
2. *Комулайнен С.Ф.* Структура и функционирование фитопланктона в малых реках Восточной Фенноскандии: Автореф. дис. докт. биол. наук. Санкт-Петербург, 2005. 50 с.
3. *Сафонова Т.А.* Эвгленовые водоросли Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1987. 192 с.
4. *Бондаренко Н.А.* Экология и таксономическое разнообразие планктонных водорослей в озёрах горных областей Восточной Сибири: Автореф. дис. докт. биол. наук. Борок, 2009. 46 с.
5. *Васильева-Кралина И.И., Ремигайло П.А., Габышев В.А. и др.* Водоросли // Разнообразие растительного мира Якутии. Новосибирск: изд-во СО РАН, 2005. С. 150–272.
6. *Vasilyeva I.I., Remigailo P.A., Gabyshev V.A. et al.* The Far North: Plant Biodiversity and Ecology of Yakutia 2. Flora of Yakutia: Composition and Ecological Structure 2.6. Algae. Springer Dordrecht Heidelberg London New York, 2010. P. 100–113
7. *Габышев В.А., Габышева О.И.* К изучению фитопланктона и физико-химических параметров вод р. Оленек // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2010. №3. С. 51–55.
8. *Габышев В.А., Габышева О.И.* Особенности развития фитопланктона и физико-химические свойства вод реки Яны в летний период // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Биология. Экология». 2010. Т. 3, № 4. С. 82–94.
9. *Габышев В.А., Габышева О.И.* Качество вод реки Анабар на основе анализа структуры фитопланктона и гидрохимических показателей // Сибирский экологический журнал. 2010. Т. 17, № 4. С. 563–570.
10. *Габышев В.А., Габышева О.И.* Особенности развития фитопланктона и физико-химических свойств воды р. Индигирка // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2011. №3. С. 42–50.
11. *Габышев В.А., Габышева О.И.* Особенности развития фитопланктона и физико-химических свойств воды среднего и нижнего Вилюя и Светлинского водохранилища // Проблемы региональной экологии. 2011. №3. С. 45–54.
12. *Габышев В.А., Габышева О.И.* Современное состояние фитопланктона и химического состава вод р. Амга // Сибирский экологический журнал. 2011. Т. 18. № 1. С. 23–31.
13. *Габышев В.А., Габышева О.И.* Структура фитопланктона р. Чары (Восточная Сибирь) и среда его обитания в начале летнего периода (июнь) // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. Естественные науки. 2012. № 29. С. 144–151.
14. *Габышев В.А., Ремигайло П.А., Габышева О.И.* Пространственная структура и среда обитания фитопланктона реки Алдан // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Биология. Экология». 2012. Т. 5. №2. С. 61–69.
15. *Ремигайло П.А., Габышев В.А.* Пространственная изменчивость таксономической структуры фитопланктона р. Лены // Наука и образование. 2012. №1(65). С. 65–69.
16. *Габышев В.А., Габышева О.И.* Структура фитопланктона и физико-химические параметры вод реки Колымы (Северо-Восточная Сибирь) в летний период // Сибирский экологический журнал. 2013. Т. 20. № 3. С. 341–351.
17. *Габышев В.А., Габышева О.И.* Структура летнего (июль) фитопланктона р. Витим и среда его обитания // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 3. 2013. Вып.1. С. 16–27.
18. *Габышев В.А., Габышева О.И.* Структура летнего фитопланктона р. Олёкмы (Восточная Сибирь) и среда его обитания // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2013. Вып.1(13). С. 25–31.
19. *Садчиков А.П.* Методы изучения пресноводного фитопланктона: методическое руководство. М., 2003. 157 с.

20. Семенов А.Д. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Л., 1977. 540 с.
21. Coops N. C., Wulder M. A., Duro D. C. et al. The Development of a Canadian Dynamic Habitat Index Using Multi-Temporal Satellite Estimates of Canopy Light Absorbance Ecological Indicators // *Ecological Indicators*. 2008, Vol. 8, № 5, P. 754-766 DOI: 10.1016/j.ecolind.2008.01.007 <http://www.cfs.nrcan.gc.ca/pubwarehouse/pdfs/28150.pdf>
22. *Ресурсы поверхностных вод СССР*. Ленско-Индигирский район. Т. 17. Л.: Гидрометеоздат, 1972. 651 с.
23. *Ресурсы поверхностных вод СССР*. Северо-Восток. Т.19. Л.: Гидрометеоздат, 1966. 602 с.
24. Ким Дж.О., Мюллер Ч.У., Клекка У.Р. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. М.: Финансы и статистика, 1989. 215.
25. Hosmer D., Lemeshow S. Applied logistic regression. New York: Wiley, 2000. 397 p.
- indices of waters of Olenyok River // *Bull. of North-East Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Far East Branch*. 2010. №3. P. 51-55
8. Gabyshev V. A., Gabysheva O. I. Osobennosti razvitiya fitoplanktona i fiziko-himicheskie svoystva vod reki Jany v letnij period // *Izvestija Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta Serija «Biologija. Jekologija»* [Development trends of phytoplankton and physical-chemical parameters of water in the Yana River in summer // *Bull. of Irkutsk State Univ. Series «Biology, Ecology»*. 2010. Vol. 3, № 4. P. 82-94
9. Gabyshev V. A., Gabysheva O. I. Water quality of the Anabar River indicated by phytoplankton structure and hydrochemical characteristics // *Contemporary Problems of Ecology*.- 2010. V.3, №4. P. 395-400, DOI: 10.1134/S1995425510040053
10. Gabyshev V. A., Gabysheva O. I. Osobennosti razvitiya fitoplanktona i fiziko-himicheskikh svoystv vody r. Indigirka // *Vestnik SVNC DVO RAN* [Development trends of phytoplankton and physical-chemical water properties of the Indigirka River // *Bull. of North-East Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Far East Branch*]. 2011. №3. P. 42-50
11. Gabyshev V.A., Gabysheva O.I. Osobennosti razvitiya fitoplanktona i fiziko-himicheskikh svoystv vody srednego i nizhnego Viljuja i Svetlinskogo vodohranilishha // *Problemy regional'noj jekologii* [Features of phytoplankton development and physical-chemical properties of the water in the middle and lower reaches of the Vilyui River and Svetlinskoye water reservoir // *Problems of regional ecology*]. 2011. №3. P. 45-54
12. Gabyshev V.A., Gabysheva O.I. Phytoplankton of the Amga River and chemical composition of the water: *Contemporary State // Contemporary Problems of Ecology*.- 2011.- Vol.4, №1.- P. 15-20, DOI: 10.1134/S1995425511010036
13. Gabyshev V.A., Gabysheva O.I. Struktura fitoplanktona r. Chary (Vostochnaja Sibir') i sreda ego obitanija v nachale letnego perioda (ijun') // *Izvestija Penzenskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. V.G. Belinskogo. Estestvennye nauki*. [The structure of phytoplankton of Chara River (Eastern Siberia) and its habitat conditions in early summer (June) // *Bull. of Penza State Pedagogical Univ. named after V.G. Belinsky. Natural sciences*]. 2012. № 29. P. 144-151.
14. Gabyshev V.A., Remigajlo P.A., Gabysheva O. I. Prostranstvennaja struktura i sreda obitanija fitoplanktona reki Aldan // *Izvestija Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta Serija «Biologija. Jekologija»*. [Spatial structure and habitat conditions of phytoplankton of the Aldan River // *Bull. of Irkutsk State Univ. Series «Biology, Ecology»*]. 2012. Vol. 5, № 2. C. 61-69
15. Remigajlo P.A., Gabyshev V.A. Prostranstvennaja izmenchivost' taksonomicheskoy struktury

References

1. Korneva L.G. Dinamika raznoobrazija fitoplanktona vodohranilishh bassejna Volgi i faktory, ee opredelajushhie // *Aktual'nye problemy sovremennoj al'gologii: materialy mezhdunarodnoj konferencii* [Phytoplankton diversity dynamics of Volga basin reservoirs and determining factors // *Advances in modern phycology: book of abstracts*]. Kiev, 2012. P. 146-147
2. Komulajnen S. F. Struktura i funkcionirovanie fitoplanktona v malyh rekah Vostochnoj Fennoskandii: Avtoref. dis. dokt. biol. nauk. [Structure and functioning of the phytoplankton in the small rivers of Eastern Fennoscandia: Doctoral Sci. (Biol.) Dissertation]. Saint Petersburg, 2005. 50 p.
3. Safonova T. A. Jevglenovye vodorosli Zapadnoj Sibiri [Euglenophyta of Western Siberia]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1987. 192 p.
4. Bondarenko N.A. Jekologija i taksonomicheskoe raznoobrazie planktonnyh vodoroslej v ozjorah gornyh oblastej Vostochnoj Sibiri: Avtoref. dis. dokt. biol. nauk. [Ecology and taxonomical diversity of planktonic algae in lakes of mountain regions of Eastern Siberia: Doctoral Sci. (Biol.) Dissertation]. Borok, 2009. 46 p.
5. Vasil'eva-Kralina I.I., Remigajlo P.A., Gabyshev V.A. i dr. Vodorosli // *Raznoobrazie rastitel'nogo mira Jakutii* [Algae // *Plant Diversity of Yakutia*]. Novosibirsk: Publishing House of SB RAS, 2005. P. 150-272
6. Vasilyeva I. I., Remigajlo P. A., Gabyshev V.A. et al. The Far North: Plant Biodiversity and Ecology of Yakutia 2. Flora of Yakutia: Composition and Ecological Structure 2.6. Algae. Springer Dordrecht Heidelberg London New York, 2010. P. 100-113
7. Gabyshev V. A., Gabysheva O. I. K izucheniju fitoplanktona i fiziko-himicheskikh parametrov vod r. Olenek // *Vestnik SVNC DVO RAN* [On the study phytoplankton and physical-chemical

- fitoplanktona r. Leny // Nauka i obrazovanie. [Spatial variability of phytoplankton taxonomic structure of Lena River // Science and Education]. 2012. №1(65). P. 65-69
16. *Gabyshv V. A., Gabysheva O. I.* The structure of phytoplankton and physicochemical characteristics of the Kolyma River (Northeastern Siberia) in summer // Contemporary Problems of Ecology.- 2013.- Vol.6, №3.- P. 349-360, DOI: 10.1134/S1995425513030074
 17. *Gabyshv V.A., Gabysheva O.I.* Struktura letnego (ijul') fitoplanktona r. Vitim i sreda ego obitanija // Vestn. S.-Peterb. un-ta. Ser. 3. [The structure of early summer (July) phytoplankton of Vitim River and its habitat conditions // Bull. of St.Petersburg Univ. Series 3]. 2013. Issue 1. P. 16-27
 18. *Gabyshv V.A., Gabysheva O.I.* Struktura letnego fitoplanktona r. Oljokmy (Vostochnaja Sibir') i sreda ego obitanija // Izvestija Komi nauchnogo centra UrO RAN. [Spatial structure of the phytoplankton of Olyokma River (Eastern Siberia) in summer and its habitat conditions // J. "Proceedings" of the Komi Science Centre, Ural Branch, Russian Academy of Sciences 2013. Issue 1(13). P. 25-31
 19. *Sadchikov A.P.* Metody izuchenija presnovodnogo fitoplanktona: metodicheskoe rukovodstvo. [The study methods of freshwater phytoplankton: Handbook] Moscow, 2003. 157 p.
 20. *Semenov A.D.* Rukovodstvo po khimicheskomu analizu poverkhnostnykh vod sushi [Handbook on chemical analysis of inland waters]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1977. 540 p.
 21. *Coops N. C., Wulder M. A., Duro D. C. et al.* The Development of a Canadian Dynamic Habitat Index Using Multi-Temporal Satellite Estimates of Canopy Light Absorbance Ecological Indicators // Ecological Indicators. 2008, Vol. 8, № 5, P. 754-766 DOI: 10.1016/j.ecolind.2008.01.007 <http://www.cfs.nrcan.gc.ca/pubwarehouse/pdfs/28150.pdf>
 22. *Resursy poverhnostnyh vod SSSR.* Lensko-Indigirskij rajon. [Surface water resources of the USSR. Lena-Indigirka region.] V. 17. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1972. 651 p.
 23. *Resursy poverhnostnyh vod SSSR.* Severo-Vostok. [Surface water resources of the USSR. North-East.] Vol. 19. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1966. 602 p.
 24. *Kim Dzh.-O., M'juller Ch. U., Klekka U. R.* Faktornyj, diskriminantnyj i klasternyj analiz. [Factor, discriminant and cluster analysis.]. Moscow: Finance and Statistics Publ., 1989. 215 p.
 25. *Hosmer D., Lemeshow S.* Applied logistic regression. New York: Wiley, 2000. 397 p.

Статья поступила в редакцию 12.05.2014.