

УДК 581.526.325 (28)

Ф.Б. ШКУНДИНА

Башкирский государственный ун-т, кафедра ботаники,  
Россия, Башкортостан, 450074 Уфа, ул. Фрунзе, 32

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ ВИДОВ ФИТОПЛАНКТОНА РЕКИ БЕЛОЙ (РОССИЯ)

Обсужден вопрос об основных экологических группах видов фитопланктона рек, в ряде случаев определяемых сложными комплексными градиентами. Использованы индексы ширины ниш. Для фитопланктона р. Белой сделана попытка внутри экологических групп по ряду химических факторов построить градиент видов с помощью канонической ординации. Получен спектр видов по концентрации аммонийного азота.

*Ключевые слова:* фитопланктон, экологические группы, факторы среды, градиент, индекс ширины ниш.

### Введение

Реки – динамические системы, в которых благодаря вертикальным и горизонтальным течениям может быть достигнуто гомогенное распределение растворенных и взвешенных частиц (Levins, 1967). Однако в речных экосистемах очень часто наблюдается как вертикальная, так и горизонтальная неоднородность распределения фитопланктона. Среди видов, образующих фитопланктон, встречаются и эврибионтные, и стенобионтные виды.

Для изучения распределения видов фитопланктона по градиентам факторов среды используют понятие экологической группы. Для «размыкания» континуума можно внутри экологической группы выделить экологический спектр (набор групп видов), который в разных водоемах может отличаться.

Проблема экологических ниш речного фитопланктона практически не изучена. Недостаточно обсуждаются экологические группы, данные о которых могут быть широко использованы в фундаментальных и прикладных исследованиях.

Все выделяемые альгологами экологические группы видов фитопланктона можно распределить следующим образом.

I. Экологическим фактором, формирующим первую группу, является температура. По отношению к температуре исследователи рассматривают спектр эутермальных, мезотермальных и олиготермальных видов. Мезотермальные виды (Водоросли, 1989) обильнее развиваются в условиях обычных температур. К олиготермальным видам мы относим фитопланктонов, интенсивнее вегетирующих или в холодной, или в теплой воде. Эутермальные виды (Водоросли, 1989) существуют в широком температурном диапазоне.

II. Экологические группы видов рассматривают по комплексному градиенту – приуроченности к отдельным сезонам. Комплексный градиент – это сочетание факторов среды, которое синхронно изменяется (Уиттекер, 1980). Зимние виды достигают оптимального роста зимой, весенние – весной и т. п.

III. Третий важный фактор в водоемах – скорость течения. При очень быстром течении (более 5 м/с) выживают только те виды, которые прикрепляются к субстрату. Фитопланктон отсутствует (River ..., 1975; Kirillova, Kim, 2000). По градиенту скорости течения можно, согласно Lowe (1974), выделить следующий спектр. Лимнобионты характерны только для стоячих водоемов. Лимнофилы предпочитают стоячие воды, но иногда их обнаруживают и в текучих. Индифференты не реагируют на изменение скорости течения. Реофилы обнаруживают в основном в текучих водах и изредка – в стоячих. Реобионты отмечаются только для текучих вод.

IV. Экологические группы выделяются по отношению видов фитопланктона к минерализации воды. Значительная часть речного фитопланктона относится к олигогалабам и бетамезогалабам. Олигогалабы – это пресноводные виды, обитающие при концентрации солей менее 0,5 г/л, а бетамезогалабы предпочитают соленость 0,5-10 г/л.

V. Экологические группы объединяются по отношению к pH. Исследователь Порк (1970) выделяет ацидобионты, которые встречаются при  $pH < 7$  с наилучшим развитием при  $pH < 5,5$ ; ацидофилы – при  $pH$  около 7, наиболее интенсивно они вегетируют при  $pH > 7$ ; а также алкалобионты, присутствующие только в щелочной воде.

VI. Важным комплексным градиентом для озерного (Ryding, Rast, 1989; Soil & Water ..., 1993) и речного фитопланктона является количество биогенных элементов. По потребности в питательных веществах различают эвтрофные, мезотрофные, олиготрофные и дистрофные виды.

Следующие четыре типа экологических групп, выделяемые нами (согласно Lowe (1974)), определяются совокупностью физических и химических факторов.

VII. В седьмой тип групп объединены виды по основному местообитанию. Экологический спектр включает морские, эстуарные, озерные, прудовые и речные виды.

VIII. В восьмом типе групп находятся виды по специфическому местообитанию. Среди них выделяют: эупланктон и тихопланктон. Последний обычно ассоциируется с перифитонными и бентосными местообитаниями, но часто взвешен в воде.

IX. Девятую группу представляют виды, которые мы рассматриваем по географическому распределению. Выделяются космополитные виды и таковые, обитающие в определенных географических регионах, например, в Северной Америке, Европе, Юго-Восточной Азии и т.п. (Паламарь-Мордвинцева, 1989; см.: Водоросли, 1989; Васильева-Кралина, 1999).

Последние две группы (X-XI) определяются антропогенным воздействием на экосистемы (сложные комплексные градиенты). X тип групп определяется загрязнением органическими веществами, а XI – загрязнением минеральными и

органическими токсическими веществами. Даже в реках, не подвергавшихся резким воздействиям загрязнения, наблюдаются изменения в фитопланктоне. Согласно Р. Кольквитцу и Р. Марссону (цит. по: Константинов, 1972) можно выделить олиго-, мезо- и полисапробные виды (по отношению к степени загрязнения органическими веществами). В зависимости от степени загрязнения водоема минеральными и органическими токсическими веществами различают поли-, мезо- и олиготоксические виды (Жадин, Герд, 1961).

Целью наших исследований было исследовать фитопланктон р. Белой с использованием параметров ниш, экологических групп и экологических спектров.

### Материалы и методы

Для выяснения воздействия факторов на фитопланктон мы обследовали р. Белую, подвергавшуюся интенсивному загрязнению последние 50 лет. Река Белая (левый приток р. Камы) длиной 1430 км, протекающая по территории Южного Урала и Предуралья, является основной водной артерией республики Башкортостан. В 1941-1942 гг. украинскими альгологами под руководством профессора Я.В. Ролла (Ролл и др., 1947) было проведено санитарно-биологическое исследование р. Белой в районе г. Уфы. На всем своем протяжении (река опоясывает г. Уфу), р. Белая характеризовалась высокой степенью сапробности. В сентябре 1941 г. доминировали *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs., *Chlamydomonas* sp. sp., род *Scenedesmus* Neyen, *Nitzschia acicularis* W.Sm., *Diatoma vulgare* Bory, *Melosira varians* Ag. и др.

Материалом для анализа послужили пробы, отобранные на 32 створах в 1985-1995 гг. (Шкундина, 1993), которые располагались на реке от г. Стерлитамака до впадения в р. Каму.

В период исследования основными загрязняющими ингредиентами по всему течению реки, по данным общегосударственной службы наблюдения и контроля, были нефтепродукты, фенолы, аммонийный и нитратный азот, соединения меди. Кислородный режим в течение года был удовлетворительным и колебался в пределах 39-120 %. Содержание органических веществ (по ХПК) по всему течению реки изменялось от 7,0 до 66,8 мг/л. Участки реки в районе г. Стерлитамака и пос. Прибельский загрязнены хлором, концентрация которого колебалась от 130 до 670 мг/л. Отмечены многочисленные аварийные случаи загрязнения реки нефтью и нефтепродуктами. Наиболее загрязнен нефтепродуктами участок реки от г. Белорешка до г. Стерлитамака, где в 1987 г. было зарегистрировано 9 случаев высокого загрязнения (1,53-2,88 мг/л). Среднегодовая концентрация фенолов в 1986 г. составила 11 ПДК, в 1987 г. – 7 ПДК. Максимальная разовая концентрация фенолов в 1987 г. отмечена в районе г. Бирска в сентябре – 37 ПДК. С 1986 г. наблюдается тенденция к снижению загрязнения нитритным азотом с 20 до 7 ПДК. Максимальная концентрация наблюдалась на створе выше г. Стерлитамака. В районах крупных промышленных центров отмечалось значительное загрязнение реки специфическими токсическими веществами. В р. Белой в районе г. Стерлитамака отмечено значительное превышение ПДК ртути. Содержание ее в пробах постоянно

колебалось в пределах 0,0005-0,008 мг/л. Около г. Уфы концентрация цинка составляла в среднем 6 ПДК. Для р. Белой были рассмотрены результаты измерения 10 показателей на 26 створах. В качестве осей ординации использовали концентрации растворенного кислорода, аммонийного, нитритного и нитратного азота, взвешенных веществ, БПК<sub>5</sub>, нефтепродуктов, фенолов, меди, ртути.

Пробы фитопланктона отбирали и обрабатывали по общепринятой методике (Киселев, 1969; Федоров, 1979). Количественные пробы фитопланктона отбирали с помощью батометра Рутнера, фиксировали 40 %-м формалином, концентрировали отстойным методом и подсчитывали в камере Нажотта объемом 0,01 мл. Биомассу рассчитывали общепринятым объемным способом.

Для расчета параметров ниш использовали индекс ширины ниш (Hurlbert, 1978).

Была применена программа CANOCO (Ter Braak, 1988). При канонической ординации рассчитывают разные варианты градиентного анализа, для установления отношения популяций видов к градиентам условий среды (Уиттекер, 1980), причем градиенты могут быть комплексными, образующимися несколькими факторами, формирующими ординационные оси.

### Результаты и обсуждение

Виды фитопланктона р. Белой были расположены в порядке возрастания индексов ширины ниш (табл. 1). Для данного исследования величина индекса  $B$ , равная 0,5, была взята как отделяющая специализированные ( $< 0,5$ ) и эврибионтные ( $> 0,5$ ) виды. Из таблицы видно, что виды 1-14 были более специализированными по отношению к ресурсам, имели узкую экологическую нишу, т.е. встречались в ограниченных условиях окружающей среды.

Средняя численность видов на отдельных станциях была чаще всего не связана с величиной  $B$ , однако доминирующий на протяжении всего вегетационного периода вид *Stephanodiscus hantzschii* имел наиболее широкую экологическую нишу, а преобладающая в сточных водах *Chlorella vulgaris* – большую величину индекса ширины ниш. Ширина ниш не была связана также и с систематической принадлежностью видов. Одни и те же виды на разных участках р. Белой имели разные индексы ширины ниш. В районе г. Стерлитамака сообщество фитопланктона находится под интенсивным антропогенным воздействием. 56 рассмотренных видов имели  $B < 0,5$ . У 11 видов величина  $B$  составляла  $< 0,1$ . В районе пос. Кабаково на относительно чистом створе к видам с узкой экологической нишей была отнесена *Chlorella vulgaris*. Вероятно, на этом створе, находящемся выше по течению г. Уфы, вода относительно чистая и вышеупомянутый вид попал в неблагоприятные для него условия. *Scenedesmus quadricauda*, наоборот, имел узкую экологическую нишу в р. Белой в районе г. Стерлитамака, а широкую – на створе у пос. Кабаково.

Если рассматривать экологическую нишу как позицию вида в сообществе в зависимости от других видов (Уиттекер, 1980), то можно наблюдать, как на отдельных участках р. Белой формируются определенные отличающиеся

сообщества водорослей. Одни и те же виды в разных сообществах занимают разные экологические ниши.

Для канонической ординации использовали результаты измерения численности 52 видов и разновидностей водорослей.

Таблица 1. Виды фитопланктона, доминировавшие в р. Белой в 1984-1985 гг., в порядке возрастания средних арифметических индексов ширины ниш

Номер	Таксон	Индекс ширины ниш
1	<i>Ceratoneis arcus</i> (Ehr.) Kütz. var. <i>amphyoxis</i> (Rabenh.) Brun.	0,135
2	<i>Cocconeis placentula</i> Ehr.	0,205
3	<i>Raphidonema longiseta</i> Vischer	0,250
4	<i>Navicula exigua</i> (Greg.) O. Mull.	0,304
5	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood.	0,322
6	<i>Suriella ovata</i> Kütz.	0,351
7	<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerh.) Chod. var. <i>biseriatus</i> Reinh.	0,352
8	<i>Scenedesmus bijugatus</i> (Turp.) Kütz.	0,385
9	<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch	0,391
10	<i>Synedra acus</i> Kütz.	0,399
11	<i>Ankistrodesmus arcuatus</i> Korschik.	0,444
12	<i>Microcystis pulvereae</i> (Wood.) Forti emend.	0,465
13	<i>Cymbella pusilla</i> Grun.	0,490
14	<i>Navicula</i> sp. sp.	0,492
15	<i>Nitzschia acicularis</i> W. Sm.	0,510
16	<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Sm.	0,543
17	<i>Micractinium pusillum</i> Fr.	0,582
18	<i>Asterionella formosa</i> Hass.	0,651
19	<i>Korschicoviella limnetica</i> (Lemm.) Silva	0,653
20	<i>Chlamydomonas vulgaris</i> Anach.	0,677
21	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Ralfs	0,700
22	<i>Ankistrodesmus angustus</i> Bern.	0,775
23	<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turp.) Bréb.	0,783
24	<i>Gomphonema olivaceum</i> (Lyngb.) Kütz.	0,801
25	<i>Oocystis lacustris</i> Chod.	0,832
26	<i>Coelastrum microporum</i> Näg.	0,832
27	<i>Chlorella vulgaris</i> Beijer.	0,866
28	<i>Kirchneriella obesa</i> (West) Schimidle	0,892
29	<i>Crucigenia quadrata</i> Morren.	0,900
30	<i>Sphaerocystis Schroeteri</i> Chod.	0,913
31	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grun.	0,919

В период исследования в верхнем течении р. Белой доминировала *Microcystis pulvereae*, на втором месте в районе г. Мелеуза была *Chlorella vulgaris*, в

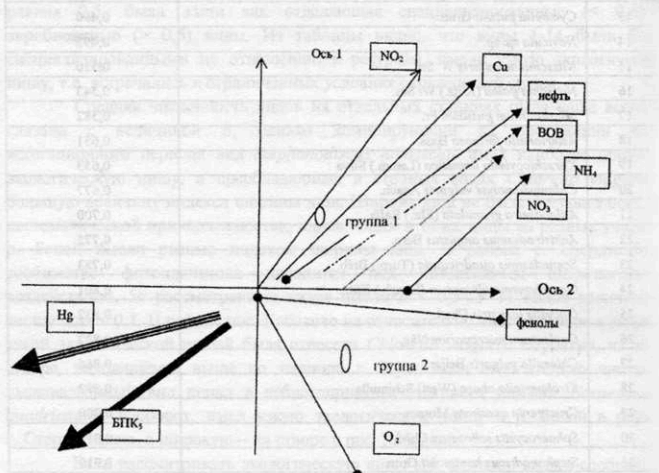
районе г. Стерлитамака – *A. granulata*. В среднем и нижнем течениях преобладала *Stephanodiscus hantzschii*.

Сообщество фитопланктона р. Белой относится к Западно-Сибирскому типу (Шкундина, 1993). Преобладает диатомовый эвтрофный планктон. Иногда развиваются в массовом количестве роды *Scenedesmus* Meyen, *Coelastrum* Näg., *Microcystis* (Kütz.) Elenk., *Phormidium* Kütz. Многочисленные виды фитопланктона исследуемого водотока относятся к индифферентам по сумме ионов и скорости течения (по литературным и нашим данным), а также к  $\beta$ -мезосапробам.

Было выделено четыре ординационных оси, отношение дисперсий видовых множеств и множеств образцов изменялось от 0,39680 для первой оси и до 0,11710 – для четвертой.

Значения коэффициентов инфляции факторов (Ter Braak, 1988) для фитопланктона р. Белой (безразмерные величины) были такими:  $O_2$  – 17,7;  $NH_4^+$  – 6,5;  $NO_2^-$  – 14,7;  $NO_3^-$  – 28,2; взвешенное органическое вещество – 52,8; БПК<sub>5</sub> – 20,5; нефть – 179,5; фенолы – 18,8;  $Cu^{2+}$  – 37,0;  $Hg^{2+}$  – 30,0.

Если коэффициент инфляции больше 20, то переменные полностью скоррелированы с другими переменными, и поэтому не вносят собственного вклада в уравнение регрессии. Согласно Тер Брааку (Ter Braak, 1988), их регрессионные коэффициенты не стабильны и не поддаются четкой интерпретации. Следовательно, в р. Белой как самостоятельный фактор на развитие фитопланктона влияет только концентрация аммонийного азота (коэффициент инфляции 6,5), остальные факторы действуют комплексно.



Биplot ординационных результатов данных по фитопланктону р. Белой и 10 природных переменных.

Ординационные результаты показаны на рисунке. Они подтвердили гипотезы о формировании в р. Белой устойчивых сообществ фитопланктона.

Виды, формирующие эти сообщества, образуют на биоплоте четкие группы (группы 1 и 2), причем некоторые виды даже имеют одинаковые координаты (см. рисунок). Например, компактную группу (группа 1) образуют *Scenedesmus quadricauda*, *Aulacoseira granulata*, *Navicula viridula*, *Surirella ovata*, *Nitzschia palea*, *Chlorella vulgaris*, *Melosira varians*, *Ulothrix limnetica*, *Tetrachlorella alternans*, *Phormidium molle*. Во вторую группу входят *Oocystis lacustris*, *Synedra acus*, *Cosmarium bioculatum*. В р. Белой, длительное время находящейся под интенсивным антропогенным воздействием, произошла плотная упаковка экологических ниш, о чем свидетельствует формирование четких групп.

Далее были рассчитаны регрессионно-канонические коэффициенты для стандартизированных переменных и  $t$ -величины регрессионных коэффициентов (табл. 2, 3). Принималось, что если абсолютная величина  $t < 2,1$ , то коэффициент регрессии статистически не значим (Тег Браак, 1988). Из табл. 2, 3 видно, что концентрации растворенного кислорода и аммонийного азота наиболее важны в формировании первой оси (AX1) (величины  $t$  у  $O_2 = 3,17$ , у  $NH_4^+ = 4,25 > 2,1$ ). Вторую ось (AX2) формируют концентрации меди, ртути, нефти, нитритного азота, причем нефть оказывает ингибирующее воздействие. Третью ось образуют концентрации фенолов, меди, ртути, нитритного и аммонийного азота ( $t$  для фенолов =  $6,96 > 2,1$ , для меди =  $6,82 > 2,1$ ). На формирование четвертой оси (AX4) не влиял ни один из рассмотренных факторов, все регрессионно-канонические коэффициенты были недостоверны.

Таблица 2. Регрессионно-канонические коэффициенты для факторов, действующих на фитопланктон р. Белой

Фактор	Ось			
	AX1	AX2	AX3	AX4
$O_2$	0,146	-0,135	0,037	0,045
$NH_4^+$	0,119	0,010	-0,031	0,047
$NO_2^-$	-0,010	0,172	-0,064	-0,034
$NO_3^-$	-0,032	0,104	-0,037	-0,087
BOB	-0,051	0,179	-0,056	-0,094
БПК <sub>5</sub>	-0,051	-0,142	0,43	0,060
Нефть	0,111	0,371	0,149	0,175
Фенолы	-0,011	-0,115	0,097	0,027
$Cu^{2+}$	0,072	0,238	0,134	0,061
$Hg^{2+}$	-0,086	0,183	-0,133	-0,052

В противоположность регрессионно-каноническим коэффициентам, коэффициенты корреляции экологических факторов с осями не становятся нестабильными, когда факторы сильно коррелируют друг с другом (табл. 4).

Таблица 3. Т-величины регрессионных коэффициентов для факторов, воздействующих на фитопланктон р. Белой

Фактор	Ось			
	AX1	AX2	AX3	AX4
O <sub>2</sub>	3,17	-2,72	-2,74	0,63
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	4,25	0,33	-3,77	1,11
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	-0,23	3,81	-5,18	-0,53
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,56	1,65	-2,17	-0,98
ВОВ	-0,54	2,09	-2,39	-0,77
БПК <sub>5</sub>	-1,03	-2,66	2,91	0,80
Нефть	0,76	-2,34	3,44	0,78
Фенолы	-0,24	-2,25	6,96	0,38
Cu <sup>2+</sup>	1,08	-3,31	6,82	0,61
Hg <sup>2+</sup>	-1,43	2,83	-7,55	-0,57

Таблица 4. Значения коэффициентов корреляции экологических факторов

Фактор	Ось			
	AX1	AX2	AX3	AX4
O <sub>2</sub>	0,074	-0,413	-0,368	-0,388
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,242	0,109	-0,040	0,683
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,154	0,481	0,350	0,024
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,458	0,032	-0,137	-0,281
ВОВ	0,253	0,239	-0,027	0,084
БПК <sub>5</sub>	-0,207	-0,221	-0,417	0,100
Нефть	0,360	0,332	0,031	-0,150
Фенолы	-0,251	-0,027	0,294	0,422
Cu <sup>2+</sup>	0,026	0,036	0,364	0,562
Hg <sup>2+</sup>	-0,164	-0,164	-0,098	0,501

Наибольшее значение коэффициента корреляции составило 0,683 и наблюдалось между концентрацией аммонийного азота и осью AX4. На оси 4



(АХ4) (табл. 5), представляющей (см. табл. 2, 3) градиент видов по концентрации аммонийного азота, выделялось несколько групп видов (табл. 5).

Таблица 5. Расположение видов фитопланктона р. Белой по градиенту органического загрязнения

Таксон	Координаты на оси АХ4
<i>Cosmarium bioculatum</i> , <i>Ankistrodesmus longissimus</i> , <i>Synedra acus</i>	112
<i>Tetrachlorella alternans</i>	24
<i>Bacillariophyta</i> sp. sp.	12
<i>Trochiscia aciculifera</i>	4
<i>Synedra actinastroides</i>	3
<i>Phormidium</i> sp. sp., <i>Phormidium molle</i> , <i>Dactilococcopsis irregularis</i>	1
<i>Oocystis lacustris</i> , <i>Microcystis pulverea</i> , <i>Stephanodiscus hantzschii</i>	0
<i>Lagerhemia genevensis</i> , <i>Carteria</i> sp. sp., <i>Gomphonema olivaceum</i> , <i>Crucigenia quadrata</i>	-1
<i>Kirchneriella lunaris</i> , <i>Coelastrum microporum</i>	-2
<i>Actinastrum hantzschii</i>	-3
<i>Asterionella formosa</i>	-6
<i>Aulacoseira granulata</i>	-17
<i>Melosira binderana</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i>	-20
<i>Scenedesmus quadricauda</i> , <i>Surirella ovata</i> , <i>Nitzschia palea</i> , <i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Nitzschia holsatica</i> , <i>Microactinium quadrisetum</i> , <i>Scenedesmus acuminatus</i> , <i>Navicula viridula</i>	-64

В первую группу вошли *Scenedesmus quadricauda*, *Nitzschia palea*, *Chlorella vulgaris*, *Nitzschia holsatica*, *Scenedesmus acuminatus*, *Navicula viridula*. Эти виды по Пальмеру (цит. по: River ..., 1975) характеризовали высокое органическое загрязнение (индекс органического загрязнения Пальмера – 3 и 4). Вторая группа располагалась в центре градиента, к ней мы отнесли 27 видов, в том числе доминирующие *Microcystis pulverea*, *Aulacoseira granulata* и *Stephanodiscus hantzschii*. Третья группа объединяла всего три вида: *Cosmarium bioculatum*, *Ankistrodesmus longissimus*, *Synedra acus*, которые в условиях р. Белой развивались при низкой концентрации аммонийного азота (вероятно, низкое органическое загрязнение).

### Выводы

1. Одни и те же виды фитопланктона в различных сообществах занимали различные экологические ниши и на разных участках р. Белой имели отличающиеся по величине индексы ширины ниш.

2. Ординационные результаты подтвердили гипотезу о формировании в р. Белой устойчивых сообществ фитопланктона.

3. Виды *Cosmarium bioculatum*, *Ankistrodesmus longissimus*, *Synedra acus* в условиях р. Белой развивались при низкой концентрации аммонийного азота и являлись индикаторами низкого органического загрязнения. Выявить виды фитопланктона – индикаторы по токсическим веществам (таким, как нефть, фенолы, медь, ртуть) не удалось, поскольку при воздействии на водоросли они взаимодействуют друг с другом, а также с другими химическими соединениями.

F.B. Shkundina

Bashkir State University, Department of Botany,  
Frunze St., 32, Ufa 450074, Bashkortostan, Russia

#### ECOLOGICAL GROUPS OF PHYTOPLANKTON OF BELAYA RIVER (RUSSIA)

The problem of determination of the main ecological groups of river phytoplankton are discussed. In some cases they are determined by complex gradients. Induces of the niche width are used. The attempt was done to compose gradient of species inside ecological groups according to chemical factors of Belaya River using canonical ordination. The spectrum of species according to concentration of ammonium nitrogen was obtained.

*Keywords*: phytoplankton, ecological groups, environmental factors, gradient, index of niche width.

Васильева-Кратина И.И. Альгология. Ч. II: Уч. пос. – Якутск: Изд-во Якут. ун-та, 1999. – 92 с.

Водоросли: Справочник / Под ред. С.П. Вассера, Н.В. Кондратьевой, Н.П. Маслюк и др. – Киев: Наук. думка, 1989. – 608 с.

Жадин В.И., Герд С.В. Реки, озера и водохранилища СССР. – М.: Учпедгиз, 1961. – 656 с.

Киселев И.А. Планктон морей и континентальных водоемов. – Л.: Наука, 1969. – Т. 1. – 658 с.

Константинов А.С. Общая гидробиология. – М.: Высш. шк., 1972. – 472 с.

Порк М.И. Об экологии диатомовых в озерах Эстонии // Уч. зап. Тартус. гос. ун-та. – 1970. – Вып. 268. – С. 338-353.

Ролл Я.В., Френкель Г.М., Гольдштейн М.В., Чернова Е.В. Санитарно-биологическое исследование р. Белой в районе г. Уфы в 1941-1942 гг. // Тр. Ин-та гидробиологии АН УССР. – 1947. – № 21. – С. 5-65.

Федоров В.Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. – М.: МГУ, 1979. – 167 с.

Шкундина Ф.Б. Фитопланктон рек СНГ. – Уфа: Башгосун-т, 1993. – 230 с.

Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. – М.: Прогресс, 1980. – 327 с.

Hurlbert S.H. The measurement of niche overlap and some relatives // Ecology. – 1978. – 59. – P. 57-77.

Levins R. Evolution in changing environments: some the theoretical explorations. – Princeton (N. J.): Princeton Univ. Press, 1967. – 200 p.

Kirillova T.V., Kirn G.V. Composition and pigment characteristics of phytoplankton in the lake Teletskoye tributaries // Biodiversity and dynamics of ecosystems in North Eurasia. – Novosibirsk, 2000. – Vol. 5. – С. 36-38.

- Low R.L. Environmental requirements and pollution tolerance of freshwater diatoms. – Washington: Environ. Protect. Agency, 1974. – 334 p.
- River Ecology / Ed. B.A. Whitton (Std. Ecol., vol. 2). – Oxford e. a., 1975. – 1110 p.
- Ryding S.-O., Rast W. The control of eutrophication of lakes and reservoir. Man and the biosphere series. Vol.1. UNESCO: The Parthenon publ. group, 1989. – 314 p.
- Soil & Water conservation society of metro Halifax. Phytoplankton assemblages in 21 Halifax metro lakes (Phase B3 Limnology project), 1993. – 130 p.
- Ter Braak J.F. CANOCO – a FORTRAN program for canonical ordination by correspondence analysis and redundancy analysis (version 2.1) // GLW, Postbus 100, 670 AC Wageningen, 1988. – 95 p.

Получена 14.02.02

Подписана в печать Л.А. Сиренко

