

УДК 551.510.42

## РАНГОВЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В ПЕРИФИТОНЕ И ИХ СВЯЗЬ С УРОВНЕМ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЕМА

© 1997 г. В. Н. Максимов, Н. Г. Булгаков, Л. В. Джабруева

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
Биологический факультет, 119899 Москва, Воробьевы горы

Поступила в редакцию 25.12.96 г.

Диагностика экологического состояния водоемов проведена на основе ранговых распределений численностей гидробионтов. В работе использованы 2-летние данные о численности размерно-морфологических групп фитоперифитона реки Элиста и двух связанных с ней прудов (Калмыкия). Анализ показал различия в величине параметров ранговых распределений для трех указанных водоемов, что может свидетельствовать о разных интенсивности и характере их загрязнений. Описанный подход к оценке состояния водоемов менее трудоемок, чем традиционная методика поиска параметров ранговых распределений на основе данных о численности каждого вида.

Для оценки состояния сообществ часто используют ранговые распределения видов по обилию. Форму этих распределений либо представляют графически (обычно в координатах логарифм численности – ранг вида в убывающем ряду численностей), либо описывают какой-нибудь подходящей функцией, связывающей численность вида с его рангом, т.е. порядковым номером в ранжированном ряду. Ранее мы использовали этот метод для сравнения сообществ перифитона в водоемах г. Элиста, отличающихся по уровню и характеру загрязнений (Максимов и др., 1997).

В данной работе мы исследовали возможность применения для той же цели распределений по обилию так называемых размерно-морфологических групп микроводорослей. Классификация видов водорослей по линейным размерам с учетом формы их клеток была предложена нами совместно с Ф.Б. Шкундиной (Шкундина, Максимов, 1987) при изучении фитопланктона оз. Кандры-Куль и р. Белой. Было показано, что такая классификация позволяет выявлять сезонные изменения фитопланктона и его зависимость от уровня антропогенного воздействия не менее успешно, чем традиционный подход, основанный на определении видового состава сообщества. В то же время отнесение клеток водорослей к той или иной размерно-морфологической группе методически значительно проще, чем определение их видовой принадлежности.

В основу классификации были положены данные о средней максимальной длине ( $L$ ) и ширине ( $W$ ) клеток более 900 видов водорослей. В табл. 1 приведены данные, характеризующие распределение найденных величин длины клеток  $L$  и отношения длины к ширине  $L/W$  для одноклеточных и

колониальных форм водорослей. Так как квартили делят всю совокупность данных на 4 класса с одинаковым числом видов в каждом классе, то их значения и были выбраны в качестве границ размерных и морфологических групп. Таким образом мы получили по 16 размерно-морфологических групп для одноклеточных и колониальных форм водорослей, список которых приведен в табл. 2.

Для отнесения той или иной водорослевой клетки к определенной группе достаточно измерить с помощью окуляр-микрометра ее максимальную длину и максимальную ширину, а затем, рассчитав отношение  $L/W$ , найти в таблице обозначение той группы, для которой интервалы  $L$  и  $L/W$  соответствуют этим величинам. Так, например, клетку одноклеточной водоросли *Ankistrodesmus falcatus* с  $L = 10$  мкм и  $W = 2$  мкм, т.е. при  $L/W = 5$ , следует отнести к группе *SB* (Small, Baton), а клетку колониальной *Pediastrum duplex* с  $L = 17$  мкм и  $W = 1.7$  мкм – к группе *ln* (large, needle).

Эта классификация была применена при анализе проб фитоперифитона, собранных с мая по ноябрь 1992–1993 гг. в 3-х водоемах в г. Элиста (Калмыкия): в р. Элиста выше города, в Ярмарочном пруду в черте города и в Улан-Эргинском пруду, ниже по течению р. Элиста, подверженному хроническому действию стоков с сельскохозяйственных угодий. По данным городской санитарно-эпидемической службы р. Элиста относится к умеренно загрязненным водоемам; в Ярмарочном пруду преобладают загрязнения органического характера (повышенное содержание взвешенных веществ, восстановленных форм азота, высокое БПК<sub>5</sub>); в Улан-Эргинском пруду –

Таблица 1. Пределы изменений и квартили распределения максимальных размеров клеток микроводорослей

Пределы изменений и квартили	L, мкм		L/W	
	одноклеточные	колониальные	одноклеточные	колониальные
Минимум	4	0.5	1	1.0
1-я квартиль	30	9.0	3	1.8
2-я квартиль	52	16.0	5	2.5
3-я квартиль	102	32.0	8	5.2
Максимум	800	630.0	103	50.0

Таблица 2. Интервалы значений L и L/W для размерно-морфологических групп микроводорослей

Одноклеточные водоросли			Колониальные водоросли		
Группа	L, мкм	L/W	Группа	L, мкм	L/W
SR	<30	1-2.9	sr	<9	1.0-1.8
SL	<30	3-4.9	sl	<9	1.9-2.5
SB	<30	5-7.9	sb	<9	2.6-5.2
SN	<30	>8	sn	<9	>5.2
MR	30-50	1-2.9	mr	9-15	1.0-1.8
ML	30-50	3-4.9	ml	9-15	1.9-2.5
MB	30-50	5-7.9	mb	9-15	2.6-5.2
MN	30-50	>8	mn	9-15	>5.2
LR	51-100	1-2.9	lr	16-32	1.0-1.8
LL	51-100	3-4.9	ll	16-32	1.9-2.5
LB	51-100	5-7.9	lb	16-32	2.6-5.2
LN	51-100	>8	ln	16-32	>5.2
GR	>100	1-2.9	gr	>32	1.0-1.8
GL	>100	2-4.9	gl	>32	1.9-2.5
GB	>100	5-7.9	gb	>32	2.6-5.2
GN	>100	>8	gn	>32	>5.2

загрязнения неорганической природы (сульфаты, нитраты, фосфаты, соли железа и меди). Пробы обрабатывали по обычным методикам (Руководство по гидробиологическому мониторингу..., 1992). Всего было проанализировано 82 пробы в 1992 г. и 48 проб в 1994 г.

Ранговые распределения описывали с помощью дзета-модели (Левич, 1980):

$$n(i) = (c\chi^{i-1}/i^\gamma),$$

где  $n(i)$  – численность клеток размерно-морфологической группы с рангом  $i$  в ряду по убыванию численности,  $\chi$  и  $\gamma$  – параметры распределения. При  $\chi = 1$  дзета-модель описывает гиперболическое распределение групп по обилию, при  $\gamma = 0$  – экспоненциальное распределение. Эти параметры рассчитывали методом нелинейного оценивания, используя квази-Ньютоновский алгоритм.

Результаты расчета параметров представлены в табл. 3.

На рис. 1 изображена диаграмма рассеяния параметров  $\chi$  и  $\gamma$  для проб, собранных в 1992 г. Видно, что распределение по обилию размерно-морфологических групп фитоперифитона в р. Элиста и в Улан-Эргинском пруду близко к гиперболическому, так как параметр  $\chi$  для соответствующих проб колеблется в пределах от 0.94 до 1.06, что не выходит за пределы  $1 \pm 3s\{\chi\}$ , поскольку стандартное отклонение  $s\{\chi\}$  в большинстве случаев составляло от 0.02 до 0.03. Например, в пробах, собранных в Ярмарочном пруду, распределение размерно-морфологических групп ближе к экспоненциальному, т.е. с параметром  $\gamma = 0$ . Это особенно характерно для проб, собранных во второй половине сезона (в августе–сентябре), в большинстве из которых параметр  $\gamma$  был незначимо отличен от 0.

Таблица 3. Параметры  $\chi$  и  $\gamma$  ранговых распределений численностей размерно-морфологических групп фитоперифитона

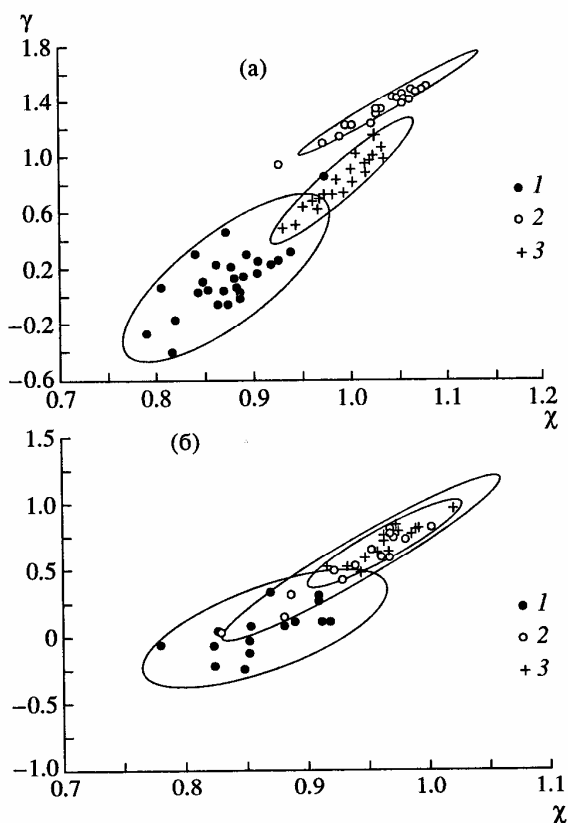
Номер пробы	$\chi$		$\gamma$	
	значение	стандартное отклонение	значение	стандартное отклонение
Y4	0.8386	0.0268	0.3143	0.1079
Y5	0.8691	0.0180	0.4795	0.0675
Y6	0.8589	0.0128	0.2443	0.0614
Y11	0.9711	0.0146	0.8834	0.0698
Y14	0.9014	0.0116	0.2875	0.0549
Y17	0.8900	0.0222	0.3133	0.0967
Y20	0.9356	0.0174	0.3399	0.1032
Y23	0.9232	0.0156	0.2781	0.0869
Y25	0.8774	0.0109	0.1368	0.0624
Y28	0.9007	0.0179	0.1754	0.0973
Y31	0.8024	0.0257	0.0801	0.1088
Y34	0.9162	0.0188	0.2502	0.1062
Y37	0.8178	0.0125	-0.1542	0.0587
Y40	0.8682	0.0173	0.0606	0.0841
Y43	0.9013	0.0139	0.1892	0.0734
Y46	0.8833	0.0133	0.0487	0.0733
Y49	0.8150	0.0127	-0.3990	0.0759
Y52	0.8718	0.0130	-0.0361	0.0716
Y55	0.8834	0.0151	0.0072	0.0850
Y58	0.8801	0.0138	0.0871	0.0730
Y61	0.8876	0.0156	0.1529	0.0811
Y64	0.8632	0.0172	-0.0421	0.0979
Y67	0.8171	0.0127	-0.1409	0.0600
Y70	0.8420	0.0167	0.0459	0.0756
Y73	0.8462	0.0154	0.1235	0.0691
Y76	0.8524	0.0181	0.0601	0.0853
Y77	0.8752	0.0132	0.2318	0.0614
Y80	0.7892	0.0194	-0.2555	0.1041
E10	1.0738	0.0276	1.5489	0.0973
E13	1.0264	0.0292	1.3825	0.0988
E16	1.0627	0.0291	1.5017	0.1034
E19	0.9230	0.0760	0.9664	0.2260
E22	1.0607	0.0345	1.4802	0.1221
E24	1.0172	0.0202	1.2713	0.0688
E27	0.9912	0.0364	1.2565	0.1175
E30	1.0650	0.0336	1.5044	0.1171
E33	1.0563	0.0331	1.4564	0.1150
E36	1.0528	0.0314	1.4480	0.1088
E39	1.0228	0.0305	1.3717	0.1021
E42	1.0470	0.0268	1.4328	0.0930
E45	1.0498	0.0293	1.4330	0.1003
E48	1.0231	0.0197	1.3352	0.0655
E51	0.9973	0.0249	1.2465	0.0813

Таблица 3. Продолжение

Номер пробы	X		Y	
	значение	стандартное отклонение	значение	стандартное отклонение
E54	1.0521	0.0209	1.4645	0.0702
E57	1.0714	0.0237	1.5342	0.0817
E60	1.0705	0.0200	1.5592	0.0732
E63	1.0720	0.0244	1.5659	0.0845
E66	1.0486	0.0227	1.4863	0.0781
E69	1.0588	0.0272	1.5187	0.0934
E72	1.0396	0.0275	1.4542	0.0916
E75	1.0451	0.0373	1.4574	0.1308
E81	1.0678	0.0356	1.5272	0.1272
E82	0.9687	0.0400	1.1186	0.1392
E75A	1.0710	0.0359	1.5136	0.1343
E82A	0.9866	0.0462	1.1615	0.1528
U7	0.9776	0.0318	1.7633	0.1474
U8	0.9673	0.0316	1.7209	0.1459
U9	0.9276	0.0254	1.5095	0.1201
U12	0.9410	0.0271	1.5376	0.1326
U15	0.9905	0.0265	1.7693	0.1270
U18	1.0127	0.0280	1.9085	0.1343
U21	1.0302	0.0265	1.0156	0.1222
U24	1.0008	0.0246	0.8505	0.1142
U26	0.9657	0.0187	0.6400	0.0919
U29	1.0146	0.0242	0.9327	0.1122
U32	1.0208	0.0185	1.0263	0.0827
U35	1.0162	0.0277	0.9908	0.1263
U38	0.9629	0.0219	0.6593	0.0993
U41	1.0197	0.0277	0.9980	0.1277
U44	1.0293	0.0328	1.0976	0.1448
U47	1.0117	0.0326	0.9840	0.1466
U50	0.9581	0.0259	0.6928	0.1152
U53	0.9964	0.0216	0.9117	0.0949
U56	0.9988	0.0246	0.9258	0.1068
U59	0.9629	0.0183	0.6951	0.0822
U62	0.9716	0.0173	0.7545	0.0770
U65	0.9493	0.0201	0.6679	0.0876
U68	0.9826	0.0239	0.8498	0.1049
U71	1.0024	0.0311	1.0372	0.1325
U74	1.0030	0.0397	1.0460	0.1700
U78	1.0209	0.0346	1.1838	0.1418
U79	0.9591	0.0163	0.7020	0.0735
YP1	0.8264	0.0123	0.0525	0.0530
YP4	0.8239	0.0132	-0.2156	0.0678
YP7	0.9094	0.0144	0.2816	0.0656
YP10	0.9170	0.0115	0.1155	0.0639

Таблица 3. Окончание

Номер пробы	X		Y	
	значение	стандартное отклонение	значение	стандартное отклонение
YP13	0.9094	0.0179	0.3198	0.0895
YP16	0.9115	0.0119	0.1165	0.0705
YP19	0.7790	0.0265	-0.0375	0.1065
YP22	0.8888	0.0194	0.1179	0.1001
YP25	0.8521	0.0181	-0.0156	0.0943
YP28	0.8537	0.0183	0.0953	0.0807
YP31	0.9072	0.0157	0.2777	0.0765
YP34	0.8477	0.0173	-0.2261	0.1051
YP37	0.8538	0.0112	-0.1108	0.0593
YP40	0.8802	0.0155	0.1012	0.0812
YP43	0.8230	0.0175	-0.0546	0.0813
YP46	0.8701	0.0237	0.3352	0.0966
EP2	0.9792	0.0354	0.7446	0.1707
EP5	0.9383	0.0238	0.4313	0.1111
EP8	0.9739	0.0255	0.7639	0.1039
EP11	0.9677	0.0232	0.8123	0.0919
EP14	0.8814	0.0208	0.1593	0.0982
EP17	0.9684	0.0218	0.7704	0.0878
EP20	1.0030	0.0298	0.8342	0.1300
EP23	0.9671	0.0228	0.6061	0.1024
EP26	0.9526	0.0226	0.6606	0.0960
EP29	0.9389	0.0229	0.5301	0.1000
EP32	1.0040	0.0265	0.8190	0.1176
EP35	0.9714	0.0297	0.7475	0.1286
EP38	0.9608	0.0241	0.6069	0.1074
EP41	0.9215	0.0241	0.4969	0.1037
EP44	0.8304	0.0251	0.0292	0.1179
EP47	0.8850	0.0261	0.3165	0.1118
UP3	0.9669	0.0246	0.6563	0.1141
UP6	0.9891	0.0303	0.8089	0.1420
UP9	0.9600	0.0288	0.6436	0.1311
UP12	0.9464	0.0220	0.5004	0.1072
UP15	1.0211	0.0224	0.9701	0.1035
UP18	0.9496	0.0191	0.6096	0.0878
UP21	0.9867	0.0196	0.7693	0.0901
UP24	0.9656	0.0273	0.6476	0.1290
UP27	0.9646	0.0337	0.7696	0.1482
UP30	0.9747	0.0188	0.8065	0.0806
UP33	0.9924	0.0259	0.8150	0.1215
UP36	0.9184	0.0176	0.5197	0.0756
UP39	0.9722	0.0237	0.8517	0.0986
UP42	0.9645	0.0235	0.7411	0.1043
UP45	0.9352	0.0255	0.5213	0.1193
UP48	0.9343	0.0240	0.5276	0.1107



Параметры дзета-модели для размерно-морфологических групп фитоперифитона: а – 1992 г., б – 1993 г. 1 – Ярмарочный пруд, 2 – р. Элиста, 3 – Улан-Эргинский пруд.

На рисунке а видно также, что совокупности точек, соответствующих пробам, взятым из разных водоемов, практически не пересекаются в пространстве параметров (на плоскости диаграммы). Небольшое перекрытие 95%-ных доверительных эллипсов для Улан-Эргинского и Ярмарочного прудов связано с наличием единственной пробы из Ярмарочного пруда, характеризующейся гиперболическим распределением ( $\chi = 0.97 \pm 0.03$ ,  $\gamma = 0.88 \pm 0.14$ ). Отсюда следует, что по соотношению параметров рангового распределения можно с большой долей уверенности определить, из какого водоема взята та или иная проба. Кроме того, с учетом характера загрязнения исследованных водоемов можно высказать предположение, что неорганические загрязнения (как в Улан-Эргинском пруду), не вызывают принципиального изменения типа распределения, а лишь несколько снижают его “гиперболичность”. В то же время повышение содержания органических веществ (увеличение сапробности вод) может отразиться на превращение гиперболического распределе-

ния в экспоненциальное, как это наблюдается в пробах из Ярмарочного пруда.

Последнее предположение по-видимому справедливо и для проб, собранных в 1993 г. Диаграмма рассеяния параметров  $\chi$  и  $\gamma$  для этого года представлена на рисунке б. И здесь совокупности точек, соответствующих пробам из Улан-Эргинского и Ярмарочного прудов, практически не перекрываются и, так же как и в 1992 г., в первом из них ранговое распределение размерно-морфологических групп ближе к гиперболическому, а во втором – к экспоненциальному. Сохраняется и различие площадей 95%-ных эллипсов, характеризующее вариабельность параметров распределения (т.е. разнообразие форм кривых распределения): в Улан-Эргинском пруду это разнообразие значительно меньше, чем в Ярмарочном пруду.

Существенное отличие рисунка б от рисунка а связано с характером ранговых распределений в р. Элиста. Прежде всего бросается в глаза значительно большая изменчивость обоих параметров, так что площадь доверительного эллипса для их совокупности не только полностью “накрывает” эллипс для Улан-Эргинского пруда, но и заметно пересекается с эллипсом для Ярмарочного пруда. И хотя большинство точек этой совокупности все-таки ближе к области гиперболических распределений (значение параметра  $\gamma$  близко к 1), для нескольких проб из р. Элиста ранговые распределения имеют явно промежуточный вид. Среди гидрохимических показателей вод р. Элиста, которыми мы располагаем, нет таких, которые указывали бы на существенное изменение уровня загрязнения реки в 1993 г. по сравнению с предыдущим годом. Поэтому у нас нет и достаточных оснований для того, чтобы связать изменение характера распределения размерно-морфологических групп напрямую с каким-либо конкретным загрязнителем. Однако у нас нет сомнений, что состояние фитоперифитона в р. Элиста претерпело в 1993 г. значительно более серьезные изменения, чем в Ярмарочном и Улан-Эргинском прудах.

Это отражается и в составе доминирующих групп в каждом из исследованных водоемов. В этом легко убедиться, если подсчитать, как часто та или иная группа попадает в число доминантов в 1992 и 1993 гг. Для примера мы приводим табл. 4, где представлены относительные частоты попадания каждой группы в число шести наиболее обильных групп. Суммарная численность шести доминантов в каждой пробе составляла от 50 до 80%, а численность наиболее обильной группы менялась от 15 до 40% общей численности клеток в пробе.

Всего 5 размерно-морфологических групп входили в число шести доминантов во всех 3-х

Таблица 4. Частота встречаемости (%) размерно-морфологических групп микроводорослей в водоемах г. Элиста

Группа	р. Элиста		Улан-Эргинский пруд		Ярмарочный пруд	
	1992 г.	1993 г.	1992 г.	1993 г.	1992 г.	1993 г.
<i>SR</i>	100	100	85	88	100	88
<i>MR</i>	96	88	100	69	26	31
<i>LB</i>	36	62	100	94	45	44
<i>SL</i>	100	12	7	44	68	62
<i>MN</i>	60	69			61	62
<i>ML</i>			74	75	29	56
<i>LL</i>		19	95	94		
<i>MB</i>	76	44	15	12		6
<i>GB</i>	16	12			39	44
<i>LN</i>	4	31	22	25		
<i>SB</i>					29	31
<i>mr</i>	16	38			39	50
<i>sr</i>	96	100	100	100	81	56
<i>ln</i>		25			32	25
<i>lb</i>					32	31
<i>ll</i>					3	12
<i>sb</i>					10	
<i>sn</i>					6	
Общее число проб	25	16	27	16	31	16

водоемах, но при этом *SR*- и *sr*-группы доминировали практически постоянно, тогда как *MR*-группа, неизменно доминировавшая в пробах из р. Элиста и Улан-Эргинского пруда, гораздо реже встречалась среди доминантов в Ярмарочном пруду. Группа *LB* несомненно более типична для Улан-Эргинского пруда, а группа *SL* в 1992 г., наоборот, очень редко доминировала в этом водоеме (а в 1993 г. и в р. Элиста).

Для остальных групп можно отметить их определенное предпочтение или избегание какого-либо из 3-х водоемов. Группы *MN* и *GB* явно предпочитают р. Элиста и Ярмарочный пруд, а *ML*- и *LL*-группы – Улан-Эргинский пруд. В Ярмарочном пруду состав доминантов был вообще наиболее разнообразен. Это связано с доминированием (хотя и эпизодическим) ряда колониальных форм (*lb*, *ll*, *sb*, *sn*), не характерных для р. Элиста и Улан-Эргинского пруда. На этом фоне особенно заметно, что *LL*-группа, обычная в Улан-Эргинском пруду, и *LN*-группа, доминировавшая иногда и здесь и в р. Элиста, ни разу не попала в число доминантов в Ярмарочном пруду.

Степень межгодовой изменчивости группового состава фитоперифитона можно оценить по величине процентного сходства, рассчитанной по

данным табл. 4 по известной формуле индекса Чекановского-Серенсена (Песенко, 1982).

$$I_{CS} = 2 \sum \min(p_{ik}, p_{jk}) / \sum p_i + \sum p_j,$$

где  $p_{ik}$  и  $p_{jk}$  – относительная частота встречаемости  $k$ -й группы в  $i$ -ом и  $j$ -ом списке, а  $\sum p_i \neq 1$ . Наиболее стабилен состав размерно-морфологических групп в Улан-Эргинском пруду: сходство частот встречаемости составляет 93% ( $I_{CS} = 0.93$ ). В Ярмарочном пруду это сходство равно 89%, а в р. Элиста оно наименьшее – 78%.

Но наиболее резко межгодовые изменения проявляются в смене групп, занимающих 1-е место в ряду доминирования, т.е. наибольших по численности. В Улан-Эргинском пруду во всех без исключения пробах как в 1992, так и в 1993 г. это место занимает *sr*-группа, т.е. колониальные водоросли с мелкими шарообразными клетками. В Ярмарочном пруду в летний и осенний период (с июля по ноябрь) в эти же годы таким “главным доминантом” была *SR*-группа (одноклеточные водоросли с мелкими шарообразными клетками), которая лишь иногда уступала 1-е место *SL*- или *SB*-группе. В р. Элиста та же *SR*-группа в течение всего 1992 г. постоянно занимала 2-е место по

обилию с численностями, в 3–4 раза меньшими, чем “главный доминант” – *SL*-группа. В 1993 г. *SR*-группа здесь прочно заняла 1-е место, при том что в большинстве проб на 2-ом месте оказалась *MR*-группа, которая годом раньше ни разу не поднималась выше 3-го места.

Разумеется, между подобной сменой доминирования различных размерно-морфологических групп и формой их рангового распределения может и не быть прямой связи. Однако очевидно, что и тот и другой факт свидетельствуют о более существенном межгодовом изменении состояния фитоперифитона в р. Элиста по сравнению с двумя другими водоемами. Для нас в данном случае наиболее важно, что эти выводы получены на основе данных о численности выделенных нами размерно-морфологических групп, тогда как при традиционном подходе было необходимо провести гораздо более трудоемкое определение видовой принадлежности всех клеток водорослей, обнаруженных в пробах.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (грант № 95-04-11141а).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Левич А.П. Структура экологических сообществ. М.: Изд-во МГУ, 1980. 180 с.
- Максимов В.Н., Джабруева Л.В., Булгаков Н.Г., Терехин А.Т. Концепция выявления стрессовых состояний водных экосистем методом ранговых распределений и экологически допустимые уровни загрязняющих веществ для водоемов р. Элиста // Водные ресурсы. 1997. Т. 24. № 1. С. 79–85.
- Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 287 с.
- Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. Абакумова В.А. СПб: Гидрометеиздат, 1992. 318 с.
- Шкундина Ф.Б., Максимов В.Н. Анализ сезонных изменений и пространственного распределения фитопланктона на основе данных о его размерно-морфологическом составе // Биол. науки. 1987. № 1. С. 55–66.
- Шкундина Ф.Б. Фитопланктон рек СНГ. Уфа: Изд-во БашГУ, 1993. 219 с.

## Rank Distributions of Size-Morphological Groups of the Algae in Periphyton and Their Relationship to the Level of Water Body Pollution

V. N. Maksimov, N. G. Bulgakov, and L. V. Dzhabrueva

*Biological Faculty, Moscow State University, Vorob' evy Gory, Moscow, 119899 Russia*

Diagnostics of the ecological state of a body of water was based on rank distributions of the numbers of hydrobionts. The two-year data on abundance of the size-morphological groups of periphyton in the Elista river and two connected ponds (Kalmykia) were used. Analysis has shown differences in the parameters of rank distribution for the three above water bodies, thus suggesting a different intensity and pattern of their pollution. The described approach to estimation of the state of water bodies is less time-consuming than the traditional method of search for the parameters of rank distributions based on the data of numbers for each species.