

УДК 574.5 (28):581

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТАКСОНОМИЧЕСКОГО СОСТАВА АЛЬГОФЛОРЫ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

© 2018 Е.С. Кривина

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

Статья поступила в редакцию 04.04.2018

В данной статье проведен анализ таксономического состава альгофлоры планктона в августе 2012 г. 2 малых водотоков ерика Икрянка и ерика Кисин Астраханской области, характеризующихся различной степенью антропогенной нагрузки. В работе рассмотрены различия качественного состава в открытой пелагической зоне и зоне фитали этих водотоков, произведена оценка условий существования в водотоках на основании ряда флористических коэффициентов, произведен подробный эколого-географический анализ.

*Ключевые слова:* фитопланктон, флористический анализ, виды-индикаторы, сапробность.

Дельта Волги — самая большая речная дельта в Европе. Она начинается в месте отделения от русла Волги рукава Бузан (в 46 км севернее Астрахани) и насчитывает до 500 рукавов, протоков и мелких речек. Основные рукава — Бахтемир, Камызяк, Старая Волга, Болда, Бузан, Ахтуба, Кигач (из них судоходна Ахтуба). Они образуют системы более мелких водотоков (шириной до 30-40 м и расходом воды менее 50 куб. м/с), составляющих основу русловой сети.

В верхней части преобладают крупные водотоки. Количество мелких водотоков увеличиваются по направлению к морскому краю дельты. К мелким водотокам традиционно относят ерики, узкие протоки, соединяющие озёра, заливы, более крупные протоки и рукава рек между собой, а также с морем. Ерики бывают постоянные и временные (сухие старицы или ложбины). Они располагаются в поймах рек или между озёрами [1].

Изучение фитопланктона в зоне распространения ЗПИ Астраханской области проводилось с начала прошлого столетия. Первый список фитопланктона был опубликован М.Х. Сергеевой в 1914 году в трудах Астраханской ихтиологической лаборатории. Он состоял из 124 видов. Круглогодичные наблюдения за фитопланктоном низовий р. Волги, включая и ерик Хурдун, в разное время проводили М. Х. Сергеева (1909), А. Ф. Зиновьев (1937), К. В. Горбунов (1976, 1983) и др. До сих пор многие водоемы и водотоки, особенно малые, являются слабо исследованными или неисследованными. Однако изучение может представлять как научный, так и хозяйственный интерес, так как данную группу водных объектов можно рассматривать в качестве перспективной базы для создания рыбноводных хозяйств [2].

*Кривина Елена Сергеевна, младший научный сотрудник лаборатории экологии простейших и микроорганизмов. E-mail: pepelisa@yandex.ru*

### ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для данного исследования послужили альгологические пробы, отобранные в ходе ботанической экспедиции ИЭВБ РАН во второй половине августа 2012 года в ерике Икрянка и в ерике Кисин, протекающих на территории Астраханской области в зоне распространения западных подступных ильменей в дельте р. Волги.

Несмотря на близость Каспийского моря и обильное волжское половодье, данный район близок к полупустыням. Климат резко континентальный. Значителен недостаток атмосферных осадков (от 133,2 до 233,9 мм в год). Лето было продолжительным, жарким и сухим. Температура воды в исследуемый период в ерике держалась на уровне +25–29°C, достигая в отдельные дни +32°C.

Ерик Икрянка и ерик Кисин являются относительно некрупными водотоками длиной 8 и 5,5 км соответственно. Своё начало ерик Икрянка берет из р. Бахтемир и впадает в ерик Кирельтинский (рис. 1А). В водоток попадают сельскохозяйственные и коммунально-бытовые стоки со стороны из с. Икряное, также на его берегах осуществляется выпас скота. Ерик Кисин вытекает из ильменя Голга и впадает в оз. Кисин (рис. 1Б). Большая часть ерика Кисин заключена между двумя оживленными транспортными магистралями, кроме того туда поступают нефтепродукты от автозаправочной станции и хозяйственно-бытовые стоки с. Восточное и с. Джамбо. Отбор проб был проведен согласно общепринятой гидробиологической методике [3] в трех точках (СТ.1 – верхнее течение; СТ. 2 – среднее течение; СТ. 3 – нижнее течение) (рис. 1). Кроме изучения фитопланктона открытой части водоема были рассмотрены водоросли, развивающиеся в зоне фитали, т.е. в сообществах высших водных растений (нимфейник лиманский и стрелолист обыкновенный) [4].

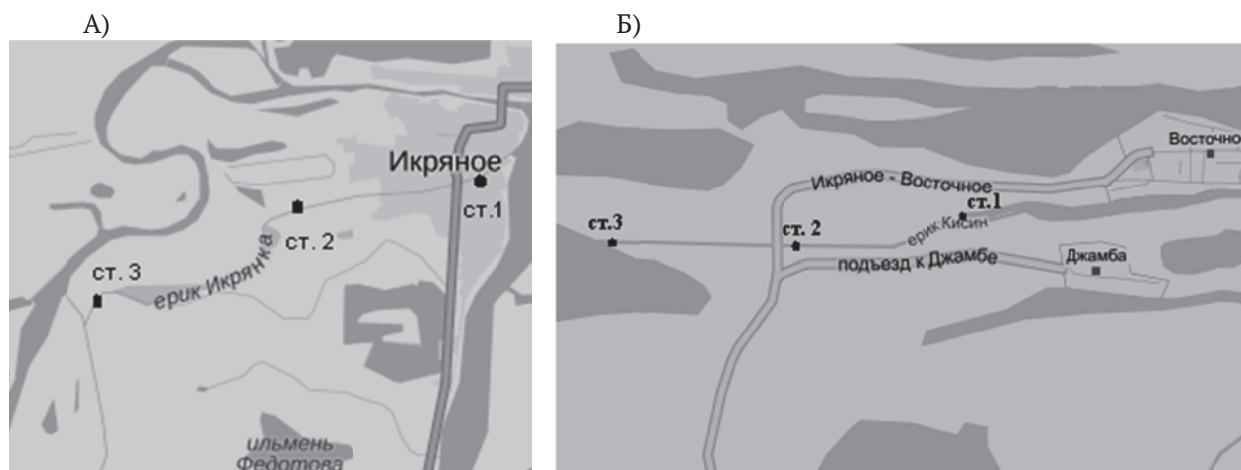


Рис. 1. Карта-схема отбора проб в изученных водотоках

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В составе альгофлоры планктона изучаемых малых водотоков было зарегистрировано 271 таксон водорослей рангом ниже рода (табл. 1). Они относились к 9 отделам, 15 классам, 21 порядку, 53 семействам и 109 родам. Наибольшим таксономическим богатством, как и большинстве водоемов Средней и Нижней Волги, в рассмотренных ериках характеризовался отдел зеленые водоросли, на долю которого приходилось 38% от общего числа видов, разновидностей и форм водорослей. Далее следовали диатомовые (24%) и синезеленые (цианопрокариоты) (18%) водоросли. Вклад представителей других отделов был существенно ниже и не превышал 10%: эвгленовые – (8%), динофитовые – 5%, стрептофитовые – 4%, желтозеленые – 3%, криптофитовые – 2%, золотистые – 1%.

При сравнении таксономического состава альгофлоры планктона рассматриваемых водотоков, можно сказать, что таксономическая значимость основных отделов водорослей, а также количество классов, порядков и семейств в составе альгофлор водотоков рознилось не-

значительно (табл. 2). Заметные различия в таксономической структуре стали проявляться на уровне родов и видов. Наибольшим богатством видовых и внутривидовых таксономических единиц характеризовался ерик Икрянка. В нем число таксонов водорослей рангом ниже рода было в 1,25 раза выше, чем в ерике Кисин, при этом, более высокие значения обилия видовых и внутривидовых таксонов отмечалось во всех отделах водорослей.

Так, в ерике Икрянка число видов, разновидностей и форм желто-зеленых водорослей в 2 раза, чем в ерике Кисин. Желто-зеленые водоросли традиционно считаются обитателями водоемов с чистой стоячей водой, с кислой реакцией среды [5]. Однако, в данном случае более активно они развивались в водоеме, подвергающемся интенсивной аграрно-культурной нагрузке: Хочется отметить, что подобная ситуация отмечалась также при изучении водоемов Красноярского района Самарской области, где высокое видовое богатство желто-зеленых водорослей отмечалось в водоемах с высоким уровнем сельскохозяйственной нагрузки [6].

Таблица 1. Общий таксономический состав альгофлоры планктона малых ериков

Отдел	Число				Число таксонов		
	классов	порядков	семейств	родов	видовых	внутри-видовых	Всего
Cyanophyta	2	3	8	22	44	4	48
Chryzophyta	1	1	1	1	3	0	3
Bacillariophyta	2	5	16	21	58	5	63
Xanthophyta	2	2	4	4	7	0	7
Cryptophyta	1	1	1	2	4	0	4
Dinophyta	1	1	2	4	13	0	13
Euglenophyta	1	1	1	4	19	3	22
Chlorophyta	4	6	18	48	94	6	100
Streptophyta	1	1	2	3	10	1	11
<b>Итого</b>	15	21	53	109	252	19	271

**Таблица 2.** Таксономический состав альгофлоры планктона ерика Кисин и ерика Икрянка

Отдел	ерик Кисин			ерик Икрянка		
	Пелагиаль	Макрофиты	Всего	Пелагиаль	Макрофиты	Всего
Cyanophyta	20	31	34	29	34	43
Chryzophyta	0	0	0	1	2	3
Bacillariophyta	31	42	47	44	49	53
Xanthophyta	0	3	3	4	6	6
Cryptophyta	2	1	3	1	0	1
Dinophyta	8	7	9	7	11	13
Euglenophyta	8	10	10	10	14	16
Chlorophyta	64	67	72	72	88	94
Streptophyta	4	6	7	3	5	6
<b>Итого</b>	<b>137</b>	<b>167</b>	<b>185</b>	<b>171</b>	<b>209</b>	<b>235</b>

Также в ерике Икрянка число видовых и внутривидовых таксонов эвгленовых водорослей было в 1,6 раз выше, чем в ерике Кисин. Эвглениды предпочитают мелководные, хорошо прогреваемые участки водоемов с высоким содержанием органического вещества и биогенных элементов, так как по типу питания – это миксотрофные организмы, совмещающие автотрофный, осмотрофный и голозойный типы питания [7].

Хотя динофитовые водоросли традиционно считаются обитателя чистых вод, некоторые виды принимают активное участие в процессах самоочищения вод, загрязненных промышленными и бытовыми стоками (представители родов *Ceratium*, *Peridiniopsis*, *Peridinium*). Обладая способностью к гетеротрофному росту, они способны развиваться в массе в условиях высокого содержания доступного органического вещества [7–13]. В ерик Икрянка активно поступают коммунально-бытовые и сельско-хозяйственные стоки, с одной стороны, а с другой, в отличие от ерика Кисин, на него не столь сильно влияют транспортные коммуникации и АЗС. Все это, вероятно, создает более благоприятные условия для развития миксотрофных организмов в ерике Икрянка, и число видов, разновидностей и форм динофитовых водорослей в данном водотоке в 1,4 раза выше.

Также более высоким числом видов, разновидностей и форм водорослей отличался в этом водоеме и отдел зеленых водорослей, в основном за счет значительного разнообразия хлорококковых. Представители данного порядка широко распространены и встречаются в водоемах и водотоках различных типов. Наиболее благоприятны для вегетации хлорококковых водорослей водотоки и водоемы, богатые биогенными веществами со слабопроточной или стоячей водой. В первую очередь, это пруды, особенно рыболовные. Высокое видовое богатство хлорококковых

водорослей отмечается в водоемах и водотоках эвфтрофного и гипертрофного типов [5,7,13]. В ерике Икрянка, близ которого происходит выпас скота и лошадей, число видовых и внутривидовых таксонов хлорококковых водорослей (69) в 1,8 выше, чем в ерике Кисин (38). Также в этом водоеме большее видовое богатство сине-зеленых водорослей (цианопрокариот) в 1,3 р, в основном за счет большей представленности видов так называемого «осцилляториевого» комплекса.

Золотистые водоросли также обычно обитают в чистой воде, и лишь немногие встречаются в водоемах, загрязненных органическими веществами [5]. Во время исследования в ерике Икрянка было зарегистрировано 3 представителя этого отдела, тогда как в ерике Кисин они встречены вовсе не были. Уровень таксономических единиц рангом ниже рода среди диатомовых и стрептофитовых водорослей в исследованных водотоках рознился незначительно. В ерике Кисин было зарегистрировано в 3 раза больше видовых и внутривидовых таксонов криптофитовых водорослей, которые способны к миксотрофному питанию [5].

Сравнительный анализ видового состава альгофлоры планктона открытой пелагической зоны и зоны фитали показал, что в зоне высшей водной растительности видовое богатство фитопланктона было выше в 1,2 раза. Возможно, это связано с тем, что в зарослях макрофитов содержание органического вещества и биогенов несколько выше. Метаболиты растений, а также отмершая органика задерживаются в макрофитных сообществах, что способствует созданию в водоемах и водотоках отдельных зон, с повышенным содержанием органического вещества (в зоне фитали). Видовое богатство таких зон может также увеличиваться за счет перефитонных водорослей.

Анализ видового сходства по Серенсену показал, уровень общности альгофлор был значите-

лен (56%). При анализе степени видового сходства альгофлор различных экотопов исследуемых водотоков, было установлено, что в ерике Икрянка, подвергающемся более интенсивной аграрно-культурной нагрузке, и как следствие в большей степени обогащенном биогенами, уровень сходства между альгоценозами различных биотопов был несколько выше, чем в ерике Кисин (табл. 3).

Сравнительный анализ качественного состава водорослей, развивающихся в различных экотопах озер, показал, что в обоих водоемах максимальное число таксонов водорослей рангом ниже рода регистрировалось в сообществе стрелолиста (154 и 193 видов, разновидностей и форм водорослей в ерике Кисин и ерике Икрянка соответственно), минимальное – в открытой пелагической зоне (137 таксонов рангом ниже рода в ерике Кисин и 171 таксон рангом ниже рода в ерике Икрянка).

Применение флористических коэффициентов [14,15] при изучении возможностей таксономического анализа альгофлоры как индикатора условий существования, выявило невысокий уровень родовой насыщенности, числа внутривидовых таксонов, приходящихся на один вид и др. Также отмечалась незначительная насыщенность внутривидовыми таксонами. Вышеперечисленные особенности указывают на жесткие условия существования в экосистеме, которые формировались под влиянием интенсивного антропогенного воздействия на экосистему [11–13].

Сравнительный анализ эколого-географических характеристик водотоков и альгоценозов различных экотопов в них (рис. 2) показал, что в зависимости от типичных мест обитания во всех водотоках и экотопах преобладали планктонные организмы.

В зоне фитали доля литоральных, планктонно-бентосных и бентосных форм была несколько выше, чем в открытой пелагической зоне. В открытой части водоема доля бентосных организмов также увеличивалась по мере продвижения от истока к устью ериков. В зависимости от распространения во всех экотопах преобладали виды-космополиты. По отношению к солености воды преобладали индифферентные формы, в зарослях макрофитов в каждом из водотоков отмечалось некоторое увеличение галофильных форм. По отношению к pH среды также преобладали обитатели щелочных вод (алкалифилов и алкалибионтов), также значительной была доля видов-индифферентов.

Виды-индикаторы различной степени органического загрязнения составляют 65 % от общего количества зарегистрированных видов, разновидностей и форм (рис. 3). Основная часть (42 % водорослей-сапробионтов) – это виды-индикаторы низкой степени органического загрязнения (от  $\chi$  до  $\alpha$ -мезосапробной зон). Виды-индикаторы средней степени органического загрязнения ( $\beta$ -мезосапробы) составляют 41 %, высокой степени содержания органических веществ (от  $\beta$ - $\alpha$  до  $\alpha$ -сапробной зон) – 17 % от общего числа водорослей-сапробионтов. Наибольшее количество видов-индикаторов высокого органического загрязнения было зафиксировано в зарослях высшей водной растительности.

## ВЫВОДЫ

Видовой состав фитопланктона исследуемых малых водотоков был достаточно богат. В процессе исследования было зарегистрировано 271

**Таблица 3.** Коэффициент видового сходства по Серенсену ( $K_s$ )

<b>Ерик Икрянка</b>			
Экотоп	Открытая зона	Нимфейник	Стрелолист
Открытая зона	100	60	68
Нимфейник	63	100	73
Стрелолист	67	73	100
<b>Ерик Кисин</b>			
Экотоп	Открытая зона	Нимфейник	Стрелолист
Открытая зона	100	54	61
Нимфейник	58	100	69
Стрелолист	61	69	100

**Таблица 4.** Некоторые флористические коэффициенты альгофлоры рассмотренных водотоков

Водоток	Отношение			
	Число семейств/ число порядков	число родов/ число семейств	число видов/ число родов	число видов/число внутривидовых таксонов
ерик Икрянка	2,11	2,29	2,7	14,3
ерик Кисин	2,27	2,2	2,8	12,4

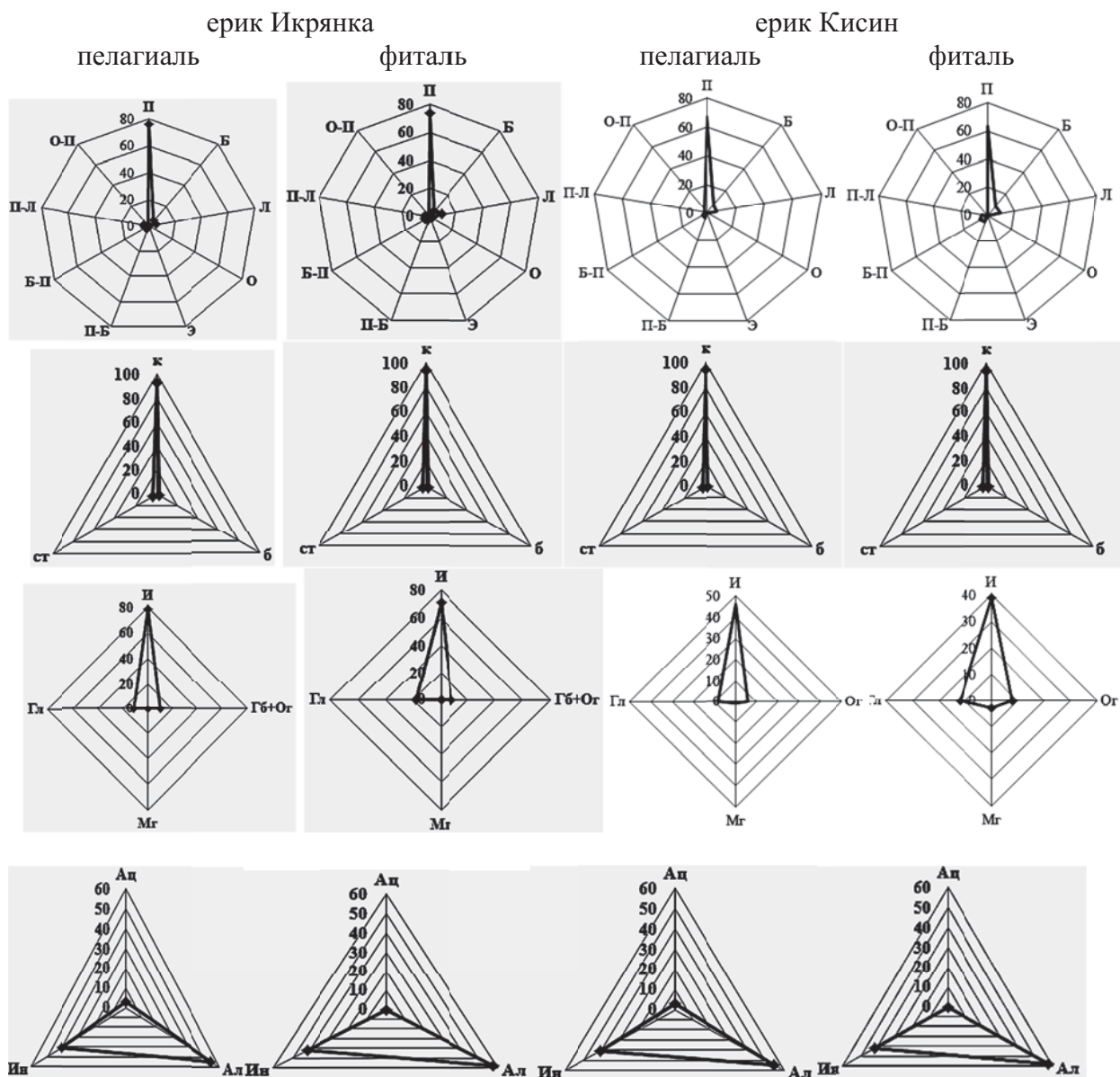


Рис. 2. Эколого-географическая характеристика альгофлоры планктона исследуемых водотоков

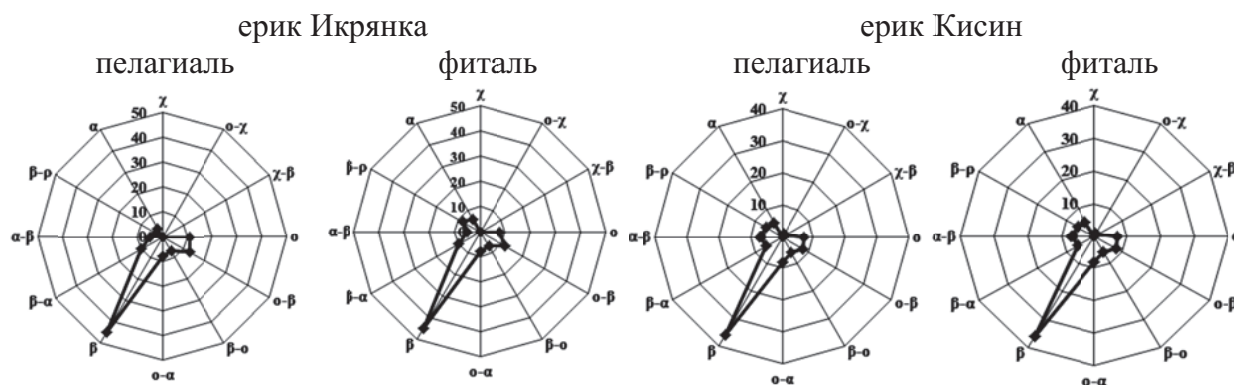
Обозначения: П – планктонный, Л – литоральный, О – обрастатель, Э – эпибионт, П-Б – планктонно-бентосный, к – космополит, б – бореальный, ст – субтропический, И – индифферент, Ог – олигогалоф, Мг – мезогалоф, Гл – галофил, Гб – галофоб, Ал – алкалифил + алкалибионт, Ин – индифферент, Ац – ацидофил+ацидобионт.

таксон водорослей рангом ниже рода. Они относились к 9 отделам, 15 классам, 21 порядку, 53 семействам и 109 родам. Наибольшее число видов разновидностей и форм водорослей было зарегистрировано в ерике Ибрянка, который испытывал интенсивную аграрно-культурную нагрузку.

В каждом из исследуемых водоемов видовое богатство водорослей в зоне фитали было выше, чем в открытой пелагической части, что может быть вызвано большим содержанием органического вещества и биогенных элементов в зарослях высшей водной растительности. Больше всего видов, разновидностей и форм водорослей в каждом из водотоков было зарегистрировано в зоне фитали стрелолиста, меньше всего – в открытой пелагической зоне.

Применение некоторых флористических коэффициентов при изучении возможностей таксономического анализа альгофлоры как индикатора условий существования, выявило невысокий уровень родовой насыщенности, числа внутривидовых таксонов, приходящихся на один вид и др., а также незначительную насыщенность внутривидовыми таксонами, что свидетельствует о жестких условиях в исследованных водотоках.

В эколого-географическом отношении зарегистрированные водоросли представлены преимущественно планктонными формами, видами космополитами, предпочитающими щелочные воды. В зоне фитали отмечается увеличение доли литоральных, планктонно-бентосных и бентосных форм водорослей.



**Рис. 3.** Виды-индикаторы различной степени органического загрязнения

Обозначения:  $\chi$  – ксеносапроб,  $o-\chi$  – олиго-ксеносапроб,  $\chi-\beta$  – ксено- $\beta$ -сапроб,  $o$  – олигосапроб,  $o-\beta$  – олиго- $\beta$ -мезосапроб,  $\beta-o$  –  $\beta$ -олиго-мезосапроб,  $o-\alpha$  – олиго- $\alpha$ -мезосапроб,  $\beta$  –  $\beta$ -мезосапроб,  $\beta-\alpha$  –  $\beta-\alpha$ -мезосапроб,  $\alpha-\beta$  –  $\alpha-\beta$ -мезосапроб,  $\beta-\rho$  –  $\beta$ -мезо-полисапроб,  $\alpha$  –  $\alpha$ -мезосапроб

Среди видов-индикаторов различной степени органического загрязнения преобладали организмы-показатели низкой степени органического загрязнения. В зоне фитали в каждом из водотоков отмечалось некоторое увеличение доли водорослей-показатель высокой степени органического загрязнения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мильков Ф.Н. Словарь-справочник по физической географии. М.: Мысль, 1970. 343 с.
2. Сокольский А.Ф. Биопродуктивность малых озер. Астрахань: 1995. 256 с.
3. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М., 1975. 240 с.
4. Чертопруд М.В. Разнообразие водных систем: учеб. пособие. М.: Изд. МГУ, 2007. 64 с.
5. Водоросли. Справочник / С.П. Вассер, Н.В. Кондратьева, Н.П. Масюк и др. Киев: Наукова думка, 1989. 605 с.
6. Тарасова Н.Г., Буркова Т.Н., Трохимец О.О. Сравнительная характеристика таксономического состава альгофлоры озер, с различной степенью антропогенной нагрузки (село Бинарадка, Красноярский район, Самарская область) // Изв. Самар. НЦ РАН. 2010. Т. 12 № 1(3). С. 816-821.
7. Балашова Н.В., Никитин Н.В. Природа Ленинградской области: Водоросли. Л.: Лениздат, 1989. 92 с.
8. Буркова Т.Н. Фитопланктон Верхнего Южного пруда: таксономический состав и эколого-географическая характеристика // Бюллетень Самарская Лука. 2007. Т. 16. № 4(22). С. 719-736.
9. Кривина Е.С. Таксономическая структура фитопланктона техногенного водоема (на примере оз. Отстойник, г. Тольятти, Самарская область) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2016а. Т. 25. № 2. С. 161-171.
10. Кривина Е.С., Тарасова Н.Г. Изменения таксономической структуры альгофлоры техногенного водоема более чем за 20-летний период // Актуальные проблемы экологии и охраны окружающей среды. Материалы XIII Международной научно-практической конференции «Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики»: В 5 томах. В авторской редакции. 2016б. С. 71-77.
11. Старцева Н.А., Охалкин А.Г. Состав и структура фитопланктона некоторых пойменных озер культурного ландшафта (на примере г. Нижнего Новгорода) // Биология внутренних вод. 2003. № 4. С. 35-42.
12. Охалкин А.Г. Структура и сукцессия фитопланктона при зарегулировании речного стока (на примере р. Волги и её притоков): Автореф. дис...д-ра биол. наук. СПб., 1997. 48 с.
13. Трифонова И.С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л.: Наука, 1990. 183 с.
14. Шмидт В.М. Статистические методы в сравнительной флористике. Л.: Наука, 1980. 176 с.
15. Шмидт В.М. Математические методы в ботанике. Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. 288 с.

#### COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF PHYTOPLANKTON TAXONOMIC COMPOUND IN LAKES WITH VARIOUS DEGREE OF ANтропоГЕНIC SMALL RIVERS

© 2018 E.S. Krivina

Institute of Ecology of the Volga River Basin, Russian Academy of Sciences, Togliatti

In this article, the taxonomic analysis of the phytoplankton in two small rivers Ikranka and Kisin in august of 2012 year (Astrahan region). Also in this work we presented the results of difference of floristic analysis between pelagic and fital zone and the ecological and geographical characteristics of phytoplankton in the studied reservoir.

**Keywords:** phytoplankton, floristic analysis, indicator species, suprobity

Elena Krivina, Associate Research Fellow of the Laboratory of Ecology of Protozoa and Microorganisms.  
E-mail: pepelisa@yandex.ru