

УДК 581.582.26

doi: 10.26907/2542-064X.2020.3.413-429

СОСТАВ И СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ ФИТОПЛАНКТОНА РЕКИ САМАРЫ (БАССЕЙН САРАТОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)

О.Г. Горохова

*Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти, 445003, Россия*

Аннотация

В статье дана характеристика сообществ фитопланктона реки Самары на основе количественных данных и показателей видового разнообразия. В альгофлоре планктона идентифицировано 160 видов и внутривидовых таксонов водорослей из 8 отделов с преобладанием *Chlorophyta* (46%) и *Bacillariophyta* (25%). Степень общности видового состава на разных участках реки изменяется от 15% в верхнем течении до 59% в экотонной зоне смешения с водами Саратовского водохранилища. Величины численности и биомассы фитопланктона, при заметной флуктуации, возрастают от истока к устью. Продольную динамику численности определяют *Chlorophyta*, остальные группы водорослей доминируют локально. По биомассе доминируют диатомовые, зеленые водоросли и крупноклеточные фитофлагелляты. Анализ изменения состава массовых видов позволил выявить преобразования альгоценозов в условиях зарегулирования водотока, впадения притоков, антропогенного эвтрофирования, влияния подпора в устьевом участке.

Ключевые слова: фитопланктон, альгоценозы, река Самара, Саратовское водохранилище, волжский бассейн

Введение

Малые и средние реки формируют основу гидрографической сети, в связи с чем их гидробиологическое исследование отвечает целому ряду актуальных практических задач: комплексной оценке экологического состояния водотоков, прогнозу формирования качества вод, а также планированию и осуществлению водоохранных мероприятий. Экологическое состояние водотоков оценивают по показателям структуры сообществ гидробионтов, закономерно изменяющихся вдоль градиентов различных факторов. Для получения наиболее полной и объективной информации следует учитывать состояние автотрофного компонента биоты (фитопланктона, фитобентоса). Количественные характеристики альгоценозов (число видов, численность, биомасса), показатели их структуры (разнообразие, выравненность, степень доминирования), наличие индикаторных видов дают возможность оценить специфику влияния на водоросли основных факторов среды при различном сочетании целого ряда условий и ресурсов [1, 2]. Так, для равнинных рек умеренного пояса многими исследователями показано, что в условиях, не лимитированных биогенами, развитие фитопланктона зависит

от особенностей гидрологического режима водотока, особенностей формирования стока, в том числе освоенности водосбора. Факторами, структурирующими сообщества планктонных водорослей и определяющими их количественное развитие, являются динамика водных масс, освещенность, а также зарегулирование и биотопическая неоднородность [1–4].

Результаты наших предыдущих исследований фитопланктона р. Усы с притоками (бассейн Куйбышевского водохранилища) согласуются с тем, что различия экологических условий по длине водотока обуславливают значительную динамику таксономической и количественной структуры, о чем свидетельствуют низкая частота встречаемости видов, слабая флористическая общность и индивидуальность состава доминирующих видов в альгоценозах [5]. При гетерогенности распределения наблюдается увеличение видового разнообразия, численности, биомассы и концентрации хлорофилла «а» от истока к устью; выражен экотонный эффект в нижнем течении рек в зоне подпора. Наши исследования также демонстрируют, что таксономический состав, распределение и структурные характеристики альгоценозов в отсутствие биогенного лимитирования зависят от гидрологических факторов и биотопической неоднородности естественного и антропогенного генезиса [5].

Цель настоящего исследования – характеристика сообществ летнего фитопланктона р. Самары по таксономическим и структурным показателям.

Материалы и методы

Характеристика района исследований. Река Самара – крупный левобережный приток р. Волги – протекает по территории Оренбургской и Самарской обл. на границе районов Высокого и Сыртового Заволжья. Она берет начало на северных отрогах Общего Сырта в Переволоцком р-не Оренбургской обл. и впадает в Саратовское водохранилище у г. Самары. Долина реки пойменная, русло слабоизвилистое, склоны сложены супесчаными и суглинистыми почвами, прилегающая местность – волнистая открытая равнина [6]. Протяженность реки составляет 594 км, площадь водосборного бассейна – 46500 км²; среднегодовой расход воды в среднем течении около 50 м³/с. На участке подпора водами Саратовского водохранилища (до устья р. Б. Кинель) река судоходна; у г. Сорочинск сток зарегулирован Сорочинским водохранилищем. Наиболее крупными притоками р. Самары являются: Большой Кинель, Большой и Малый Уран, Ток, Бузулук, Боровка. Питание реки и ее притоков смешанное: грунтовое и атмосферные осадки. Воды р. Самары относятся к гидрокарбонатному классу кальциевой группы, в зимний период возрастает содержание сульфатов [6, 7]. По данным наблюдений ФГБУ «Приволжское УГМС» за 2015 г. по качеству вод р. Самары характеризуется в основном как «очень загрязненная» (класс III разряд б), а в черте г. Самары нередко как «грязная» (класс IV разряд а). Наиболее характерные загрязняющие вещества – сульфаты, трудноокисляемые органические вещества (по ХПК), азот нитритный, соединения меди и марганца. В 2015 г. на разных участках р. Самары среднегодовое содержание азота нитритного, сульфатов и трудноокисляемых органических веществ находилось в пределах 1.6–1.8 ПДК, а их максимальные концентрации составляли 9.3; 2,2–2.9 и 2.8–4.1 ПДК соответственно. Уровень загрязнения вод реки соединениями марганца за аналогичный

период 6.1 ПДК, меди – 1.9 ПДК. Максимальные концентрации обоих веществ достигали 33.7 ПДК и 8.0 ПДК соответственно [7, 8]. Значительное влияние на качество воды в р. Самаре оказывают сбросы хозяйственно-бытовых стоков. На уровень загрязнения вод влияют притоки рек Бузулук, Ток и Б. Кинель, несущие повышенные концентрации загрязняющих веществ с водосборных площадей [7, 9]. Кроме того, бассейн р. Самары в пределах Оренбургской обл. характеризуется высокими техногенными нагрузками, что связано с работой крупных предприятий городов Бузулук, Сорочинск, Новосергиевка, Тоцкое (металлургическое и химическое производство, машиностроение), а также разработкой нефтегазовых месторождений [9, 10]. Водосборный бассейн реки в пределах Самарской обл. находится под влиянием промышленных предприятий, а также сельскохозяйственных комплексов, поставляющих биогенные компоненты (соединения фосфора, азота), что способствует эвтрофикации вод.

Особая важность изучения экологического состояния р. Самары объясняется тем, что ее устье является памятником природы регионального значения, объект охраны которого – комплекс природных сообществ, типичных для данной части Приволжской возвышенности, а также место обитания и произрастания видов животных и растений, занесенных в Красную книгу Российской Федерации и Самарской области [11].

Сбор, обработка и анализ проб фитопланктона. Пробы воды для определения показателей фитопланктона отбирали в июле 2015 г. на 13 станциях (рис. 1), одновременно проводилось измерение основных гидролого-химических показателей. Во время сбора проб температура воды в реке соответствовала максимальному прогреву: от 14 °С в истоке до 23.5 °С в нижнем течении. Прозрачность воды в верхнем течении реки, при глубинах 0.2–0.5 м была до дна, а в среднем и нижнем течениях составляла 0.4–1.2 м. В период летней межени скорость течения воды в реке – 0.01–0.45 м/с. Величина показателя активной реакции среды (рН) менялась незначительно: 8.2–8.5. Показатели минерализации воды варьировали в следующих пределах: в верхнем течении реки до г. Сорочинск (рис. 1) минерализация составляла 380–440 мг/л; от п. Тоцкое до г. Бузулук – 540–560 мг/л, что связано с повышенной минерализацией воды притоков на этом участке (р. Бузулук); на участке от г. Бузулук до п. Бобровка – 480–540 мг/л; от п. Кинель до устья – до 856 мг/л с увеличением показателей в месте впадения крупного притока – р. Б. Кинель, воды которой имеют повышенную минерализацию (до 1000 мг/л). Методика сбора и обработки проб фитопланктона соответствовала принятой в стандартных альгологических исследованиях [12]. Пробы объемом 0.5 л отбирали в слое воды 0–0.5 м, фиксировали 40%-ным раствором формальдегида с добавлением раствора Люголя, после чего концентрировали фильтрацией через мембранные фильтры. Определение и подсчет водорослей проведены в камере типа «Учинская», объемом 0.01 мл, с использованием микроскопа Leica DM 4000B (Германия); счетной единицей являлась клетка. Биомасса вычислена счетно-объемным способом. Диатомовые водоросли определяли в постоянных препаратах. К доминантам и субдоминантам отнесены виды, формирующие соответственно 5–10% и более от суммарной численности или биомассы фитопланктона. Структура альгоценозов была оценена по следующим показателям: удельное видовое богатство (число видов в пробе), численность (млн кл./л),

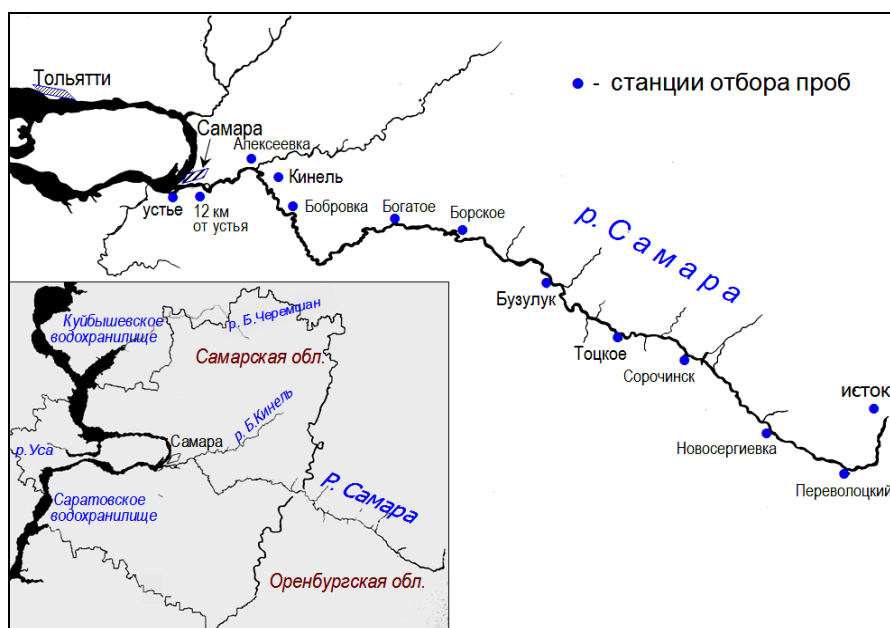


Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб на р. Самаре. Масштаб 1:2 500 000

биомасса (мг/л), видовое разнообразие (по индексу Шеннона), выравненность обилия видов (по индексу Пиелу), частота встречаемости видов (по количеству проб, в которых вид отмечен в процентном соотношении от общего числа проб). Ранее был проведен расчет индексов и оценка сапробности вод р. Самары по показателям фитопланктона [13]. Таксономическое сходство локальных альгофлор оценивали сравнением полных списков их видов с помощью коэффициента Серенсена; по его величинам проведена кластеризация данных и построена дендрограмма методом Варда в программе Statistica. Для оценки связи показателей фитопланктона применен коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

Результаты и их обсуждение

Таксономическая структура альгофлоры планктона. Всего в летнем фитопланктоне р. Самары нами идентифицировано 160 видов и внутривидовых таксонов водорослей из следующих 8 отделов: *Cyanoprokaryota* (*Cyanophyta*) – 12, *Bacillariophyta* – 40, *Chrysophyta* – 6; *Xanthophyta* – 2, *Cryptophyta* – 5, *Dinophyta* – 6, *Euglenophyta* – 15, *Chlorophyta* – 74. В альгофлоре преобладают зеленые водоросли – 46% от общего числа видов (на отдельных станциях их доля составляет от 17% до 79%), диатомовые на втором месте (25%). Таким образом, представители этих двух отделов формируют основу видового богатства более чем на 70% (рис. 2). Доля представителей *Euglenophyta* и *Cyanoprokaryota* – 9% и 8% соответственно. Прочие отделы представлены небольшим числом видов.

По данным более ранних исследований [14], основу альгофлоры р. Самары в близких соотношениях также формировали *Chlorophyta*, *Bacillariophyta*, *Euglenophyta* и *Cyanoprokaryota*.

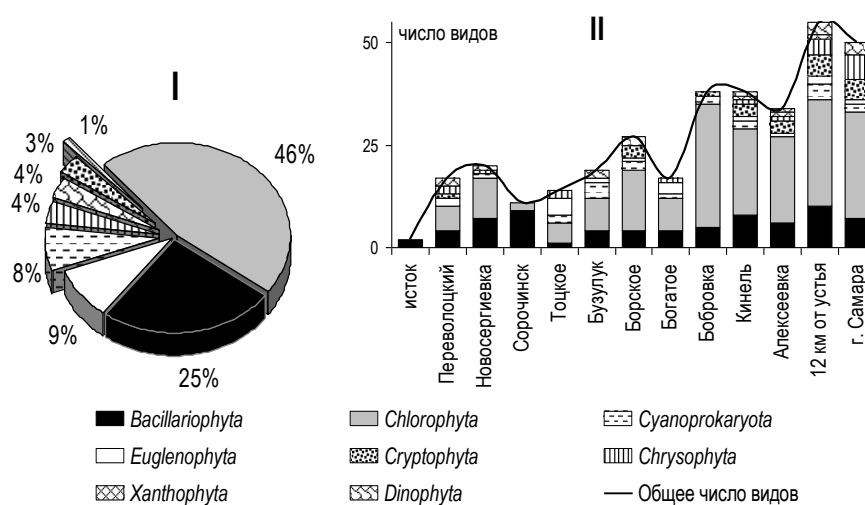


Рис. 2. Состав отделов водорослей в альгофлоре планктона р. Самары (I) и изменение распределения числа видов по отделам по длине реки (II)

Табл. 1

Доля (%) отделов *Bacillariophyta* и *Chlorophyta* в альгофлоре планктона некоторых малых и средних рек

Река	Длина, км	Площадь бассейна, км ²	Доля отделов в альгофлоре, %	
			<i>Bacillariophyta</i>	<i>Chlorophyta</i>
Самара	594	46000	25	46
Б. Черемшан	336	11500	37	41
Уса	76	2240	49	32
Теренгулька*	54	804	44	41
Тишерек*	38	495	56	26
Муранка*	18	84	43	32

* Притоки р. Усы.

Для крупных и средних эвтрофированных рек бассейна Средней Волги характерно преобладание в альгофлоре зеленых и диатомовых водорослей с заметным участием эвгленовых и цианопрокариот, в то время как для малых водотоков на первом месте в формировании состава стоят диатомовые водоросли, зеленые водоросли менее разнообразны и доля цианопрокариот незначительна [1, 15, 16]. Данные наших исследований [5, 17] согласуются с этим утверждением – наиболее высока доля зеленых водорослей в альгофлоре р. Самары (табл. 1).

Продольные изменения видового богатства фитопланктона выражаются в увеличении общего числа видов (рис. 2) прежде всего за счет зеленых водорослей ($R = 0.93$; $p < 0.0025$). Большое разнообразие представителей этого отдела связано с эвтрофирующим эффектом и гидрологическими особенностями (развитие пойменных водоемов, снижение проточности на участке подпора), наблюдается у некоторых населенных пунктов (Новосергиевка, Борское, Бобровка), а также в нижнем течении реки от п. Кинель до устья (рис. 2). Перечисленные выше условия в особенности благоприятны для зеленых водорослей порядка *Chlorococcales*, которые в планктоценозах р. Самары представлены наиболее разнообразно (до 85–95% от общего числа видов зеленых водорослей). В целом доля

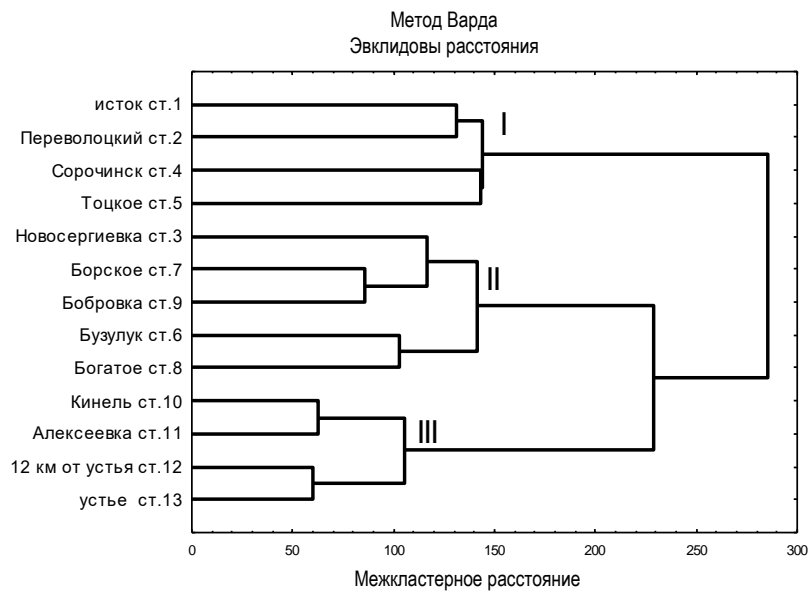


Рис. 3. Дендрограмма сходства локальных альгофлор на разных участках р. Самары

Chlorophyta в структуре альгофлоры составляет от 43% до 47% в таких таксономических категориях, как порядки, семейства и роды. Что касается других систематических групп, то отмечено некоторое увеличение числа видов криптофитовых водорослей в нижнем течении (рис. 2), что можно рассматривать как показатель органического загрязнения вод на этом участке.

Сравнение видового состава водорослей на разных участках р. Самары выявило специфичность локальных альгофлор. Невысокая степень флористической общности видна из дендрограммы (рис. 3), построенной при кластеризации данных на основе сравнительного анализа. К факторам формирования различий относятся: естественные морфологические и гидрологические особенности реки и ее притоков, создающие биотопическую неоднородность, а также антропогенное влияние на речной сток и водосбор (зарегулирование, эвтрофирование, загрязнение), приводящее к разнообразию экологических условий.

Для станций верхнего течения (кластер I) степень сходства альгофлор минимальна (до 15%). Специфичность видового состава обусловлена здесь отсутствием истинно планктонных видов и случайным набором поступающих в водоток форм бентоса и обрастаний (исток, п. Переволоцкий), или, к примеру, выносом планктона из зарегулированного участка (Сорочинское водохранилище), малой видовой насыщенностью на фоне монодоминирования и «цветения» воды (п. Тоцкое). В кластере II отмечены невысокие значения меры сходства (не более 38%), что связано с привнесением альгофлоры из притоков и пойменных водоемов, которое усиливает разницу таксономического состава по длине р. Самары: на участке от п. Новосергиевка до п. Борское (рис. 1) она принимает воды рек Кувай, Ток, Бузулук, Большой и Малый Уран, Боровка, а также небольших (менее 100 км) водотоков – Погромка, Сорока, Елшанка, Ветлянка, Уранчик, Платавка и др. Наибольшее сходство (до 59%) наблюдается у флоры водорослей нижнего течения реки от г. Кинель до устья у г. Самары (кластер III), что

отражает, вероятно, сравнительную однородность гидролого-гидрохимических параметров на участке подпора. Особенностью этой переходной зоны смешения вод р. Самары и Саратовского водохранилища является экотонный эффект. Так, в составе планктона наблюдается наличие видов альгофлоры вышележащих участков реки (в основном зеленых водорослей) и видов, характерных для водохранилища: центральных диатомовых родов *Stephanodiscus*, *Cyclotella* и цианопрокариот, вызывающих «цветение» воды волжских водохранилищ.

Эколого-географическая характеристика альгофлоры планктона. Анализ видового состава по географической приуроченности и наличию индикаторов условий среды выявил преобладание широко распространенных (95%) планктонных (71%) форм водорослей. Большинство этих видов – обитатели пресных вод (94%). Однако по мере увеличения минерализации воды от истока к устью, отмечен рост показателей видового разнообразия и в особенности численности галофилов ($R = 0.62$; $p < 0.05$). По отношению к активной реакции воды преобладают индифференты (62%) и алкалофилы (36%), предпочитающие нейтрально-слабощелочные воды. Результаты оценки сапробности вод р. Самары по индикаторным видам были опубликованы ранее [13]. Величина индекса сапробности изменялась по длине реки от 1.64 до 2.40, что соответствует β -мезосапробной зоне самоочищения, классу чистоты III («умеренно загрязненные воды»).

Количественные характеристики фитопланктона. Величины численности и биомассы, при заметной флуктуации, в целом возрастали от истока к устью и изменялись в следующих пределах: 0.02–6.90 млн кл./л и 0.01–2.63 мг/л соответственно. Сравнение уровня развития водорослей в планктоне р. Самары и вышележащих волжских притоков (Б. Черемшан, Уса) показало, что численность и биомасса водорослей в верхнем и среднем течениях рек сопоставимы, однако нижнее течение и устьевые участки отличаются по данным параметрам (табл. 2). Черемшанский и Усинский заливы Куйбышевского водохранилища характеризуются высокими показателями развития фитопланктона [18, 19]. Такие гидрологические особенности, как мелководность (Черемшанский залив), максимальный подпор (Усинский залив), низкие скорости течения, прогрев, а также эвтрофирование, способствуют обильному развитию водорослей, в особенности цианопрокариот. Нижнее течение и устьевой участок р. Самары связаны с системой проток, озер и стариц с развитой прибрежной и водной растительностью. Кроме того, р. Самара, впадающая в Саратовское водохранилище, с «речным режимом» его верхней части, испытывает меньшее влияние с его стороны [20, 21]. Альгоценозы нижней части Черемшанского и Усинского заливов имеют значительное сходство с фитопланктоном водохранилища, тогда как планктон устья р. Самары сочетает черты речного и водохранилищного, а численность, биомасса и удельное видовое богатство сравнимы с вышележащими участками этой реки (табл. 2). Для сравнения – в Черемшанском и Усинском заливах численность и биомасса водорослей на 1–3 порядка больше, чем выше по течению. Для р. Самары подобная специфика не выражена (табл. 2).

По уровню биомассы фитопланктона р. Самары следует отнести к олигомезотрофным водотокам. Как показано нами для р. Усы и ее притоков [5], количественные характеристики фитопланктона при высоком содержании биогенных веществ необязательно отражают уровень трофического состояния водотока.

Табл. 2

Пределы изменения численности, биомассы фитопланктона, числа видов в пробе и индекса Шеннона (Hn) в реке и в зоне влияния подпора (на русловых станциях)

Участок	р. Б. Черемшан	р. Уса	р. Самара
Численность			
Река	0.14–5.53	0.02–0.83	0.02–6.90
Зона подпора	29.53*	8.6–14.84 (550.24)**	2.28–5.53
Биомасса			
Река	0.34–4.25	0.01–1.49	0.01–2.74
Зона подпора	11.73*	3.81–5.93 (86.99)	0.68–2.63
Число видов в пробе			
Река	7–44	2–17	2–38
Зона подпора	53–56*	16–36	34–55
Индекс Шеннона (Hn)			
Река	$\frac{1.0-2.9}{2.2}^{***}$	$\frac{0.46-2.4}{2.3}$	$\frac{1.0-4.4}{2.8}$
Зона подпора	$\frac{3.0-3.6}{3.3}$	$\frac{1.8-2.4}{2.9}$	$\frac{3.8-4.3}{4.0}$

* Данные наблюдений 2009 г. (Черемшанский залив).

** В скобках приведены данные наблюдений 2012 г. (Усинский залив); под чертой приведены средние значения.

Развитие водорослей может быть ограничено гидрологическими особенностями – высокими скоростями течения, мутностью, низкой освещенностью русла. По данным более ранних лет наблюдений [21], биомасса фитопланктона летом в устье р. Самары достигала 7–9 мг/л, что соответствует эвтрофии.

В 2015 г. отмечено «цветение» воды на некоторых участках р. Самары. Например, вода имела зеленую окраску у п. Тоцкое, где наблюдалось массовое развитие *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anagn. et. Kom. (*Cyanoprokaryota*). У г. Бузулук, п. Бобровка, п. Алексеевка и в устьевом участке зеленоватое окрашивание воды было обусловлено доминированием в планктоне зеленых водорослей (*Chlorophyta*).

Структура доминирующего комплекса видов и разнообразие альгоценозов. Состав комплекса массовых форм фитопланктона в р. Самаре весьма разнообразен. По величинам численности к доминантам и субдоминантам относятся 48 видов; из них на долю диатомовых, зеленых водорослей и цианопрокариот приходится 10, 25 и 11 видов соответственно, что составляет 96% от общего количества массовых форм. По показателям биомассы к доминантам и субдоминантам принадлежат 44 вида, их число в тех же отделах – 13, 19 и 4 соответственно (82%).

Зеленые водоросли играют особую роль в сообществах планктона р. Самары: они не только определяют видовое богатство, но и занимают ведущее ценотическое положение. Продольную динамику численности в основном определяли представители этого отдела ($R = 0.52$; $p < 0.05$), в особенности в среднем и нижнем течениях (рис. 4). Лишь на участке у п. Тоцкое отмечено доминирование цианопрокариот. В суммарной биомассе зеленые водоросли, с их мелкими размерами клеток, имеют меньшее значение. Как видно из рис. 4, доминирующий по биомассе комплекс менее однороден в таксономическом отношении, чем по

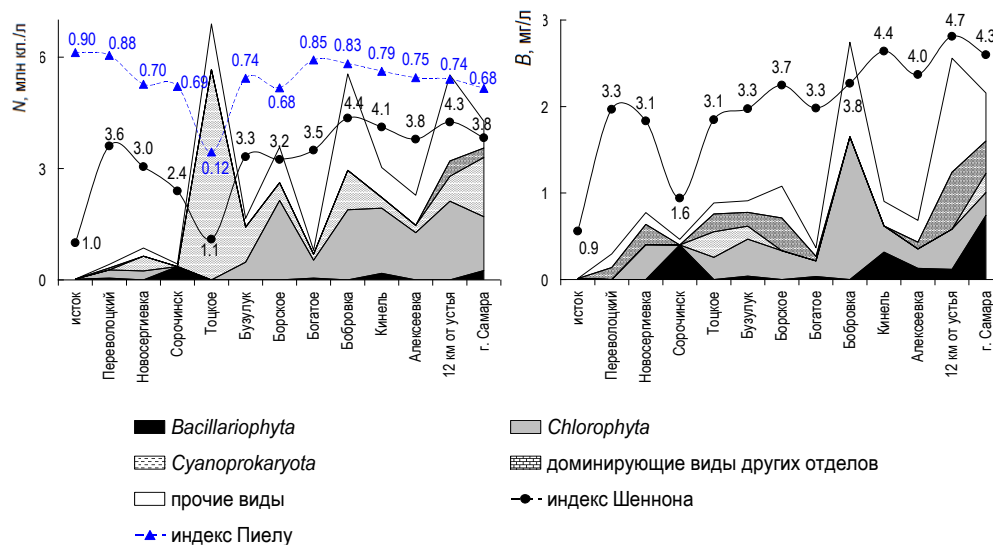


Рис. 4. Доля массовых видов из разных отделов в суммарной численности (N) и биомассе (B) фитопланктона; изменения индексов видового разнообразия (H_n , H_b) и выравниваемости по длине реки

численности. В нижнем течении хорошо заметен рост биомассы диатомовых водорослей (их планктонных форм), что можно отнести к одному из признаков формирования речных альгоценозов. В то же время их локальное доминирование на участке реки у г. Сорочинск обусловлено выносом фитопланктона из Сорочинского водохранилища. Из других отделов водорослей в создании биомассы альгоценозов участвуют в основном крупноклеточные фитофлагелляты – динофитовые, а в нижнем течении также криптофитовые (рис. 4, «доминирующие виды других отделов»). По направлению к устью наблюдается увеличение насыщенности альгоценозов видами всех отделов – их численность и биомасса в совокупности создают заметную долю суммарных показателей обилия (рис. 4, «прочие виды»).

Индексы Шеннона и выравниваемости Пielу как показатели структуры и разнообразия сообществ в целом высоки (рис. 4, табл. 2). Низкое видовое разнообразие отмечено только для истока, альгоценоз которого беден, а также для олигодоминантных сообществ: например, у п. Тоцкое 82% численности сообщества составил единственный вид – *Planktothrix agardhii*; на участке реки у г. Сорочинск уменьшение видового разнообразия обусловлено доминированием крупноклеточного вида *Aulacoseira islandica* (O. Müll.) Sim., биомасса которого составила 75% от суммарной биомассы фитопланктона. Для сравнения – в сообществах планктона рек Б. Черемшан и Усы величина индекса Шеннона ниже: от 1.3 до 2.9 и от 0.5 до 2.4 соответственно. Различаются по показателям видового разнообразия и зоны подпора в нижнем течении рек. Как видно из табл. 2, для нижнего течения и устьевое участка р. Самары характерно наиболее высокие индексы Шеннона, тогда как в сообществах планктона Черемшанского и Усинского заливов видовое разнообразие и выравниваемость ниже, что связано с летним «цветением» воды за счет массового развития *Cyanoprokaryota*.

Удельное видовое богатство для альгоценозов планктона в р. Самаре составляет 11–55 видов и разновидностей в пробе. Это сопоставимо с данными, полученными для р. Б. Черемшан: 14–53 видов в пробе [17]. Для малых рек удельное видовое богатство меньше: в р. Усе – 7–19 видов, в ее притоках – 5–24 видах. Наиболее низкое удельное число видов свойственно истокам всех рек: 2–7 видов.

Массовые виды альгоценозов планктона. Изучение структурных характеристик сообществ фитопланктона рек интересно в плане оценки их значимости как экологических показателей. В частности, наиболее информативны в этом отношении состав и изменение комплекса массовых форм, поскольку доминирующие виды соответствуют экологическим условиям отбора в реке, при удовлетворении требований самих видов [1, 3, 15]. Для альгоценозов р. Самары характерно различное сочетание массовых видов на каждой из станций. Это связано с биотопической неоднородностью, а также с природными и антропогенными особенностями формирования речного стока, что способствует пространственному изменению структуры сообществ. Например, притоки р. Самары в нижнем течении (реки Черная, Ветлянка) приносят в планктон большое количество водорослей – индикаторов повышенной степени органического загрязнения. Среди них выделяются криптофитовые водоросли с численностью на порядок выше, чем в р. Самаре, а также эвгленовые, состав которых в устьевых участках этих рек весьма богат в отличие от такового в самой р. Самаре. Отмечены виды, относящиеся к доминирующим лишь на отдельных станциях, но имеющие большую (25–82%) долю в суммарной численности или биомассе фитопланктона. Например, зарегулирование водотока существенно меняет состав массовых форм на участке реки после Сорочинского водохранилища (рис. 4, станция «Сорочинск»). Показатели фитопланктона здесь определяют виды, не встреченные на других станциях: *Aulacoseira islandica* (O. Müll.) Sim., *Fragilaria brevistriata* Grun. (диатомовые); кроме того, доля зеленых водорослей, столь характерных для планктона р. Самары, на этом участке минимальна. Индивидуален состав доминантов у п. Тоцкое (рис. 4, станция «Тоцкое»); локальное преобладание такого представителя цианопрокариот, как *Planktothrix agardhii*, свидетельствует, по всей видимости, о гипертрофном состоянии вод этого участка реки. Как видно из рис. 4, максимальная численность фитопланктона в р. Самаре связана именно с массовым развитием *P. agardhii*. Вид считается индикатором антропогенного эвтрофирования, способен производить токсины; его доминирование по численности и биомассе может быть результатом повышенного содержания органического азота, поступления сточных вод [15, 22, 23].

Несмотря на разнообразный видовой состав массовых форм водорослей, выделяется группа видов с наибольшей степенью доминирования и частотой встречаемости в пробах. Их следует считать наиболее характерными для планктона р. Самары и показательными для оценки состояния ее вод: *Cyanoprokaryota* – *Aphanocapsa incerta* (Lemm.) Cronb. & Kom.; *Bacillariophyta* – *Stephanodiscus hantzschii* Grun., *Cyclotella radiosa* (Grun.) Lemm., *Discostella pseudostelligera* (Hust.) Houk & Klee; *Chrysophyta* – *Chrysococcus biporus* Skuja; *Cryptophyta* – *Chroomonas acuta* Uterm.; *Dinophyta* – *Peridinium umbonatum* Stein.; *Chlorophyta* – *Siderocelis ornata* Fott, *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Bréb., *Monoraphidium contortum* (Thur.) Kom.-Legn., *Chlamydomonas globosa* Snow, *Pandorina morum*

Табл. 3

Состав и частота встречаемости (ч.в.) массовых видов, максимальные величины их численности (N), биомассы (B), доли (%) в суммарной численности и биомассе фитопланктона

Виды	ч.в., %	N	B	доля		Зона сапробности
				N	B	
Cyanoprokaryota						
<i>Aphanocapsa incerta</i>	46	0.42	0.01	47	—**	β-мезосапроб
<i>Planktothrix agardhii</i> *	8	5.67	0.29	82	33	β-мезосапроб
Bacillariophyta						
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	54	0.18	0.16	6	18	α-мезо- полисапроб
<i>Cyclotella radiosa</i>	39	0.15	0.32	5	20	β-мезосапроб
<i>Discostella pseudostelligera</i>	39	0.13	0.16	—	17	β-мезосапроб
<i>Aulacoseira islandica</i>	8	0.12	0.35	28	75	β-мезосапроб
<i>Fragilaria brevistriata</i> *	8	0.19	0.03	44	6	о-сапроб
Chrysophyta						
<i>Chrysococcus biporus</i>	54	0.20	0.04	12	—	о-β-мезосапроб
Cryptophyta						
<i>Chroomonas acuta</i>	46	0.41	0.29	8	12	β-α-мезосапроб
Dinophyta						
<i>Peridinium umbonatum</i>	31	0.04	0.25	—	10	о-сапроб
Chlorophyta						
<i>Siderocelis ornata</i> Fott	54	1.50	0.03	42	—	β-мезосапроб
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	46	0.16	0.14	10	19	β-α-мезосапроб
<i>Monoraphidium contortum</i>	54	0.04	0.01	7	—	β-мезосапроб
<i>Chlamydomonas globosa</i>	39	0.08	0.18	5	25	β-мезосапроб
<i>Pandorina morum</i>	39	0.48	0.77	10	35	β-мезосапроб
<i>Actinastrum hantzschii</i>	31	0.32	0.03	11	—	β-мезосапроб
<i>Coelastrum microporum</i>	31	0.28	0.03	20	—	β-мезосапроб
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	31	0.87	0.10	21	8	β-мезосапроб
<i>Dactylosphaerium jurisii</i>	31	0.72	0.14	14	7	α-мезосапроб
<i>Oocystis borgei</i>	31	0.08	0.07	7	10	β-о-сапроб
<i>Pediastrum boryanum</i>	31	0.32	0.29	6	13	β-мезосапроб
<i>Pediastrum duplex</i>	31	0.16	0.06	—	5	β-мезосапроб

* Виды, доминирующие локально.

** Доля менее 5%.

(O.F.M.) Bory, *Actinastrum hantzschii* Lagerh., *Coelastrum microporum* Näg. in A. Br., *Dictyosphaerium pulchellum* Wood, *Dactylosphaerium jurisii* Hind., *Oocystis borgei* Snow, *Pediastrum boryanum* (Turp.) Menegh., *Pediastrum duplex* Meyen. В табл. 3

приведены данные о количественных показателях развития этих видов. Кроме указанных в таблице, выделяются виды с высокой частотой встречаемости (в 31–54% проб), но не образующие многочисленных популяций в реке: *Didymocystis planctonica* Korsch., *Scenedesmus obtusus* Meyen, *Cryptomonas ovata* Ehr., *C. marssonii* Skuja и *Stephanodiscus* sp. sp. (группа мелкоклеточных видов диатомовых из класса *Centrophyceae*).

К массовым формам планктона р. Самары относятся широко распространенные в эвтрофных водах виды, однако можно подчеркнуть некоторые особенности состава доминантов и субдоминантов. Многие из них предпочитают водоемы замедленного водообмена, где и достигают массового развития. Кроме того, в комплексе массовых видов высока доля (68%) мелкоклеточных форм, относящихся к нанопланктонной размерной фракции, что, вероятно, является одной из причин небольшой биомассы альгоценозов планктона р. Самары. В то же время преобладание мелкогабаритных видов, а также разнообразие и доминирование зеленых водорослей порядка *Chlorococcales* свидетельствуют, по мнению исследователей, об эвтрофных условиях [1, 3, 15]. Из индикаторов сапробности среди доминантов в альгоценозах р. Самары преобладают β-мезосапробы, но присутствуют и виды-показатели повышенной степени сапробности: β-α-мезосапробы α-мезосапробы и α-мезо-р-сапробы (табл. 3). Численность таких «высокосапробных» видов, как *S. hantzschii*, *D. jurisii*, *S. quadricauda*, *C. acuta*, увеличивается вниз по течению, достигая наибольших величин у п. Бобровка, п. Борское и на участке от г. Кинель до устья. Сравнение состава доминирующих комплексов р. Самары с р. Б. Черемшан и р. Усы (с притоками) выявило их большее сходство в крупных водотоках – Б. Черемшан и Самара, тогда как в малых реках состав доминантов более индивидуален.

Заключение

В летнем фитопланктоне р. Самары определено 160 видов и внутривидовых таксонов водорослей из 8 отделов. Основу видового богатства формировали зеленые и диатомовые водоросли, со значимым участием эвгленовых и цианопрокариот, что характерно для крупных и средних эвтрофированных равнинных рек волжского бассейна. В альгоценозах преобладали широко распространенные планктонные виды, предпочитающие нейтральные и слабощелочные условия. Большинство найденных видов – обитатели пресных вод, однако по мере повышения минерализации от истока к устью наблюдается некоторое увеличение разнообразия и численности галофилов.

Для фитопланктона р. Самаре характерна продольная неоднородность видового состава и невысокая степень общности локальных альгофлор, а также изменения количественной структуры альгоценозов. Факторами преобразования являются изменение гидрологических условий (зарегулирование, подпор в устьевом участке), впадение притоков, повышение минерализации и др. Количество фитопланктона, при заметной флуктуации величин, возрастало от истока к устью. Численность изменялась от 0.02 до 6.90 млн кл./л. Значения биомассы были невелики и соответствовали в основном мезотрофии (в среднем 1.2 ± 0.87), что связано с преобладанием мелкоклеточных форм (68%) в составе комплекса доминантов и субдоминантов. В то же время состав и особенности развития массовых

видов характеризуют условия в р. Самаре как эвтрофные. Отмечено локальное массовое развитие токсикогенного конкурентоспособного вида *Planktothrix agardhii* – индикатора антропогенного эвтрофирования. Величина индекса сапробности изменялась от 1.64 до 2.40, что соответствует β -мезосапробной зоне самоочищения, классу чистоты III («умеренно загрязненные воды»). Вместе с тем отмечено повышение численности «высокосапробных» видов-индикаторов в нижнем течении и устьевом участке.

Количественные и структурные показатели альгоценозов р. Самары и вышележащих волжских притоков (Б. Черемшан, Уса) сопоставимы в верхнем и среднем течении рек, но существенно отличаются в нижнем течении и устьевых участках (зонах подпора).

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Оценка современного биоразнообразия и прогноз его изменения для экосистем Волжского бассейна в условиях их природной и антропогенной трансформации».

Автор выражает благодарность сотрудникам лаборатории экологии малых рек ИЭВБ РАН филиала Самарского ФИЦ РАН кандидату биологических наук Л.В. Головатюк и кандидату биологических наук Е.М. Куриной за собранные пробы фитопланктона и предоставленные гидрологические данные.

Литература

1. Оханкин А.Г. Видовой состав фитопланктона как показатель условий существования в водотоках разного типа // Бот. журн. – 1998. – Т. 83, № 9. – С. 1–13.
2. Mischke U., Venohr M., Behrendt H. Using phytoplankton to assess the trophic status of German rivers // Int. Rev. Hydrobiol. – 2011. – V. 96, No 5. – P. 578–598. – doi: 10.1002/iroh.201111304.
3. Reynolds C.S., Descy J.P. The production, biomass and structure of phytoplankton in large rivers // Arch. Hydrobiol. – 1996. – V. 10, No 1–4, Suppl. 113: Large Rivers. – P. 161–187. – doi: 10.1127/Ar/10/1996/161.
4. Bolgovics Á., Várbíró G., Ács É., Trábert Z., Kiss K.T., Pozderka V., Görgényi J., Boda P., Lukács B.-A., Nagy-László Z., Abonyi A., Borics G. Phytoplankton of rhithral rivers: Its origin, diversity and possible use for quality-assessment // Ecol. Indic. – 2017. – V. 81. – P. 587–596. – doi: 10.1016/j.ecolind.2017.04.052.
5. Gorokhova O.G., Zinchenko T.D. Phytoplankton of the Usa River and its tributaries (Kuibyshev Reservoir basin) // Biol. Bull. – 2019. – V. 46, No 10. – P. 1382–1389. – doi: 10.1134/S1062359019100121.
6. Розенберг Г.С., Саксонов С.В., Евланов И.А., Зинченко Т.Д., Матвеев В.И., Быкова С.В., Герасимов Ю.Л., Головатюк Л.В., Горбунов М.В., Горохова О.Г., Иванова А.В., Конева Н.В., Краснова Е.С., Лысенко Т.М., Номоконова В.И., Романова Е.П., Соловьева В.В., Уманская М.В., Шерышева Н.Г., Юрицына Н.А. Голубая книга Самарской области: редкие и охраняемые гидробиоценозы / Под ред. Г.С. Розенберга, С.В. Саксонова. – Самара: СамНИЦ РАН, 2007. – 200 с.
7. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2015 год». – Самара, 2016. – Вып. 26. – 296 с.
8. Экологический бюллетень. Самарская область. 2015 г. – Самара: ФГБУ «Приволжское УГМС», 2016. – 42 с.

9. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Оренбургской области в 2015 году» / Под общ. ред. КП. Костюченко. – Оренбург, 2016. – 260 с.
10. Гаев А.Я., Гацков В.Г., Коземчук М.П., Малкин А.В., Нечитайло О.Н., Пампушка А.М. Об экологической оценке нефтегазоносных районов (на примере Оренбуржья) // Материалы VII Межрегион. геол. конф. «Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий». 19–21 нояб. 2008 г. – Уфа, 2008 – С. 292–296.
11. Реестр особо охраняемых природных территорий регионального значения Самарской области / Сост. А.С. Паженков. – Самара: «Экотон», 2010. – 259 с.
12. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. – М.: Наука, 1975. – 240 с.
13. Горохова О.Г. К оценке сапробности вод реки Самара (приток Саратовского водохранилища) // Экологический сборник 7: Труды молодых ученых. Всерос. (с международ. участием) молод. науч. конф. «Актуальные проблемы экологии Волжского бассейна». Тольятти, 18–21 апр. 2019 г. / Под ред. С.А. Сенатора, О.В. Мухортовой, С.В. Саксонова. – Самара: Изд-во ИЭВБ РАН, «Анна», 2019. – С. 133–134.
14. Зеленевская Н.А., Прокина Н.Ю. Фитопланктон приустьевых участков рек Сок, Самара, Чапаевка в 1978–1979 годах // Вестн. Волжск. ун-та им. В.Н. Татищева. – 2011. – № 11. – С. 44–53.
15. Корнева Л.Г. Фитопланктон водохранилищ бассейна Волги / Под ред. А.И. Копылова. – Кострома: Костром. печат. дом, 2015. – 284 с.
16. Экологические проблемы малых рек Республики Татарстан / Отв. ред. В.А. Яковлев. – Казань: Фэн, 2003. – 289 с.
17. Горохова О.Г. Характеристика фитопланктона реки Большой Черемшан (притока Куйбышевского водохранилища) // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2016. – Т. 158, кн. 2. – С. 247–258.
18. Фитопланктон Нижней Волги. Водоохранилища и низовье реки. – СПб.: Наука, 2003. – 231 с.
19. Горохова О.Г. Состав и структура сообществ фитопланктона Усинского залива Куйбышевского водохранилища в период «цветения» воды // Изв. СамНЦ РАН. – 2016. – Т. 18, № 5. – С. 122–130.
20. Герасимова Н.А. Фитопланктон Саратовского и Волгоградского водохранилищ. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 1996. – 200 с.
21. Попченко И.И. Видовой состав и динамика фитопланктона Саратовского водохранилища. – Тольятти: Изд-во Сам. науч. центра РАН, 2001. – 148 с.
22. Skulberg O.M. Blue-green algae in Lake Mjøsa and other Norwegian lakes // Eutrophication of Deep Lakes: Proceedings of Seminar on Eutrophication of Deep Lakes Held on 19–20 June, 1978 at Gjøvik, Norway. – 1980. – P. 121–141. – doi: 10.1016/B978-0-08-026024-2.50012-2.
23. Белякова Р.Н., Волошко Л.Н., Гаврилова О.В., Гогорев Р.М., Макарова И.В., Окологдов Ю.Б., Рундина Л.А. Водоросли, вызывающие «цветение» водоемов Северо-Запада России. – М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2006. – 367 с.

Поступила в редакцию
23.12.2019

Горохова Ольга Геннадьевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологии малых рек

Институт экологии Волжского бассейна РАН – филиал ФГБУН Самарского федерального исследовательского центра РАН
ул. Комзина, д. 10, г. Тольятти, 445003, Россия
E-mail: o.gorokhova@yandex.ru

doi: 10.26907/2542-064X.2020.3.413-429

**Composition and Structure of Phytoplankton Communities
in the Samara River (Saratov Reservoir Basin)**

O.G. Gorokhova

Samara Federal Research Scientific Center RAS, Institute of Ecology of the Volga River Basin RAS,
Togliatti, 445003 Russia

E-mail: o.gorokhova@yandex.ru

Received December 23, 2019

Abstract

The phytoplankton communities of the Samara River were described based on their quantitative parameters and species diversity. A total of 160 species and intraspecific taxa of algae from 8 divisions were identified in the algal flora. *Chlorophyta* (46%) and *Bacillariophyta* (25%) prevailed. The degree of species composition similarity differed between the river reaches: from 15% in the upstream area to 59% in the ecotone zone, in which the water from the river mixes with the Saratov Reservoir. The abundance and biomass of phytoplankton increased, with significant fluctuations, from the headwaters to the mouth. The longitudinal dynamics of phytoplankton abundance was determined by *Chlorophyta*, while the dominance of other algal groups appeared to be confined to only certain areas. Based on the biomass values, diatoms, green algae, and large-cell phytoflagellates prevailed. The dominant species composition of the algal communities shifted because of flood control, tributary influx, anthropogenic eutrophication, and backwater effect in the mouth area.

Keywords: phytoplankton, algal communities, Samara River, Saratov Reservoir, Volga River basin

Acknowledgments. This study was performed as part of the state assignment “Assessment of current biodiversity and forecast of its change for ecosystems of the Volga River basin under the conditions of their natural and anthropogenic transformation”.

Special thanks to L.V. Golovatyuk (PhD in Biology, Laboratory of Ecology of Small Rivers, Institute of Ecology of the Volga River Basin, Russian Academy of Sciences) and E.M. Kurina (PhD in Biology, Laboratory of Ecology of Small Rivers, Institute of Ecology of the Volga River Basin, Russian Academy of Sciences) for kindly providing the phytoplankton samples and the hydrological data.

Figure Captions

- Fig. 1. Schematic location of stations in the Samara River, where samples were taken (scale: 1:2 500 000).
- Fig. 2. Composition of the algal divisions in the phytoplankton of the Samara River (I) and changes in the species abundance within the algal divisions along the river length (II).
- Fig. 3. Dendrogram of similarities between the local algal floras at different reaches of the Samara River.
- Fig. 4. Percentage of the dominant species from different divisions in the total number (N) and biomass (B) of phytoplankton; changes in the species diversity indices (H_n , H_b) and evenness along the river length.

References

- Okhapkin A.G. The species composition of phytoplankton as an indicator of the habitat conditions in watercourses of various types. *Bot. Zh.*, 1998, vol. 83, no. 9, pp. 8–9. (In Russian)
- Mischke U., Venohr M., Behrendt H. Using phytoplankton to assess the trophic status of German rivers. *Int. Rev. Hydrobiol.*, 2011, vol. 96, no. 5, pp. 578–598. doi: 10.1002/iroh.201111304.

3. Reynolds C.S., Descy J.P. The production, biomass and structure of phytoplankton in large rivers. *Arch. Hydrobiol.*, 1996, vol. 10, nos. 1–4, suppl. 113: Large Rivers, pp. 161–187. doi: 10.1127/lr/10/1996/161.
4. Bolgovics Á., Várbíró G., Ács É., Trábert Z., Kiss K.T., Pozderka V., Görgényi J., Boda P., Lukács B.-A., Nagy-László Z., Abonyi A., Borics G. Phytoplankton of rhithral rivers: Its origin, diversity and possible use for quality-assessment. *Ecol. Indic.*, 2017, vol. 81, pp. 587–596. doi: 10.1016/j.ecolind.2017.04.052.
5. Gorokhova O.G., Zinchenko T.D. Phytoplankton of the Usa River and its tributaries (Kuibyshev Reservoir basin). *Biol. Bull.*, 2019, vol. 46, no. 10, pp. 1382–1389. doi: 10.1134/S1062359019100121.
6. Rozenberg G.S., Saksonov S.V., Evlanov I.A., Zinchenko T.D., Matveev V.I., Bykova S.V., Gerasimov Yu.L., Golovatyuk L.V., Gorbunov M.V., Gorokhova O.G., Ivanova A.V., Koneva N.V., Krasnova E.S., Lysenko T.M., Nomokonova V.I., Romanova E.P., Solov'eva V.V., Umanskaya M.V., Sherysheva N.G., Yuritsyn N.A. *Golubaya kniga Samarskoi oblasti: redkie i okhranyaemye gidrobiotsenozy* [The Blue Book of the Samara Region: Rare and Protected Hydrobiocenoses]. Rozenberg G.S., Saksonov S.V. (Eds.). Samara, SamNTs Ross. Akad. Nauk, 2007. 200 p. (In Russian)
7. State Report. On the state of the environment and natural resources of the Samara region in 2015. Samara, 2016, vol. 26. 296 p. (In Russian)
8. *Ekologicheskii byulleten'. Samarskaya oblast'. 2015 g.* [Environmental Bulletin. Samara Region. 2015]. Samara, FGBU "Privolzh. UGMS", 2016. 42 p. (In Russian)
9. State Report. On the state and protection of the environment in the Orenburg region in 2015. Kostyuchenko K.P. (Ed.). Orenburg, 2016. 260 p. (In Russian)
10. Gaev A.Ya., Gatskov V.G., Kozemchuk M.P., Malkin A.V., Nechitailo O.N., Pampushka A.M. On the environmental impact assessment of oil and gas fields (by the example of the Orenburg region). *Mater. VII Mezhhreg. geol. konf. "Geologiya, poleznye iskopayemye i problemy geoekologii Bashkortostana, Urala i sopredel'nykh territorii". 19–21 noyabrya 2008 g.* [Proc. VII Interreg. Geol. Conf. "Geology, Minerals and Geocological Problems of Bashkortostan, the Urals, and Neighboring Territories". Nov. 19–21, 2008]. Ufa, 2008, pp. 292–296. (In Russian)
11. Pazhenkov A.S. *Reestr osobo okhranyaemykh prirodnykh territorii regional'nogo znacheniya Samarskoi oblasti* [Register of the Regional Protected Areas in the Samara Region]. Samara, Ekoton, 2010. 259 p. (In Russian)
12. *Metodika izucheniya biogeotsenozov vnutrennikh vodoemov* [Methods of Studying Inland Water Ecosystems]. Moscow, Nauka, 1975. 240 p. (In Russian)
13. Gorokhova O.G. On the saprobity assessment of the Samara River waters (a tributary of the Saratov Reservoir). *Ekologicheskii sbornik 7: Trudy molodykh uchenykh. Vserossiiskaya (s mezhdunarodnym uchastiem) molodezhnaya nauchnaya konferentsiya "Aktual'nye problemy ekologii Volzhskogo basseina". Tol'yatti, 18–21 aprelya 2019 g.* [A Collection of Ecological Papers 7: Proc. of Young Scientists. All-Russ. (Int. Participation) Youth Sci. Conf. "Current Ecological Problems of the Volga River Basin". Togliatti, Apr. 18–21, 2019]. Senator S.A., Mukhortova O.V., Saksonov S.V. (Eds.). Samara, IEVB Ross. Akad. Nauk, "Anna", 2019, pp. 133–134. (In Russian)
14. Zelenevskaya N.A., Prokina N.Yu. Phytoplankton of the estuarine sections of the Sok, Samara, and Chapaevka Rivers in 1978–1979. *Vestn. Volzh. Univ. im. V.N. Tatishcheva*, 2011, no. 11, pp. 44–53. (In Russian)
15. Korneva L.G. *Fitoplankton vodokhranilishch basseina Volgi* [Phytoplankton of Reservoirs in the Volga River Basin]. Kostroma, Kostrom. Pechatnyi Dom, 2015. 284 p. (In Russian)
16. *Ekologicheskie problemy malyykh rek Rspubliki Tatarstan* [Ecological Problems of Small Rivers of the Republic of Tatarstan]. Yakovlev V.A. (Ed.). Kazan, Fen, 2003. 289 p. (In Russian)
17. Gorokhova O.G. Description of phytoplankton from the Bolshoy Cheremshan River (Kuibyshev Reservoir). *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, 2016, vol. 158, no. 2, pp. 247–258. (In Russian)
18. *Fitoplankton Nizhnei Volgi. Vodokhranilishcha i nizov'e reki* [Phytoplankton of the Lower Volga River. Reservoirs and Lower Reaches]. St. Petersburg, Nauka, 2003. 231 p. (In Russian)
19. Gorokhova O.G. Composition and structure of phytoplankton communities in the Usa Bay of the Kuibyshev Reservoir during the period water "blooming". *Izv. SamNTs Ross. Akad. Nauk*, 2016, vol. 18, no. 5, pp. 122–130. (In Russian)

20. Gerasimova N.A. *Fitoplankton Saratovskogo i Volgogradskogo vodokhranilishch* [Phytoplankton of the Saratov and Volgograd Reservoirs]. Togliatti, IEVB Ross. Akad. Nauk, 1996. 200 p. (In Russian)
21. Popchenko I.I. *Vidovoi sostav i dinamika fitoplanktona Saratovskogo vodokhranilishcha* [Species Composition and Dynamics of Phytoplankton in the Saratov Reservoir]. Togliatti, 2001. 148 p. (In Russian)
22. Skulberg O.M. Blue-green algae in Lake Mjøsa and other Norwegian lakes. *Eutrophication of Deep Lakes: Proc. Semin. on Eutrophication of Deep Lakes Held on 19–20 June, 1978 at Gjøvik, Norway*, 1980, pp. 121–141. doi: 10.1016/B978-0-08-026024-2.50012-2.
23. Belyakova R.N., Voloshko L.N., Gavrilova O.V., Gogorev R.M., Makarova I.V., Okolodkov Yu.B., Rundina L.A. *Vodorosli, vyzyvayushchie "tsvetenie" vodoemov Severo-Zapada Rossii* [Blooming Algae of Northwestern Russia]. Moscow, Tov-vo. Nauchn. Izd. KMK, 2006. 367 p. (In Russian)

⟨ **Для цитирования:** Горохова О.Г. Состав и структура сообществ фитопланктона реки Самары (бассейн Саратовского водохранилища) // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2020. – Т. 162, кн. 3. – С. 413–429. – doi: 10.26907/2542-064X.2020.3.413-429. ⟩

⟨ **For citation:** Gorokhova O.G. Composition and structure of phytoplankton communities in the Samara River (Saratov Reservoir basin). *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, 2020, vol. 162, no. 3, pp. 413–429. doi: 10.26907/2542-064X.2020.3.413-429. (In Russian) ⟩