

# НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ SCIENTIFIC REPORT

Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии.  
2020. – Т. 29. – № 3. – С. 89-94.

УДК 574.583

DOI 10.24411/2073-1035-2020-10336

## МЕЖГОДОВАЯ ДИНАМИКА ЛЕТНЕГО ФИТОПЛАНКТОНА В УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ РЕКИ КАЗАНКИ (Г. КАЗАНЬ)

© 2020 К.И. Абрамова, Р.П. Токинова

Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, г. Казань (Россия)

Поступила 24.06.2020

После переработки 05.09.2020

**Абрамова К.И., Токинова Р.П. Межгодовая динамика летнего фитопланктона в устьевой области реки Казанки (г. Казань).** – В статье представлены результаты изучения фитопланктона в устьевой области реки Казанки (г. Казань) в летний период 2017–2019 гг. Основная роль в формировании структурных характеристик фитопланктона принадлежит диатомовым и синезеленым водорослям, немаловажное значение – криптофитовым, зеленым и динофитовым. Во время массового развития синезеленых структура альгофлоры проявляет черты упрощения – наблюдается уменьшение видового разнообразия и выравненности. Трофический статус устьевой области реки соответствует мезотрофным-высокотрофным условиям.

*Ключевые слова:* фитопланктон, устьевая область, Казанка.

**Abramova K.I., Tokinova R.P. Interannual dynamics of summer phytoplankton in the mouth region of the Kazanka river (Kazan).** – The article presents the results of studying phytoplankton in the mouth region of the Kazanka river (Kazan) in the summer period of 2017–2019. The main role in the formation of structural characteristics of summer phytoplankton belongs to diatoms and blue-green algae, an important value – cryptophytes, green and dinophytes. During the mass development of blue-green plants, the structure of the algaeflora shows signs of simplification – there is a decrease in species diversity and equalization. The trophic status of the estuary area of the river corresponds to mesotrophic-high-trophic conditions.

*Key words:* phytoplankton, river mouth, Kazanka.

### ВВЕДЕНИЕ

Устьевая область реки Казанки расположена в черте крупного промышленно-урбанизированного центра, г. Казань (Среднее Поволжье). Она имеет важное природно-эстетическое, рекреационное и экологическое значение, является частью системы гидроинженерной защиты города. Водные объекты, расположенные на территориях мегаполисов, нередко испытывают серьезную антропогенную нагрузку, которая часто приводит к развитию

эвтрофикации, токсификации. Изучение динамики развития фитопланктона, его качественного состава и показателей количественного развития, помогает определить уровень трофности водного объекта и его функционирование в целом. Количественные показатели развития летнего фитопланктона, в частности уровень летних значений биомассы, достаточно хорошо отражают трофическое состояние водоемов [1]. Изучение межгодовой динамики фитопланктона в устьевой области реки Казанки до настоящего времени проводилось эпизодически [3, 7, 8]. В связи с вышеизложенным, целью данной работы является анализ межгодовой динамики количественных показателей летнего фитопланктона в устьевой области реки Казанки в 2017–2019 гг.

---

*Абрамова Ксения Ивановна*, кандидат биологических наук, научный сотрудник, kseniaiv@yandex.ru;  
*Токинова Римма Петровна*, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией гидробиологии, r.tokin@rambler.ru

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проанализированы летние пробы фитопланктона с июня по август 2017–2019 гг., отобранные в ходе комплексной, гидробиологической и гидрохимической, экспедиции Института проблем экологии и недропользования АН РТ (г. Казань) по реке Казанке. Гидробиологические пробы отбирались ежемесячно на 15 станциях из поверхностного горизонта воды. Всего за период исследований было отобрано 99 количественных и качественных проб. Сбор и обработка проб фитопланктона проведена по общепринятым методикам [2]. Для идентификации видовой принадлежности водорослей использованы определители серий «Определитель пресноводных водорослей СССР» (1951–1982 гг.) и «Süßwasserflora von Mitteleuropa» (1983–2005 гг.) и др. К доминирующим отнесе-

ны виды, численность и/или биомасса которых составляла не менее 10% от общей, к субдоминантам – от 5 до 10% [6]. Характеристика трофического состояния устьевой области реки дана по классификации И.С. Трифионовой [5]: биомасса < 1 мг/л – олиготрофный тип водоема; 1–5 мг/л – мезотрофный; 5–10 мг/л – эвтрофный; > 10 мг/л – высокоэвтрофный водоем. Гидрометеорологические данные получены из открытого ГИС-портала в сети Интернет по адресу: <http://www.pogodaiclimat.ru>.

Исследуемые годы достоверно различались ( $p < 0.05$ ) по количеству выпавших осадков и схожи по температуре воздуха. Летний период 2017 г. был дождливее, чем 2018 г. В августе 2019 г. отмечено значительное превышение (в 1.72 раза) количества выпавших осадков от нормы (рис. 1).

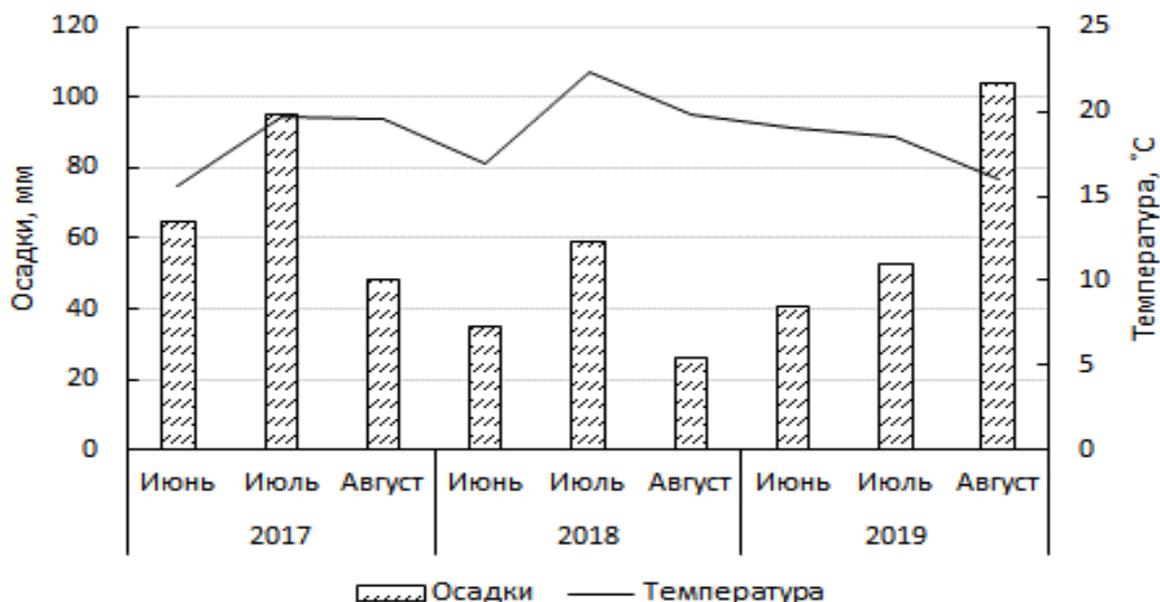


Рис. 1. Изменчивость величин гидрометеорологических факторов в 2017–2019 гг.

В летний период 2017 г. на территории г. Казани количество выпавших осадков составило 48–95 мм (79–142% от нормы), в 2018 – 26–59 мм (44–87% от нормы), в 2019 – 41–104 (66–172% от нормы); среднемесячная температура в 2017 г. – +15.6...+19.7°C (отклонение от нормы составило -2.5...+2°C), в 2018 г. – +16.9...+22.3°C (-1.2...+2.2°C от нормы), в 2019 г. – +16.0...+19.0°C (-1.7...+0.9°C от нормы).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

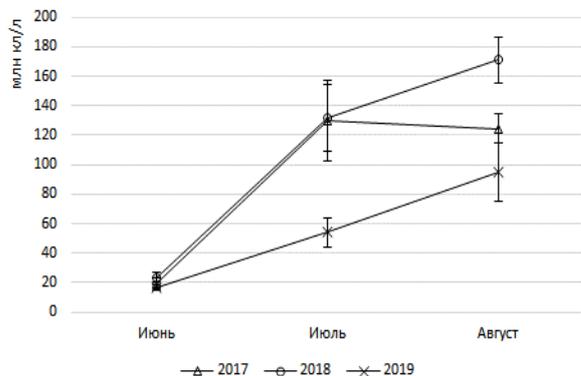
В пробах летнего фитопланктона в устьевой области реки Казанки встречено 163 вида и внутривидовых таксона из 8 систематических

отделов: Cyanophyta (Cyanoprokaryota) – 28, Bacillariophyta – 38, Chrysophyta – 11, Xantophyta – 3, Cryptophyta – 5, Dinophyta – 3, Euglenophyta – 7 и Chlorophyta – 68. Состав альгофлоры летнего планктона в основном формируют зеленые водоросли (41% в общем списке таксонов). На втором и третьем местах по видовому богатству – диатомовые (23%) и сине-зеленые (17%).

В эколого-географическом отношении основу альгофлоры составляют планктонные виды (54% от общего числа встреченных таксонов), доля литоральных форм – 9%, отмечено 3 бентосных вида (1%) и 4 обитателя обрастаний

(2%). Доля космополитов превышает 80% от общего числа видов, для которых известно географическое распространение; в водах встречаются бореальные (4%), северо-альпийские (1%) виды. По отношению к количеству растворенных солей большинство видов, имеющих индикаторную значимость, являются пресноводными (доля индифферентов составила 47%); встречаются олигогалобии (7%), 8 видов галофилов (4%) и 3 галофоба (1%). Из видов с известным отношением к pH преобладают индифференты (21%), доля алкалофилов составила 13%. Из показателей сапробности преобладают индикаторы  $\beta$ -мезосапробных условий – 48 видов (29%), отмечены  $\alpha$ -мезосапробы – 15 видов (9%),  $\beta$ -мезосапробы – 8 видов (5%). Доля индикаторов  $\alpha$ -,  $\beta$ - $\alpha$ -,  $\alpha$ - $\beta$ -,  $\alpha$ - $\rho$ - зон сапробности не превышает 3% (для каждого).

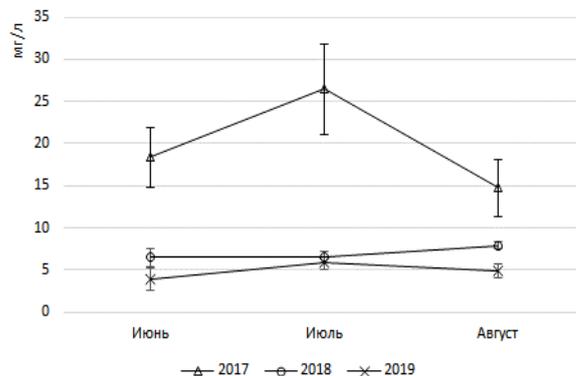
2017 г. В летнем фитопланктонном сообществе активно развивались синезеленые (до 93.9% от общей численности, до 41.6% от общей биомассы), диатомовые (55.9% и 75.4%), зеленые (13.2% и 10.6%), динофитовые и криптофитовые (41.9% и 15.4% от общей биомассы). Максимальные значения численности альгофлоры отмечены в июле-августе (124.5±9.7–129.9±27.0 млн кл./л) с доминированием синезе-



лених (доля составила 88.0–93.9% от общей численности), биомассы – в июле (26.5±5.3 мг/л) за счет развития синезеленых (41.6%), криптофитовых (36.7%) и зеленых (10.6%) водорослей. В июне «цветение» воды было вызвано диатомовыми водорослями (56% от общей численности и 75% от общей биомассы), численность которых составила 10.8 млн кл./л. Динофитовые активно вегетировали в августе (41.9% от общей биомассы).

Доминирующий комплекс синезеленых был представлен *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anagn. et. Kom., *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs. и *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Breb.; диатомовых – центричными формами и *Nitzschia* sp.; криптофитовых – *Chroomonas acuta* Uterm. и видами р. *Cryptomonas*; динофитовых – *Ceratium hirundinella* (O.F.M.) Scrank; зеленых – виды р. *Chlamydomonas* и р. *Carteria*.

Среднее значение численности в летний период 2017 г. составило 91.2±13.5 млн кл./л, биомассы – 19.8±4.1 мг/л, что отражает высокий трофический статус реки Казанки на исследованном участке (рис. 2).



**Рис. 2. Летняя динамика численности (млн кл./л) и биомассы (мг/л) фитопланктона**

2018 г. Структура фитопланктона представлена преимущественно синезелеными (до 95.1% от общей численности, до 67.6% от общей биомассы) и диатомовыми (36.7% и 81.9%) (рис. 3). Доля зеленых, динофитовых и криптофитовых, как по численности, так по биомассе, не превышала 10.0% (для каждого). Максимальная численность летней альгофлоры отмечена в июле-августе (131.7±22.6–170.9±15.3 млн кл./л) за счет «цветения» синезеленых водорослей с доминированием *P. agardhii*, *Aph. flos-aquae* и *An. flos-aquae*. Диатомовые (центричные формы диатомей и *Synedra* sp.) развивались преимущественно в

июне (36.7% от общей численности и 81.9% от общей биомассы).

Среднее значение численности в летний период 2018 г. составило 108.7±13.7 млн кл./л, биомассы – 6.9±0.7 мг/л, что соответствует уровню эвтрофии.

2019 г. В структуре фитопланктонного сообщества преобладали синезеленые (до 95% от общей численности, до 77% от общей биомассы), диатомовые (до 28% и до 70%) и зеленые водоросли (до 15% и до 24%). Максимальная численность (95.0±20.0 млн кл./л) альгофлоры отмечена в августе за счет «цветения» синезеленых водорослей (95.2% от

общей численности и 77.9% от общей биомассы). В июне–июле преобладали диатомовые, синезеленые и зеленые водоросли. Доминирующий комплекс синезеленых представлен *P. agardhii*, *Aph. flos-aquae*, *An. flos-aquae*, *Pseudanabaena limnetica* (Lemm.) Kom, *Merismopedia minima* G. Beck.; диатомовых – центричными формами, *Synedra* sp., *Nitzschia* sp., зеленых – *Coelastrum microporum* Näg., представители р. *Chlamydomonas* и р. *Scenedesmus*.

Среднее значение численности за летний период составило  $52.9 \pm 10.6$  млн кл./л, биомассы –  $4.6 \pm 1.0$  мг/л, что соответствует мезотрофным условиям в реке в 2019 г.

Анализ межгодовой динамики структурных характеристик фитопланктона позволил выделить ряд признаков летней сукцессии в устьевой области реки Казанки. Основная роль

в формировании структурных характеристик летнего фитопланктона принадлежит диатомовым и синезеленым водорослям, преимущественно обуславливающим летние максимумы численности и биомассы. Немаловажное значение играют криптофитовые, динофитовые и зеленые водоросли, интенсивность вегетации которых характеризуется межгодовой изменчивостью. В устьевой области реки Казанки диатомовые развиваются преимущественно в июне, синезеленые и динофитовые – в июле–августе, зеленые и криптофитовые – в июне–июле–августе.

В течение летнего вегетационного сезона 2017–2019 гг. пик численности фитопланктона приходится на июль–август и вызван массовым развитием синезеленых водорослей (до 95% общей численности и до 80% общей биомассы).

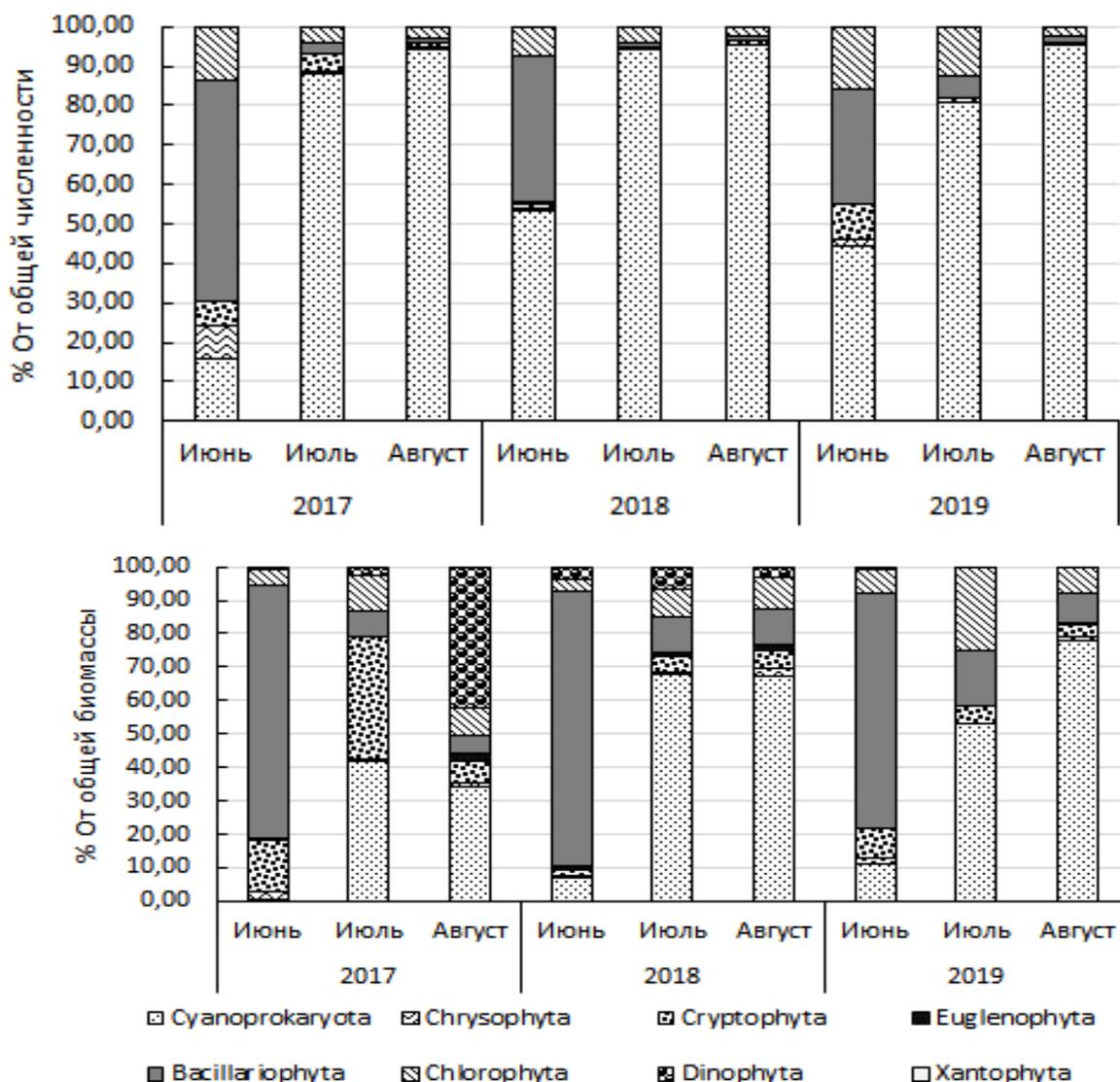


Рис. 3. Доля отделов от общей численности и биомассы фитопланктона

За три года исследования доля диатомовых от общей численности варьировала в пределах 1–55%, от общей биомассы – 5–81%; синезеленых – 15–95% и 0.6–77%; зеленых – 2–15% и 3–24%; криптофитовых – 0.4–9% и 1–36%; динофитовых – 0.01–0.1% и 0.1–41%; эвгленовых – 0–0.4% и 0–1%; золотистых – 0.1–8% и 0.3–2%, желтозеленых – 0–0.03 и 0–0.1%.

В летний период 2017–2019 гг. уровень трофии в устьевой области реки Казанки варьировал от мезотрофных условий (2019 г.) до высокой трофии (2017 г.). В 2018 г. значение биомассы фитопланктона соответствовало эвтрофным условиям (табл. 1). В целом, по численности и биомассе фитопланктона, состояние воды с 2017 по 2019 гг. изменилось в сторону улучшения качества. Высокая трофия в 2017 г. (по сравнению с 2018 и 2019 гг.) обусловлена активным развитием миксотрофных флагаелл (криптофитовых и

динофитовых водорослей), что свидетельствует о повышенной антропогенной нагрузке на водоем в данный период.

Видовая структура биоценозов характеризуется числом видов, составляющих то или иное сообщество, их биомассой и численностью. Элементы видовой структуры сообществ, прежде всего видовое богатство и видовое разнообразие, чутко реагируют на изменение условий их обитания и закономерно меняются в ходе сукцессий [4]. Одним из наиболее распространенных показателей простоты или сложности организации биотических сообществ является индекс Шеннона. Во время массового развития синезеленых (июль, август) структура альгофлоры проявляет черты упрощения – наблюдается уменьшение видового разнообразия и выравнивания (табл. 1).

**Таблица 1**  
**Экологические показатели устьевой области реки Казанки по фитопланктону**

Год	Показатель	Июнь	Июль	Август
2017	Индекс Шеннона	3.12±0.19	1.68±0.37	1.15±0.08
	Индекс Пиелу	0.56±0.03	0.34±0.06	0.21±0.01
	Биомасса, мг/л	18.3±3.5	26.5±5.3	14.7±3.3
	Тип трофности	высокоэвтрофный	высокоэвтрофный	высокоэвтрофный
2018	Индекс Шеннона	2.50±0.14	1.21±0.19	0.85±0.20
	Индекс Пиелу	0.61±0.03	0.27±0.03	0.20±0.04
	Биомасса, мг/л	6.4±1.1	6.5±0.7	7.9±0.3
	Тип трофности	эвтрофный	эвтрофный	эвтрофный
2019	Индекс Шеннона	2.93±0.14	2.25±0.32	1.15±0.33
	Индекс Пиелу	0.67±0.02	0.52±0.06	0.26±0.07
	Биомасса, мг/л	3.8±1.3	5.2±0.8	4.9±0.8
	Тип трофности	мезо-эвтрофный	мезо-эвтрофный	мезо-эвтрофный

Примечание: индексы Шеннона (бит./экз.) и Пиелу рассчитаны по численности.

Минимальные значения индекса видового разнообразия Шеннона отмечены в августе (0.85–1.15 бит/экз.), что свидетельствует об относительно низкой стабильности среды обитания фитопланктона в этот период по сравнению с другими месяцами (в июне – 2.50–3.12 бит/экз., в июле – 1.21–2.25 бит/экз.). Низкие значения индексов Шеннона сопровождаются низкими значениями индексов выравнивания Пиелу.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В летний период 2017–2019 гг. в устьевой области реки Казанки отмечено видовое разнообразие фитопланктона – обнаружено 163 вида и внутривидовых таксона из 8 отделов: Cyanophyta – 28, Bacillariophyta – 38, Chrysophyta – 11, Xantophyta – 3, Cryptophyta – 5, Dinophyta – 3, Euglenophyta – 7, Chlorophyta – 68. Состав альгофлоры летнего планктона в основном формируют зеленые водоросли (29% в общем списке таксонов). На втором и третьем местах по видовому богатству – синезеленые и

диатомовые (по 12–16%). Основу фитопланктонного сообщества составляют широко распространенные планктонные, пресноводные виды, обитатели нейтральных вод.

В составе альгофлоры наиболее значимую роль в летней сукцессии играют диатомовые и синезеленые водоросли, которые и обуславливают основные максимумы численности и биомассы в летние месяцы. «Вспышка» значений структурных показателей фитопланктона приходится на июль-август и вызвана массовым развитием синезеленых водорослей, составлявших до 95% общей численности и до 80%

общей биомассы фитопланктона. Диатомовые доминируют в начале лета – в июне. Немаловажное значение в формировании структурных характеристик летнего фитопланктона принадлежит криптофитовым, зеленым и динофитовым.

Во время массового развития синезеленых структура альгофлоры проявляет черты упрощения – наблюдается уменьшение видового разнообразия и выравнивания. По индексу Шеннона август характеризуется относительно низкой стабильностью среды обитания фитопланктона по сравнению с июнем-июлем.

В летний период 2017–2019 гг. уровень трофии в устьевой области реки Казанки варьировал от мезотрофных условий (2019 г.) до высокой трофии (2017 г.). По значениям численности и биомассы фитопланктона, состояние воды с 2017 по 2019 гг. изменилось в сторону повышения качества воды.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Корнева Л.Г.** Фитопланктон Рыбинского водохранилища: состав, особенности распределения, последствия эвтрофирования. Современное состояние экосистемы Рыбинского водохранилища. СПб.: Гидрометеоздат, 1993. С. 50-113.
2. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. 240 с.
3. **Мингазова Н.М., Деревенская О.Ю., Мухачев С.Г., Набеева Э.Г., Палагушкина О.В., Унковская Е.Н., Зарипова Н.Р.** Мониторинг состояния реки Казанка в городе Казани и разработка компенсационных мероприятий // Экология урбанизированных территорий. 2013. № 2. С. 121-126.
4. **Мэгарран Э.** Экологическое разнообразие и его изменение. М.: Мир, 1992. 181 с.
5. **Трифорова И.С.** Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л.: Наука, 1990. 184 с.
6. Фитопланктон Нижней Волги. Водохранилища и низовье реки. СПб.: Наука, 2003. 232 с.
7. Экологические проблемы малых рек Республики Татарстан (на примере Меши, Казанки и Свяги). Казань: ФЭН, 2003. 289 с.
8. Экология города Казани. Казань: ФЭН, 2005. 576 с.