

УДК 574.5:504.4.054

DOI: 10.36305/0513-1634-2020-137-38-46

АНАЛИЗ СВЯЗИ ФИТОПЛАНКТОНА С СОДЕРЖАНИЕМ ФЕНОЛОВ В УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ РЕКИ КАЗАНКИ (Г. КАЗАНЬ)

Ксения Ивановна Абрамова, Римма Петровна Токинова,
Рифгат Роальдович Шагидуллин

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан,
420087, г. Казань, ул. Даурская, 28
E-mail: kseniaiv@yandex.ru

В устьевой области реки Казанки, расположенной в черте г. Казани, в летний сезон периодически отмечаются сверхнормативные концентрации фенолов, численность Cyanophyta при этом превышает 100 млн кл./л. Содержание фенолов коррелирует ($p < 0,05$) с количественными показателями синезелёных (0,66), диатомовых (-0,36--0,62) и криптофитовых (-0,31) водорослей. Вторичное загрязнение реки в определенной степени связано с жизнедеятельностью Cyanophyta, в частности, *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs. Одним из факторов, влияющих на взаимосвязь численности синезелёных водорослей с содержанием фенолов в воде является количество выпавших осадков. В устьевой области реки, являющейся низкопроточной, в условиях теплого дождливого сезона, активного развития синезелёных водорослей, *Aph. flos-aquae*, возрастает риск увеличения содержания фенолов в воде.

Ключевые слова: фитопланктон; фенолы; осадки; устьевая область; Казанка

Введение

Фенолы входят в разработанный Организацией Объединенных Наций перечень приоритетных веществ, загрязняющих биосферу, влияющих на гидрохимические свойства воды и функционирование гидробионтов [13]. Поступление фенолов в водоемы происходит под влиянием внешних факторов и внутриводоемных процессов. Значительное количество фенолов поступает со сточными водами предприятий целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей, химической, нефтяной и металлургической промышленности. Источником вторичного загрязнения воды фенолами могут стать продукты метаболизма гидробионтов, высшей водной и наземной растительности, фитопланктона в период их массового развития [5, 24, 31, 32]; процессы высвобождения низкомолекулярных ароматических соединений в ходе деструкции растительных лигнинсодержащих субстратов, пестицидов, полиароматических циклических соединений, тяжелых фракций углеводородов нефти, аккумулярованных в донных отложениях [7, 20]. Роль и удельный вес каждого из перечисленных источников сугубо специфичны для водотока, в значительной степени они определяются почвенно-климатическими условиями, степенью развития промышленности и сельского хозяйства на территории водосбора.

Для фенолов во взаимодействии с некоторыми веществами характерно явление синергизма, вступая в реакции с хлорсодержащими сточными водами, они могут превращаться в стойкие токсичные вещества [21]. Предельная допустимая концентрация для водоемов рыбохозяйственного значения ($\text{ПДК}_{\text{рх}}$) по фенолам составляет 0,001 мг/л [14].

Устьевая область реки Казанки, находящаяся в зоне подпора водами Куйбышевского водохранилища [4, 17], расположена в черте г. Казани (Республика Татарстан), одного из наиболее крупных промышленно-урбанизированных центров Среднего Поволжья. Будучи центральным природным элементом городского ландшафта, устьевая область реки является приемником ливневых сточных вод и

важной частью системы инженерной защиты города. В течении нескольких последних лет в водах систематически фиксируется превышение ПДК_{рх} по фенолам [1, 3, 9]. По данным Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан фенолы попадают в реку Казанку с поверхностным стоком с территорий предприятий по производству синтетического каучука, мясокомбинатов, кожевенных заводов и нефтехимических комбинатов [19]. Исследования по изучению вторичного загрязнения водотока фенолами, в частности по фитопланктону, ранее не проводились.

Цель: установить взаимосвязь структурных и количественных показателей фитопланктона с содержанием фенолов в устьевой области реки Казанки.

Объекты и методы исследования

Исследования проводили в 2017-2018 гг. в ходе комплексной, гидробиологической и гидрохимической, экспедиции Института проблем экологии и недропользования АН РТ (г. Казань) в устьевой области реки Казанки. Гидробиологические (фитопланктон) и гидрохимические (содержание фенолов в воде) пробы отбирались на пяти станциях в поверхностном слое воды, один раз в месяц с мая по сентябрь. Всего за период исследований было отобрано 50 количественных и качественных проб (рис. 1).



Рис. 1 Схема расположения станций отбора проб в устьевой области реки Казанки в 2017–2018 гг.

Примечание: станция (ст.) 1 – р-н выпуска ливневых вод с ул. Гаврилова; ст. 2 – пос. Торфяной; ст. 3 – р-н выше по течению от 3-й транспортной дамбы; ст. 4 – р-н Русско-Немецкой Швейцарии; ст. 5 – р-н выше по течению от моста Миллениум

Сбор и обработка проб фитопланктона проведена по общепринятым методикам [15]. Пробы, зафиксированные раствором Люголя, концентрированы фильтрацией через мембранные фильтры марки «Владипор» №10 (с диаметром пор около 1 мкм) с применением вакуумного насоса. Подсчет и измерение водорослей проведены в камере Горяева (объем 0,9 мкл) в трех повторностях; биомасса определена счетно-объемным методом. Для идентификации видовой принадлежности водорослей использованы отечественные руководства: «Определитель пресноводных водорослей СССР» в 13 томах (1951-1986 гг.), «Определитель диатомовых водорослей России» [12]. Из зарубежных руководств использовали определители серий «Süßwasserflora von

Mitteleuropa» (1983-2005 гг.). При составлении списка видов учтены современные номенклатурные преобразования, представленные на сайте Algaebase [26]. При обработке отдельных таксономических групп водорослей руководствовались следующими источниками: по диатомовым водорослям – работы М.С. Куликовского [12] и Н. Lange-Bertalot [29], динофитовым – согласно классификации J. Popovsky, L.A. Pfister [30] и А.Ф. Крахмального [10], синезеленым – работы J. Komarek и K. Anagnostidis [27, 28]. Анализ по определению концентрации фенолов в воде выполнен в лаборатории эколого-аналитических измерений и мониторинга окружающей среды ИПЭН АН РТ*.

В работе использованы гидрометеорологические данные (среднесуточная температура воздуха, уровень воды на Куйбышевском водохранилище у г. Казани (55°46'11,6" с.ш., 48°59'45,1" в.д.), количество выпавших осадков), сведения которых получены из открытых ГИС-порталов в сети Интернет по адресам: www.pogodaiclimat.ru, www.tatarmeteo.ru. Предполагая, что внешнее воздействие на фитопланктон регулируется, в частности, временным фактором, в анализе использовали среднее значение температуры воздуха, уровня воды и общее количество выпавших осадков за семь дней до отбора проб (выбор времени произвольный).

В качестве характеристик сообществ водорослей рассмотрены: численность (N, млн кл./л) и биомасса (B, мг/л) фитопланктона и его отдельных таксономических групп (Cyanophyta, Bacillariophyta, Cryptophyta и Miozoa (кл. Dinophyceae)). Данные четыре отдела вносят наибольший вклад в суммарную численность и/или биомассу фитопланктона устьевой области реки Казанки в летне-осенний период 2017–2018 гг. К доминирующим отнесены виды, численность и/или биомасса которых составляла не менее 10% от общей [2]. Характеристика трофического состояния водоема дана по уровню биомассы фитопланктона с использованием классификации И.С. Трифионовой [22]. Расчеты коэффициента линейной корреляции (коэффициент Пирсона) и критерия Манна-Уитни, многофакторный дисперсионный анализ данных проведены с помощью программы Statistica 10 [23].

Результаты и обсуждение

В вегетационный период 2017 и 2018 гг. основу структуры фитопланктона устьевой области реки Казанки составили Cyanophyta (с июня по сентябрь) и Bacillariophyta (с мая по июнь). Немаловажное значение в формирование биомассы внесли Miozoa и Cryptophyta. Основной вклад в количественное развитие синезеленых внесли *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs, *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anagn. et. Kom. и *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Bréb.; диатомовых – центричные формы диатомей; динофитовых – *Ceratium hirundinella* (O. F. M.) Bergh и *Peridinium* sp.; криптофитовых – *Chroomonas acuta* Uterm., виды р. *Cryptomonas* [2]. В летний период (июль-август) интенсивно развивались, вызывая «цветение» воды, синезеленые водоросли (до 97,6% от общей численности, до 87,3% от общей биомассы). В 2017 г. численность Cyanophyta превысила 100 млн кл./л на ст. 1, 3 и 5, в 2018 г. – на ст. 2, 4 и 5.

С мая по сентябрь 2017 г. на территории г. Казани количество выпавших осадков составило 32,0-95,0 мм (78-142% от нормы), в 2018 – 23,0-59,0 мм (44-87% от нормы); среднемесячная температура в 2017 г. – +11,0...+19,7°C (отклонение от нормы составило -2,5...+2,0°C), в 2018 г. – +14,4...+22,3°C (-1,2...+2,4°C от нормы); уровень воды в 2017 г. варьировал в пределах 715,7-837,5 см, в 2018 г. – 692,3-808,3 см.

По гидрометеорологическим показателям весенне-осенний периоды исследуемых годов достоверно различались ($p < 0,05$) по количеству выпавших осадков (297,4 мм в 2017 г. против 160,6 мм в 2018 г.), были схожи по уровню воды (среднее значение за исследуемый период составило $781,4 \pm 25,2$ см против $750,2 \pm 21,2$ см,

соответственно) и среднесуточной температуре воздуха ($15,6 \pm 1,8^\circ\text{C}$ против $17,5 \pm 1,6^\circ\text{C}$, соответственно). Концентрация фенолов в устьевой области р. Казанки в 2017 г. варьировала в пределах 0-0,004 мг/л, в 2018 г. – 0-0,001 мг/л (рис. 2). В 2017 г. превышение ПДК_{рх} по фенолам зарегистрировано на ст. 1 и 3 (0,003-0,004 мг/л, 3-4 ПДК), в 2018 г. концентрация фенола отмечалась в пределах нормы (0-0,001 мг/л).

По количественным показателям фитопланктона весенне-осенний периоды исследуемых годов различались по общей биомассе фитопланктона (в 2017 г. среднее значение за пять исследуемых месяцев составило $16,1 \pm 3,5$ мг/л против $6,5 \pm 0,7$ мг/л в 2018 г.), биомассе криптофитовых ($3,0 \pm 1,7$ мг/л против $0,2 \pm 0,09$ мг/л, соответственно) и динофитовых водорослей ($1,5 \pm 1,1$ мг/л против $0,2 \pm 0,1$ мг/л, соответственно). Все остальные рассматриваемые показатели фитопланктона были схожи.

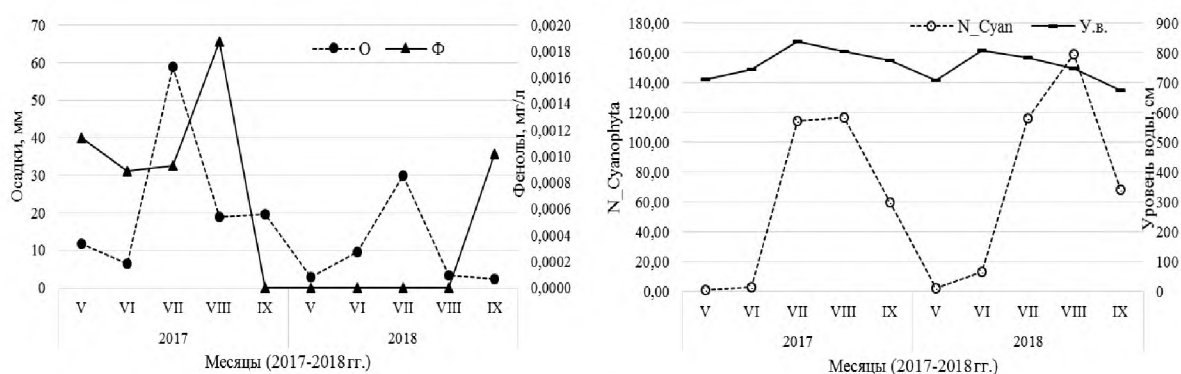


Рис. 2 Изменчивость величин гидрометеорологических факторов и численности Cyanophyta

Примечание: V – май; VI – июнь; VII – июль; VIII – август; IX – сентябрь; О – осадки; Ф – фенолы; N_Cyan – численность синезелёных; У.в. – уровень воды

Таким образом, в весенне-осенний период 2017 г., в отличие от 2018 г., отмечено превышение количества выпавших осадков от нормы и ПДК_{рх} по фенолам в устьевой области реки. По уровню биомассы фитопланктона исследуемый участок в 2017 г. характеризовался как высокоэвтрофный, 2018 г. – эвтрофный.

Результаты расчета коэффициентов линейной корреляции представлены в табл. 1. Выявлена корреляция ($p < 0,05$) между содержанием фенолов количественными характеристиками фитопланктона в устьевой области реки Казанки. В 2017 г. на уровне значимой положительной корреляции содержание фенолов связано с общей численностью фитопланктона (0,62) и численностью Cyanophyta (0,66); отрицательной – с численностью и биомассой Bacillariophyta (-0,62). В 2018 г. содержание фенолов отрицательно коррелирует с общей биомассой фитопланктона (-0,58), с численностью и биомассой Bacillariophyta (-0,42 и -0,36), с биомассой Cryptophyta (-0,31). Межгодовая изменчивость в значениях коэффициентов линейной корреляции, вероятно, определяется сложной опосредованностью влияния внешних факторов на растительные клетки, а также их межгодовой вариабельностью.

Таким образом, содержание фенолов в определенной степени коррелирует с жизнедеятельностью синезеленых, диатомовых и криптофитовых водорослей. С помощью многофакторного дисперсионного анализа установлена взаимосвязь ($p < 0,05$) трех показателей – численности синезеленых водорослей, содержания фенолов в воде и суммарного количества выпавших осадков. Учитывая значения коэффициентов линейной корреляции и результаты дисперсионного анализа следует, что вторичное загрязнение устьевой области реки Казанки фенолами в определенной степени связано с количественным развитием синезеленых водорослей. Одним из факторов, регулирующих данный процесс, является количество выпавших осадков.

Таблица 1

Коэффициенты линейной корреляции структурных показателей фитопланктона с содержанием фенолов в устьевой области реки Казанки в 2017–2018 гг.

Факторы	Год	Общая		Cyanophyta		Bacillariophyta		Cryptophyta		Miozoa	
		N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
Фенолы	2017	0,62	-0,28	0,66	0,34	-0,62	-0,62	-0,13	-0,13	0,25	0,20
	2018	-0,25	-0,58	-0,17	-0,12	-0,42	-0,36	-0,31	-0,31	-0,17	-0,18

Примечание: полужирным шрифтом выделены коэффициенты корреляции с уровнем значимости $p < 0,05$; N – численность фитопланктона; B – биомасса фитопланктона

В отношении количественных характеристик диатомовых водорослей и содержания фенолов в воде наблюдается «устойчивая картина»: на протяжении двух исследуемых сезонов численность и биомасса диатомовых отрицательно коррелирует ($p < 0,05$) с содержанием фенолов в воде (-0,62 в 2017 г. и -0,36–0,42 в 2018 г.). Статистическая взаимосвязь содержания фенолов в воде с количественными показателями Cryptophyta отмечена в 2018 г. (-0,31), с Miozoa (кл. Dinophyceae) отсутствует в исследуемые сезоны 2017-2018 гг.

В весенне-осенний период 2017-2018 гг. доминирующими видами в сообществе синезеленых водорослей являются: *P. agardhii*, *Aph. flos-aquae* и *An. flos-aquae*. Динамика численности доминирующих видов в летне-осенний период 2017-2018 гг. в устьевой области реки Казанки представлена в табл. 2.

Таблица 2

Количественные показатели Cyanophyta, доминирующих видов синезеленых водорослей в фитопланктоне устьевой области реки Казанки

Год	Месяц	Cyanophyta	<i>Planctothrix agardhii</i>	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	<i>Anabaena flos-aquae</i>
2017	V	<u>1,09±0,28</u> 0,03±0,008	<u>0,69±0,29</u> 0,02±0,009	<u>0,01±0,01</u> 0,00001±0,00001	0
	VI	<u>3,06±0,61</u> 0,11±0,02	<u>1,76±0,45</u> 0,05±0,01	<u>0,01±0,01</u> 0,00001±0,00001	0
	VII	<u>114,40±29,30</u> 11,03±3,21	<u>29,99±4,98</u> 0,94±0,15	<u>80,61±24,96</u> 9,82±3,04	<u>1,20±0,24</u> 0,11±0,01
	VIII	<u>117,02±8,73</u> 5,01±0,47	<u>97,04±8,01</u> 3,05±0,25	<u>7,67±1,80</u> 0,93±0,21	<u>5,66±2,07</u> 0,93±0,21
	IX	<u>59,78±11,64</u> 2,00±0,37	<u>57,76±11,67</u> 1,80±0,37	<u>0,64±0,26</u> 0,08±0,03	<u>0,03±0,028</u> 0,002±0,002
	Среднее значение	<u>59,07±10,11</u> 3,64±0,82	<u>37,45±5,08</u> 1,17±0,16	<u>17,79±5,41</u> 2,17±0,66	<u>1,38±0,47</u> 0,21±0,04
2018	V	<u>2,43±0,83</u> 0,08±0,02	<u>2,24±0,86</u> 0,07±0,02	<u>0,09±0,06</u> 0,01±0,008	0
	VI	<u>20,67±2,26</u> 0,46±0,08	<u>10,82±2,08</u> 0,34±0,06	<u>0,18±0,11</u> 0,02±0,01	<u>0,89±0,28</u> 0,08±0,02
	VII	<u>123,82±23,85</u> 4,42±0,87	<u>116,59±22,13</u> 3,67±0,69	<u>5,59±1,98</u> 0,68±0,23	<u>0,78±0,33</u> 0,07±0,03
	VIII	<u>162,77±17,61</u> 5,34±0,58	<u>159,21±17,46</u> 5,01±0,55	<u>1,09±0,40</u> 0,13±0,04	<u>1,09±0,49</u> 0,10±0,04
	IX	<u>72,90±18,29</u> 2,61±0,58	<u>69,31±18,55</u> 2,18±0,58	<u>3,56±1,88</u> 0,43±0,23	<u>0,06±0,04</u> 0,006±0,004
	Среднее значение	<u>76,52±12,57</u> 2,58±0,43	<u>71,63±12,22</u> 2,25±0,38	<u>2,10±0,89</u> 0,25±0,10	<u>0,56±0,23</u> 0,05±0,02

Примечание: в числителе – численность (млн кл./л); в знаменателе – биомасса (мг/л)

Численность и биомасса *Aph. flos-aquae* в дождливый 2017 г. на порядок выше, чем в 2018 г. ($17,79 \pm 5,41$ против $2,10 \pm 0,89$ млн кл./л; $2,17 \pm 0,66$ против $0,25 \pm 0,10$ мг/л). В весенне-осенний период 2017-2018 гг. количественные показатели *P. agardhii* были схожи (табл. 2).

Анализ данных показывает, что в период увеличения количества выпавших осадков, увеличивается численность *Aph. flos-aquae* и содержание фенолов в воде. Известно, что количество выпавших атмосферных осадков влияет на процессы формирования качества речных вод [16], развитие гидробионтов [8, 11, 18], структуру фитопланктона [25]. Интенсивные осадки способны как снижать концентрации загрязняющих веществ в воде за счет разбавления, так и увеличивать их за счет интенсификации стока с водосборной территории. Влияние осадков на водоросли в значительной степени происходит опосредовано, поскольку они определяют повышенный приток паводковых вод [6].

На основании выше представленного следует, что одним из источников вторичного загрязнения устьевой участка реки Казанки являются синезеленые водоросли, в частности вид *Aph. flos-aquae*. Одним из факторов, регулирующих данный процесс, является количество выпавших осадков. Вероятно, в условиях теплого дождливого лета и активного развития *Aph. flos-aquae* следует ожидать увеличения содержания фенолов в воде.

Сопоставляя графики (рис. 2 и рис. 3), можно отметить, что в более дождливый 2017 г. общая биомасса фитопланктона и содержание фенолов в воде выше, чем в более засушливый 2018 г.

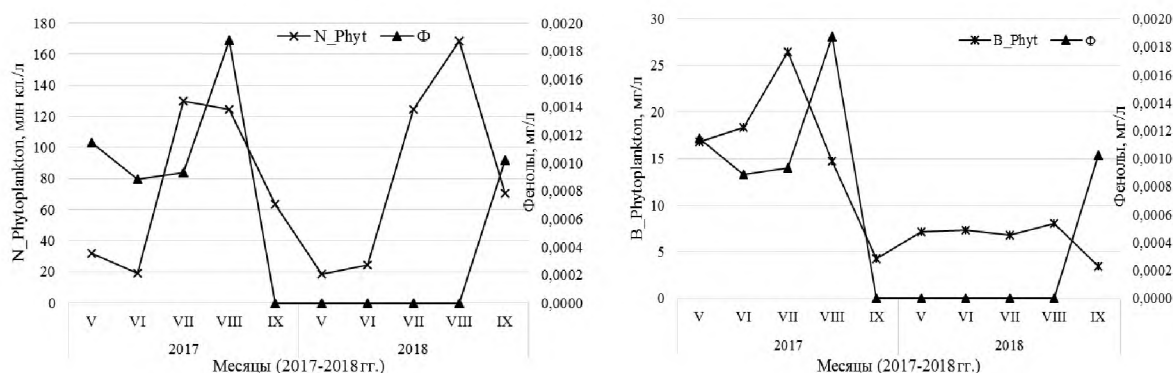


Рис. 3 Результаты расчета содержания фенолов и количественных показателей фитопланктона в устьевой области реки Казанки в 2017-2018 гг.

Примечание: V – май; VI – июнь; VII – июль; VIII – август; IX – сентябрь; Ф – фенолы; N_Phyt – общая численность фитопланктона; B_Phyt – общая биомасса фитопланктона

Следовательно, в низкопроточной устьевой области реки Казанки в условиях теплого и дождливого сезона возрастает риск увеличения биомассы фитопланктона и содержания фенолов в воде.

Выводы

В весенне-осенний период 2017-2018 гг. основу структуры фитопланктона в устьевой области реки Казанки составляют Cyanophyta, Bacillariophyta, Miozoa и Cryptophyta. В летний период периодически отмечаются сверхнормативные концентрации фенолов в воде, численность синезеленых водорослей превышает 100 млн кл./л.

С помощью статистического анализа выявлена корреляция между содержанием фенолов с количественными показателями синезеленых, диатомовых, криптофитовых водорослей. Вторичное загрязнение устьевой области реки в определенной степени связано с жизнедеятельностью Cyanophyta, в частности, с *Aphanizomenon flos-aquae*. В результате многофакторного дисперсионного анализа установлено, что одним из факторов, влияющих на взаимосвязь численности синезеленых водорослей с содержанием фенолов в воде, является количество выпавших осадков.

Таким образом, в устьевой области реки Казанки, являющейся низкопроточной, в условиях теплого дождливого сезона, активного развития синезеленых водорослей, в частности *Aph. flos-aquae*, возрастает риск увеличения содержания фенолов в воде.

* Авторы выражают благодарность к.х.н. Ю.Е. Игнатьеву и к.б.н. Д.В. Иванову за помощь в проведении химико-аналитических измерений

Список литературы

1. Абдулганиев Ф.С., Латыпова В.З., Сабанаев Р.Н. Оценка антропогенной нагрузки на поверхностные воды р. Казанки и рекомендации по снижению интенсивности процессов эвтрофирования // Глобальное распространение процессов антропогенного эвтрофирования водных объектов: проблемы и пути решения: материалы международной конференции, 2017. – С. 71-80.
2. Абрамова К.И., Токинова Р.П., Шагидуллин Р.Р. Динамика сезонного развития альгоценоза в Казанском заливе Куйбышевского водохранилища // Вода: химия и экология. – 2019. – № 7. – 9. – С. 62-66.
3. Валиев В.С., Иванов Д.В., Шагидуллин Р.Р., Шамаев Д.Е., Мустафина Л.К., Шурмина Н.В., Абдуллина Ф.М., Богданова О.А., Зиганшин И.И. Оценка вклада загрязняющих веществ в формирование класса загрязненности поверхностных вод // Российский журнал прикладной экологии. – 2018. – № 3. – С. 57-64.
4. Гидроэкология устьевых областей притоков равнинного водохранилища / ред. А.В. Крылов. – Ярославль: Филигрань, 2015. – 466 с.
5. Говорова Ж.М., Говоров О.Б. Влияние фитопланктона на формирование качества воды и методы его удаления // Сантехника. Отопление. Кондиционирование. – 2019. – № 2. – С. 32-35.
6. Даценко Ю.С., Пуклаков В.В., Эдельштейн К.К. Анализ влияния абиотических факторов на развитие фитопланктона в малопроточном стратифицированном водохранилище // Труды Карельского научного центра РАН. – 2017. – № 10. – С. 73-85.
7. Запрометов М.Н. Основы биохимии фенольных соединений. – М.: Высшая школа, 1974. – 214 с.
8. Ильяш Л.В., Маторин Д.Н. Особенности пространственного распределения фитопланктона залива Нячанг Южно-Китайского моря в период интенсивных осадков // Океанология. – 2007. – Т. 47. – № 6. – С. 847-856.
9. Корчева Е.С., Степанова С.В., Шайхиев И.Г. Оценка качества воды реки Казанка // Вестник технологического университета. – 2016. – Т. 19. – № 20. – С. 186-189.
10. Крахмальний А.Ф. Динофитовые водоросли Украины (иллюстрированный определитель). – Киев: Альтерпрес, 2011. – 444 с.
11. Крылов А.В., Кулаков Д.В., Цветков А.И., Папченков В.Г. Влияние атмосферных осадков и численности колонии околотовных птиц на зоопланктон литоральной зоны малого высокотрофного озера // Поволжский экологический журнал. – 2013. – № 1. – С. 61-70.

12. Куликовский М.С., Глущенко А.М., Генкал С.И., Кузнецова И.В. Определитель диатомовых водорослей России. – Ярославль: Филигрань, 2016. – 804 с.
13. Кумани М.В., Соловьева Ю.А., Корнилов А.Г. Особенности фенольного загрязнения рек Курской и Белгородской областей // Научные ведомости. – 2011. – № 15(110). – Вып. 16. – С. 193-198.
14. Локтионова Е.Г., Болонина Г.В., Яковлева Л.В. Мониторинг загрязнения фенолами, нефтепродуктами и синтетическими поверхностно-активными веществами внутренних водоемов г. Астрахани // Вестник ОГУ. – 2012. – № 6 (142). – С. 112-116.
15. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / Отв. ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовской. – М.: Наука, 1975. – 240 с.
16. Минакова Е.А. Учет метеорологических факторов в управлении качеством поверхностных вод. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.36 / Институт озераведения РАН. – Санкт-Петербург, 2004. – 24 с.
17. Мозжерин В.И., Ермолаев О.П., Мозжерин В.В. Река Казанка и ее бассейн. – Казань: Orange key, 2012. – 280 с.
18. Отюкова Н.Г., Цельмович О.Л., Крылов А.В. Влияние количества атмосферных осадков и зарегулирования стока на химический состав воды и зоопланктон малой реки // Биология внутренних вод. – 2007. – № 3. – С. 48-55.
19. Постановление исполнительного комитета г. Казани. О правилах пользования водоотводящей системой поверхностного стока г. Казани. – <http://www.kzn.ru>. – 2009. – 65 с.
20. Соловьева Ю.А., Кумани М.В. Фенольное загрязнение рек Центрального Черноземья как результат эрозионных процессов на водосборах // Двадцать девятое пленарное межвузовское координальное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов: доклады и краткие сообщения. – Ульяновск, 2014. – С. 123-125.
21. Сычева Е.В. Критерии оценки экологического риска воздействия фенолов на водную экосистему // Известия ПГУПС. – 2008. – № 3. – С. 258-263.
22. Трифонова И.С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. – Л.: Наука, 1990. – 184 с.
23. Халафян А.А. Statistica 6. Статистический анализ данных. – М.: Бином, 2008. – 512 с.
24. Babich H. and Davis D. Phenol: A review of environmental and health risks // Regulatory Toxicology and Pharmacology. – 1981. – No. 1. – P. 90-109.
25. Guangjie Zhou, Xuemin Zhao, Yonghong Bi, Zhengyu Hu. Effects of rainfall on spring phytoplankton community structure in Xiangxi Bay of the Three-Gorges Reservoir, China // Fresenius Environmental Bulletin. – 2012. – Vol. 21ю – No. 11. – P. 3533-3541.
26. Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. – [http:// www.algaebase.org](http://www.algaebase.org).
27. Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales // Süßwasserflora von Mitteleuropa. – Bd. 19 (1). – Jena: Gustav Fischer, 1998. – 548 p.
28. Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota 2. Teilung Oscillatoriales // Süßwasserflora von Mitteleuropa. – 2005. – Bd. 19 (2). – 759 p.
29. Lange-Bertalot H. (Ed.). Diatomeenim Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa. – Koeltz Scientific Books, 2013. – 908 p.
30. Popovsky J., Pfister L.A. Dimophyceae (Dinoflagellida) // Süßwasserflora von Mitteleuropa. – Bd. 6. – Jena, 1990. – 272 p.
31. Sheng-Nan Chen, Pan-Lu Shang, Peng-Liang Kang and Man-Man Du. Metabolic functional community diversity of associated bacteria during the degradation of phytoplankton from a Drinking water reservoir // Environmental Research and Public Health. – 2020. – No. 17. – P. 1-12.

32. *Zyszka-Haberecht Beata, Niemczyk Emilia, Lipok Jacek*. Metabolic relation of cyanobacteria to aromatic compounds // *Applied Microbiology and Biotechnology*. – 2019. – 103. – P. 1167-1178.

Статья поступила в редакцию 26.05.2020 г.

Abramova K.I., Tokinova R.P., Shagidullin R.R. Analysis of the relationship between structural indicators of phytoplankton and phenol content in the Kazan Bay of the Kuibyshev reservoir // *Bull. Of the State Nikita Botan. Gard.* – 2020. – № 137. – P. 38-46.

In the waters of the Kazan Bay of the Kuibyshev reservoir, located within the city of Kazan, excessive concentrations of phenols are periodically present in the summer period, the number of Cyanophyta (Cyanoprokaryota) exceeds 100 million c./l, reaching a potentially dangerous level for public health. As a result of statistical analysis ($p < 0,05$), it was revealed that in the spring-autumn period of 2017 – 2018, to a certain extent, the content of phenols correlates with structural characteristic of Cyanophyta (linear correlation coefficient was 0.66), Ochrophyta (-0,36 – -0,62) and Cryptophyta (-0,31). Hydrometeorological factors (air temperature, precipitation) can influence the number and biomass of phytoplankton and its individual taxonomic groups. In the Kazan Bay, which is characterized as a low-flow, in the rainy spring-autumn season, the risk of increasing phytoplankton biomass and phenol content in the water increases.

Key words: *phytoplankton; phenols; precipitation; estuarine area; Kazanka*