

СТРУКТУРА И ТОКСИЧНОСТЬ ЦИАНОБАКТЕРИЙ В РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОНАХ ВОДОЕМОВ КАЗАНСКОГО РЕГИОНА

Приводятся данные по видовому составу и структурным показателям фитопланктона в рекреационных зонах водоемов Казанского региона. Применение иммуноферментного анализа для идентификации цианотоксинов позволило определить их содержание на уровне 0,25–5,72 мкг/л. Определен ориентировочный показатель численности синезеленых водорослей на уровне 21 млн. кл/л, выше которого наблюдается превышение нормативов содержания цианотоксинов в воде, рекомендованных ВОЗ.

Введение

Одним из самых неблагоприятных последствий эвтрофикации водоемов является массовое развитие синезеленых водорослей или цианобактерий. Это явление само по себе является мощным стрессором для водных экосистем и создает множество проблем при рекреационном, хозяйственном и питьевом использовании водоемов. Кроме того, синезеленые водоросли способны синтезировать токсические вещества – цианотоксины. Не менее 50 % случаев «цветения» воды вызвано их массовым развитием [1]. На сегодняшний день накопилось большое количество фактических материалов о токсическом действии цианобактерий на млекопитающих и человека [2-5].

Проблема массового развития токсичных синезеленых водорослей в водоемах питьевого и рекреационного назначения с точки зрения опасности для здоровья населения отнесена Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) к одной из приоритетных [1]. В большинстве развитых стран установлены ПДК для наиболее распространенных цианотоксинов, определена программа мониторинга токсичного цветения и комплекс мероприятий по предупреждению

неблагоприятного воздействия цианотоксинов на здоровье населения [5-7]. В нашей стране до сих пор отсутствуют стандарты безопасного для здоровья человека содержания цианотоксинов в воде. Работы, связанные с изучением токсикологического аспекта массового развития синезеленых водорослей, включающие определение содержания цианотоксинов в воде, в нашей стране на сегодняшний день малочисленны. Недооценка токсических последствий «цветения» водоемов не позволяет защитить население при использовании воды в питьевых и рекреационных целях [2, 8].

Присутствие цианотоксинов в воде можно выявить различными способами, как косвенными, например, при помощи микроскопирования проб воды и идентификации в них представителей цианобактерий, так и прямыми аналитическими методами качественного и количественного анализа. К числу последних относятся методы, основанные на ингибировании протеин фосфатаз, ПЦР-диагностике, хроматографии, иммуноферментном анализе (ИФА) [9]. ИФА имеет ряд важных преимуществ, таких как экспрессность, высокая специфичность реакции, возможность обнаружения в нанодиапазоне концентраций, что позволяет его широкое использование для скрининга цианотоксинов в поверхностных водоемах питьевого и рекреационного назначения.

Цель данной работы – определить структуру фитопланктона в период массового «цветения» воды и суммарное содержание цианотоксинов в рекреационных зонах Казанского региона.

Н.Ю. Степанова*,

профессор кафедры прикладной экологии Института экологии и географии, ФГАОУ ВПО Казанский (Приволжский) федеральный университет; профессор кафедры промышленной экологии, ФГБОУ ВПО, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева

* Адрес для корреспонденции: step090660@yandex.ru

Материалы и методы исследования

Исследование содержания цианотоксинов проводилось в пробах воды, отобранных в течение августа 2011 г., в период массового развития планктонных водорослей на 4 водных объектах в рекреационных зонах и в районе водозабора г. Казань (табл. 1): Ст. 1 – н.п. Нижний Услон (пляж); Ст. 2 – н.п. Нижний Услон (залив); Ст. 3 – район водозабора г. Казань; Ст. 4 – устье р. Кама (у р.ц. Лаишево), Ст. 5 – р. Меша (средняя часть), Ст. 6 – оз. Нижний Кабан (в центральной части г. Казань).

Пробы воды отбирались на открытых прибрежных мелководьях с глубин 0,5; 1,0 и 1,5 м. Отбор и камеральную обработку проб фитопланктона осуществляли согласно общепринятым методам [10, 11].

Методом непрямого иммуносорбентного анализа определяли концентрацию внутриклеточного микроцистина в пробах воды. Содержание микроцистина в воде определяли с помощью непрямого иммуносорбентного анализа (ELISA) с использованием стандартного набора для определения микроцистина (Microcystin plate kit, Beacon) с регистрацией на иммуноферментом анализаторе УНИПЛАН (АИФР-01).

Результаты и их обсуждение

Характеристика фитопланктона

Анализируя состав доминирующих видов и степень вегетации фитопланктона в исследованных водоемах можно отметить, что станции отбора проб характеризовались разным составом и обилием планктонных водорослей (табл. 2).

Таблица 1

Места отбора проб воды

№ станции	Наименование водоема	Населенный пункт, координаты места отбора	Цель водопользования
1	Куйбышевское водохранилище	Нижний Услон (пляж) 55.701444 с.ш.48.977517 в.д.	Рыбохозяйственная, хозяйственно-бытовая
2	Куйбышевское водохранилище	Нижний Услон (залив) 55.70348 с.ш., 48.977517 в.д.	Рыбохозяйственная, хозяйственно-бытовая
3	Куйбышевское водохранилище	Ст. Лагерная, р-н водозабора г. Казани 55.792671 с.ш., 48.956719 в.д.	Питьевая, рыбохозяйственная, хозяйственно-бытовая
4	Куйбышевское водохранилище, устье р. Кама	Р. ц. Лаишево 55.402505 с.ш., 49.543364 в.д.	Рыбохозяйственная, хозяйственно-бытовая
5	Р. Меша	Н. п. Толкияз 55.761347 с.ш., 50.061722 в.д.	Рыбохозяйственная, хозяйственно-бытовая
6	Оз. Нижний Кабан	Г. Казань 55.776705 с.ш., 49.123815 в.д.	Хозяйственно-бытовая

Л.Ю. Халиуллина,
кандидат биологических наук, ассистент кафедры ботаники, ФГАОУ ВПО Казанский (Приволжский) федеральный университет

О.В. Никитин,
ассистент кафедры прикладной экологии и географии, ФГАОУ ВПО Казанский (Приволжский) федеральный университет

В.З. Латыпова,
доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной экологии и географии, ФГАОУ ВПО Казанский федеральный (Приволжский) университет

В составе фитопланктона Ст. 1 было выявлено 11 видов водорослей, относящихся к 3 отделам. Из них 18 % относятся к синезеленым, 46 % – диатомовым и 36 % – зеленым. Общая численность и биомасса водорослей на данном участке составляли 6,36 млн. кл/л и 4,02 мг/л. Диатомовые водоросли составляли 32 % от общей численности и 71 % от общей биомассы, синезеленые – 36 % и 5 %, соответственно (рис. 1, 2). Зеленые водоросли образовывали 32 % от общей численности и 23 % от общей биомассы. Доминирующий комплекс водорослей образован видами синезеленых *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs., *Microcystis aeruginosa* Kutz., диатомовыми *Aulacoseira italica* (Ehr.) Kiitz., *Melosira varians* Ag., *Nitzschia palea* (Kiitz.) W. Sm., *Navicula* sp. Зеленые водоросли представлены хлорококковыми *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb., *Kirchneriella lunaris* (Kirhn.) Moeb., *Chodatella longiseta* Lemm. и вольвоксовыми водорослями рода *Chlamydomonas*.

Средняя численность видов синезеленых водорослей, типичных возбудителей «цветения» воды в Куйбышевском водохранилище, *Aphanizomenon flos-aquae* и *Microcystis aeruginosa* составляла 0,87 и 1,45 млн. кл/л, соответственно.

Индекс сапробности по биомассе фитопланктонных водорослей исследованного участка равнялся 1,60. Показатели трофического статуса по состоянию фитопланктона были оценены индексом трофности Милиуса [12, 13] по биомассе водорослей, которая на исследованном участке составила 58,91. Полученные количественные характеристики фитопланктона не очень высокие и свидетельствуют о том, что в целом состояние водной экосистемы на этом участке на момент проведения

исследований было удовлетворительное и соответствовало β-мезосапробному типу и мезотрофной зоне загрязнения.

В фитопланктоне Ст. 2 было обнаружено 10 видов водорослей, относящихся к 3 отделам. Из них 30 % относятся к синезеленым, 60 % – диатомовым и 10 % – зеленым водорослям (табл. 2). Общая численность и биомасса водорослей на данном участке на 99-100 % состояла из цианобактерий и составляла 5500,08 млн. кл/л и 628,41 мг/л (рис. 1, 2). На этом участке водохранилища наблюдалось чрезвычайно сильное «цветение» воды, которое было вызвано массовым развитием *Microcystis aeruginosa* (5428,56 млн. кл/л), *Anabaena flos-aquae* Вreb. (51,43 млн. кл/л), *Aphanizomenon flos-aquae* (7,14 млн. кл/л). Индекс сапробности исследованного участка равнялся 1,75, что соответствует мезосапробному типу водоема. Показатели трофического статуса по состоянию фитопланктона превышали 100, что указывает на гиперэвтрофную зону загрязнения.

В составе фитопланктона Ст. 3 в районе водозабора г. Казань было выявлено 17 видов водорослей, относящихся к 4 отделам. Из них 18 % относятся к синезеленым, 12 % – эвгленовым, 41 % – диатомовым и 29 % – зеленым водорослям (табл. 2). Общая численность и биомасса водорослей на данном участке (рис. 1, 2) составили 19,63 млн. кл/л и 10,64 мг/л. Диатомовые водоросли составили 18 % от общей численности и 50 % от общей биомассы, синезеленые – 66 % и 6 %, соответственно. Зеленые водоросли образовывали 14 % от общей численности и 27 % от общей биомассы. Численность эвгленовых водорослей невысокая (2 % от общей численности 17 % общей биомассы).

Доминирующий комплекс водорослей образован видами синезеленых *Aphanizomenon flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa*, диатомовыми *Aulacoseira islandica* o.Mill., *Aulacoseira italica*, *Nitzschia palea*, *Stephanodiscus hantzschii* Grun. Зеленые водоросли представлены хлорококковыми *Scenedesmus quadricauda*, *Monoraphidium arcuatum* (Korsch.) Hind. и вольвоксовыми водорослями рода *Chlamydomonas* и *Phacotus lenticularis*

Рис. 2. Численность фитопланктона по станциям наблюдения: 1 – н.п. Нижний Услон (пляж); 2 – н.п. Нижний Услон (залив); 3 – район водозабора г. Казань; 4 – р. Кама (у г. Лаишево); 5 – р. Меша (среднее течение); 6 – оз. Нижний Кабан (в центральной части г. Казань); N – численность водорослей: bac – диатомовых, chl – зеленых, sp – синезеленых, eug – эвгленовых, din – динофитовых. →

Таблица 2

Количество таксонов в отдельных группах фитопланктона по станциям наблюдения: 1- н.п. Нижний Услон (пляж); 2 – н.п. Нижний Услон (залив); 3 – район водозабора г. Казань; 4 – р. Кама (у г. Лаишево); 5 – р. Меша (среднее течение); 6 – оз. Нижний Кабан (в центральной части г. Казань).

	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	Ст. 4	Ст. 5	Ст. 6
Синезеленые	2	3	3	6	0	2
Эвгленовые	0	0	2	3	0	2
Динофитовые	0	0	0	0	0	1
Диатомовые	5	6	7	2	4	2
Желтозеленые	0	0	0	0	0	0
Криптофитовые	0	0	0	0	0	0
Золотистые	0	0	0	0	0	0
Зеленые	4	1	5	9	4	1
Всего	11	10	17	20	8	8

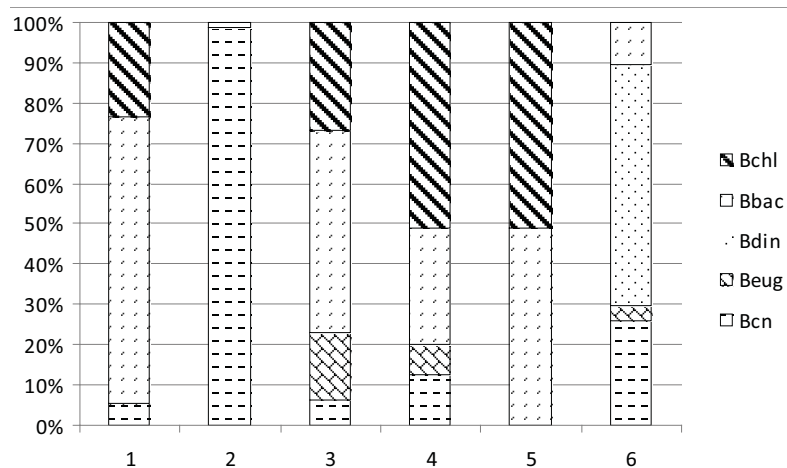
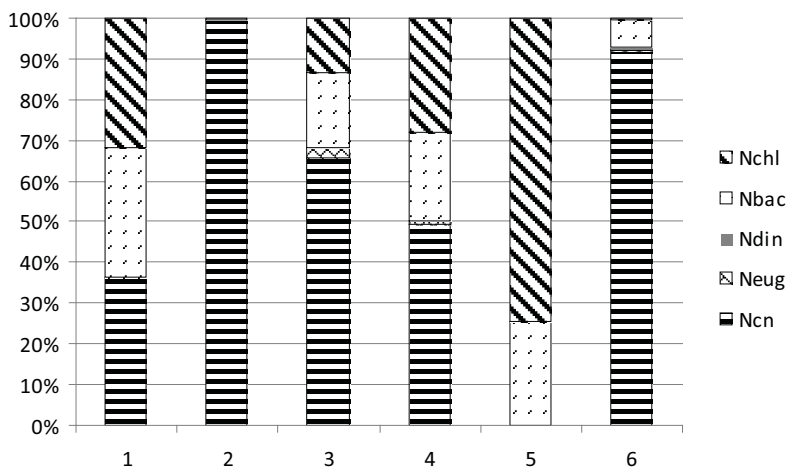


Рис. 1. Биомасса фитопланктона по станциям наблюдения: 1 – н.п. Нижний Услон (пляж); 2 – н.п. Нижний Услон (залив); 3 – район водозабора г. Казань; 4 – р. Кама (у г. Лаишево); 5 – р. Меша (среднее течение); 6 – оз. Нижний Кабан (в центральной части г. Казань); B – биомасса водорослей: bac – диатомовых, chl – зеленых, sp – синезеленых, eug – эвгленовых, din – динофитовых.



(Ehr.) Stein. Из эвгленовых водорослей преобладали *Trachelomonas planctonica* Swir.

Средняя численность видов цианобактерий *Aphanizomenon flos-aquae* и *Microcystis aeruginosa* не превышала 2,22 и 1,78 млн. кл/л. Индексы сапробности характеризовали принадлежность вод исследованного участка к β -мезосапробной зоне и в среднем равнялись 1,64. Показатели трофического статуса составили 68,72 и соответствовали эвтрофной зоне загрязнения.

В фитопланктоне Ст. 4 (р. Кама у р.д. Лаишево) выявлено 20 видов водорослей, относящихся к 4 отделам (табл. 2). Из них 30 % относятся к синезеленым, 15 % – эвгленовым, 10 % – диатомовым и 45 % – зеленым водорослям. Общая численность и биомасса водорослей на данном участке составили 59,57 млн. кл/л и 23,57 мг/л. Диатомовые водоросли образовывали 21 % от общей численности и 29 % от общей биомассы, синезеленые – 49 % и 12 %, соответственно (рис. 1, 2). Зеленые водоросли образовывали 28 % от общей численности и 51 % от общей биомассы. Эвгленовые водоросли немногочисленны (1 % от общей численности 8 % общей биомассы). Доминирующий комплекс водорослей образован видами синезеленых *Anabaena scheremetievi* Elenc., *An. flos-aquae*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa*, *Gomphosphaeria lacustris* Chod., диатомовыми *Aulacoseira islandica*, *A. italica*, *Navicula* sp. Зеленые водоросли представлены хлорококковыми *Dictyosphaerium pulchellum* Wood., *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus acuminatus* (Lagerh.) Chod., *Monoraphidium arcuatum*, *Pediastrum duplex* Meyen. и вольвоксовыми водорослями *Phacotus lenticularis*, *Pandorina morum* (Mill.) Vory. Из эвгленовых водорослей преобладают *Trachelomonas planctonica*, *Euglena viridis* Ehr., *Trachelomonas intermedia* Dang.

На этом участке из цианобактерий наиболее многочисленны виды рода *Anabaena* (6,91-

Ключевые слова:

синезеленые водоросли, цианотоксины, иммуноферментный анализ

17,27 млн. кл/л), численность видов *Aphanizomenon flos-aquae* и *Microcystis aeruginosa* не превысила 0,06 млн. кл/л.

Индексы сапробности показали β -мезосапробную зону и равнялись 1,75. Показатели трофического статуса составили 76,74 и соответствовали эвтрофной зоне загрязнения.

В составе фитопланктона Ст. 5 (р. Меша) было выявлено 8 видов водорослей (табл. 2), относящихся к диатомовым и зеленым (по 4 вида). Общая численность и биомасса водорослей на данном участке составили 5,07 млн. кл/л и 17,46 мг/л. Диатомовые водоросли составили 25 % от общей численности и 49 % от общей биомассы, зеленые – 75 % и 51 %, соответственно (рис. 1, 2). Доминирующий комплекс водорослей образован видами диатомовых *Melosira varians*, *Cocconeis placentula* Ehr., *Navicula* sp. Зеленые водоросли представлены хлорококковыми *Scenedesmus quadricauda* и вольвоксовыми водорослями рода *Chlamydomonas*, *Phacotus lenticularis*, *Pandorina morum*. Цианобактерии в момент данных исследований в этих пробах не обнаружены.

Индекс сапробности исследованного участка равнялся 1,84, показатели трофического статуса по состоянию фитопланктона составили 73,71, что соответствует β -мезосапробному типу и мезотрофной зоне загрязнения.

В составе фитопланктона Ст. 6 (оз. Нижний Кабан в центральной части г. Казань) также было выявлено 8 видов водорослей, относящихся к 5 отделам (табл. 2). 25 % видов относятся к синезеленым, 25 % – эвгленовым, 25 % – диатомовым, 12 % – динофитовым и 13 % – зеленым водорослям. Общая численность и биомасса водорослей в озере равнялись 215,92 млн. кл/л и 54,59 мг/л. Диатомовые водоросли составили 7 % от общей численности и 10 % от общей биомассы, синезеленые – 92 % и 26 %, соответственно. Крупноразмерные динофитовые водоросли *Ceratium hirundinella* (O.P.M.)

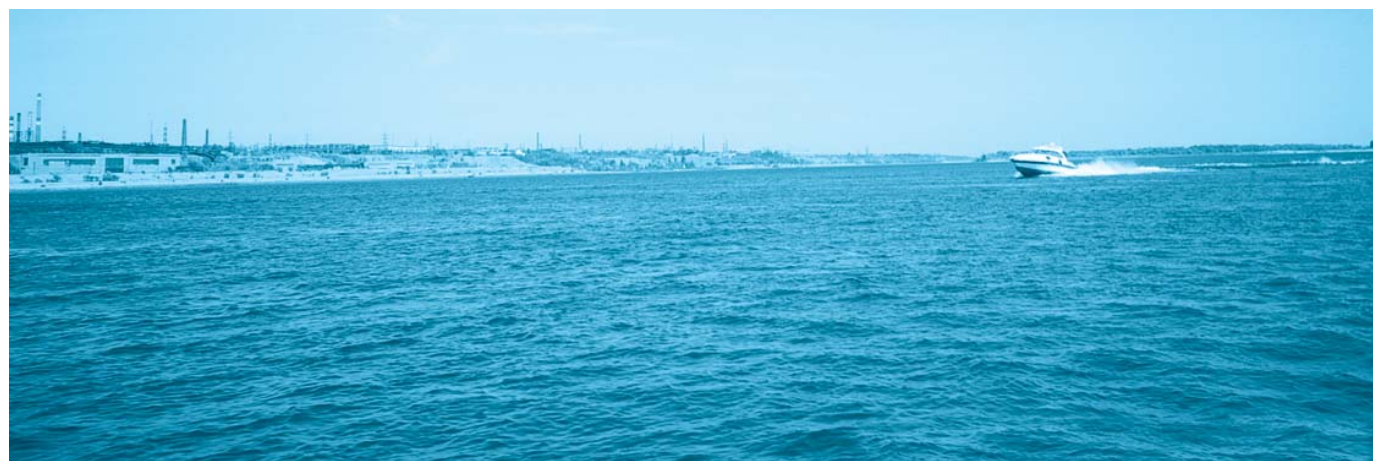


Таблица 3

Количественные показатели цианобактерий и суммарное содержание микроцистинов по станциям наблюдения (1 – н.п. Нижний Услон (пляж); 2 – н.п. Нижний Услон (залив); 3 – район водозабора г. Казань; 4 – р. Кама (у г. Лаишево); 5 – р. Меша (среднее течение); 6 – оз. Нижний Кабан (в центральной части г. Казань)).

Показатель	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	Ст. 4	Ст. 5	Ст. 6
Биомасса, мг/л	0,22	619,82	0,68	2,93	0	14,11
Численность, млн. кл/л	2,30	5487,14	12,88	29,42	0	197,69
Сумма микроцистинов (мкг/л)	0,71±0,27	5,72±1,02	1,48±0,21	0,50±0,24	0,45±0,03	1,52±0,13

Schrank. образовывали до 60 % общей биомассы (рис. 1, 2).

В озере наблюдалось сильное «цветение» воды, вызванное *Aphanizomenon flos-aquae*, численность которого достигал значений 171,26 млн. кл/л. Доминирующий комплекс водорослей также был представлен видами синезеленых *Oscillatoria planctonica* Wotosz., диатомовыми *Synedra ulna* (Nitzsch.) Ehr. и *Nitzschia palea*.

Индекс сапробности вод исследованного участка относился к β-мезосапробной зоне и в среднем равнялся 1,52. Показатели трофического статуса составили 85,21 и соответствовали гиперэвтрофной зоне загрязнения.

Оценка суммарного содержания микроцистинов

Оценка суммарного содержания микроцистинов методом ИФА (табл. 3) показала превышение рекомендуемых ВОЗ нормативов (1 мкг/л) на станциях 2, 3 и 6. Особую тревогу вызывает факт превышения нормативов в 1,5 раза в районе Волжского водозабора г. Казань, т.к. микроцистины могут воздействовать через питьевую воду на здоровье населения.

Полученная зависимость суммарного содержания цианотоксинов от численности синезеленых водорослей носит экспоненциальный характер $y = 0,454 \cdot e^{0,608x}$ ($R^2 = 0,70$). Предварительные данные настоящего исследования по суммарному содержанию цианотоксинов показали, что их опасное содержание в исследованных зонах, соответствующее 1 мкг/л, наблюдалось при численности синезеленых водорослей выше 20,9 млн. кл/л (при общей численности водорослей выше 33,7 млн. кл/л), что может выступать как ориентировочный показатель в мониторинге водоемов в период цветения. Полученное значение соответствует уровню относительно низкой вероятности неблагоприятного воздействия на здоровье населения по рекомендациям ВОЗ – 20 млн. кл/л [4]. Для Шершневого водохранилища в качестве

подобного ориентира предлагается использовать минимальную концентрацию клеток микроцистин-синтезирующих видов водорослей на уровне 6 млн. кл/л [2], что значительно ниже значения, отмеченного для водоемов Казанского региона.

Ранее проведенные исследования [14] показали, что сезонные всплески численности синезеленых водорослей в Куйбышевском водохранилище могут соответствовать значениям 602,8–951,7 млн. кл/л. В вегетационный период 2010 и 2011 гг. средняя численность планктонных водорослей составила 102,7 млн. кл/л и 152,3 млн. кл/л в Куйбышевском и Нижнекамском водохранилищах, соответственно. Эти высокие показатели средних значений численности водорослей в 3,0–4,5 раз превышают предлагаемый критический уровень и соответствуют повышенной вероятности неблагоприятного воздействия на здоровье людей по рекомендациям ВОЗ [4].

Заключение

Настоящее исследование показало, что в видовой структуре фитопланктона в период массового цветения доминировали диатомовые, зеленые и синезеленые водоросли. Наибольшее число видов (20) отмечено для р. Кама (р.ц. Лаишево), наименьшее (8) – для оз. Нижний Кабан. На большинстве станций по биомассе преобладали диатомовые и зеленые водоросли, только в застойной зоне в заливе у н.п. Нижний Услон доминировали синезеленые водоросли. По численности синезеленые водоросли преобладали на всех станциях; исключение составляет р. Меша, отличающаяся быстрым течением и меньшей антропогенной нагрузкой.

Выявленная зависимость суммарного содержания микроцистинов от численности синезеленых водорослей позволила предложить ориентировочный критический уровень

содержания синезеленых водорослей для Куйбышевского водохранилища и его притоков на уровне 20,9 млн. кл/л, соответствующий нормативному уровню содержания суммарных микроцистинов по рекомендациям ВОЗ, что может выступать как ориентировочный показатель в мониторинге водоемов в период цветения.

Литература

1. Harmful cyanobacteria / Eds. By J. Huisman, H. C.P. Matthijs, P. M. Visser. The Netherlands: Springer, 2005. 23 p.
2. Гаврилова Е.В. Видовой состав, динамика численности и токсичность цианобактерий Шершневского водохранилища Челябинской области. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Пермь, 2009. 20 с.
3. Eutrophication and health / World Health Organization. Regional Office for Europe, 2002. 32 p.
4. Guidelines for safe recreational waters. Volume 1 – Coastal and fresh waters / Geneva: World Health Organization, 2002. 220 p.
5. Zaccaroni A. Toxicity of fresh water algal toxins to humans and animals / Algal toxins: nature, occurrence, effect and detection. Dordrecht: Springer, 2008. P. 45–89.
6. Azevedo S.M, Carmichael WW, Jochimsen EM, Rinehart KL, Lau S, Shaw GR, et al. Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru, Brazil / Azevedo S.M., Carmichael W.W., Jochimsen E.M., Rinehart K.L., Lau S., Shaw G.R. et al. // Toxicology. 2002. V. 181–182. P. 441–446.
7. Vasconcelos V. Eutrophication, toxic cyanobacteria and cyanotoxins: when ecosystems cry

for help // *Limnetica*. 2006. V. 25. № 1-2. P. 425–432.

8. Sondergaard M. Lake restoration: successes, failures and long-term effects / Sondergaard M., Jeppesen E., Lauridsen T.L., Skov C., Nes E.H. Van, Roijackers R., Lammens E. // *Journal of applied ecology*. 2007. V. 44. P. 1095–1105.
9. Hawkins P.R. A review of analytical methods for assessing the public health risk from microcystin in the aquatic environment / Hawkins P.R., Novic S., Cox P., Neilan B.A., Burns B.P., Shaw G., Wickramasinghe W., Peerapornpisal Y., Ruangyuttikarn W., Itayama T., Saitou T., Mizouchi M. and Inamori Y. // *Journal of water supply: research and technology*. 2005. V. 54. P. 509–518.
10. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. 240 с.
11. Водоросли. Справочник. Киев: Наук. думка, 1989. 608 с.
12. Милиус А.Ю. Статистическая модель трофического состояния малых светловодных озер / А.Ю. Милиус, А.В. Линдпере, Х.А. Стараст и др. // *Водные ресурсы*. 1987. № 3. С. 63-66.
13. Андронникова И.Н. Классификация озер по уровню биологической продуктивности / Теоретические вопросы классификации озер. СПб.: Наука, 1993. С. 51-72.
14. Степанова Н.Ю. Оценка экологического риска для устойчивого функционирования Куйбышевского водохранилища как водоема многоцелевого назначения // *Ученые записки КГУ*. 2008. Т. 150(4). С. 201-208.



N.Yu. Stepanova, L.Yu. Khaliullina, O.V. Nikitin, V.Z. Latypova

THE STRUCTURE AND TOXICITY OF CYANOBACTERIA IN THE RECREATIONAL ZONES OF WATER BODIES IN KAZAN REGION

The paper presents the data on the structure and species content of phytoplankton in recreational zones of water bodies in Kazan region at the peak of algae blooming. The application of immunoassay for cyanotoxins identification allowed determining their content at the level of 0.25-5.72 mkg/l. Using the relationship linking the number of cyanobacteria with the sum of cyanotoxins the authors suggest the rough indicator for the number of cyanobacteria at the level of 21 million cells/l. Above this number the cyanotoxin content exceeds the norm recommended by the World Health Organization.

Key words: cyanobacteria, cyanotoxins, immunoassay

