

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОБ ВОДЫ ВОДОХРАНИЛИЩ УЗБЕКИСТАНА

Нуралиев Н.А., Алматов Б.И., Жумаева Ш.Б.,

Бухарский государственный медицинский институт.
Республиканский Центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора, Республика
Узбекистан.

✓ *Резюме,*

Известно, что выживаемость патогенных и условно-патогенных микроорганизмов в воде водоемов увеличивается за счет сообществ микроорганизмов, в том числе бентоса, фитопланктона и зоопланктона.

Гидробиологические показатели могут определять экологическое состояние водоема в течение длительного периода времени, в то время как бактериологические показатели характеризуют состояние воды или донных отложений в настоящий момент времени.

Ключевые слова: гидробиология, водохранилища, фитопланктон, зообентос, перифитон, качества воды.

FEATURES OF HYDROBIOLOGICAL INDICATORS OF WATER SAMPLES IN WATER RESERVOIRS IN UZBEKISTAN

Nuraliev N.A., Almatov B.I., Jumaeva Sh.B.,

Bukhara State Medical Institute named after Abu Ali Ibn Sina
200101, Uzbekistan, Bukhara city, 1 Navai Avenue stride <http://bsmi.uz>
Republican Center of State Sanitary and Epidemiological Surveillance, Republic of Uzbekistan.

✓ *Resume,*

The goal was to study the hydrobiological composition of water in some reservoirs of Uzbekistan. It was established that predominance of photosynthesizing producers was observed in the periphyton communities of the Kattakurgan and Charvak reservoirs, dominance of macrophyte communities, the suppression of phyto- and zooplankton, and also periphyton communities were noted in Tuyamuyunsky. The quality of water in the Kattakurgan reservoir is characterized by class III and transitional to class III-IV, pollution in Tuyamuyun class III-IV and the smallest organic pollution were noted in Charvak. The level of phytoplankton detectability in bulk reservoirs is higher than in mixed and channel reservoirs. Interseasonal differences between the types of reservoirs in the parameters of zoobenthos were not found.

Key words: hydrobiology, reservoirs, phytoplankton, zoobenthos, periphyton, water quality.

O'ZBEKISTON SUV OMBORLARIDAGI SUV TAHLILARI GIDROBIOLOGIK KO'RSATKICHLARINING XUSUSIYATLARI

Nuraliyev N.A., Almatov B.I., Jumayeva Sh.B.,

Abu Ali ibn Sino nomidagi Buxoro davlat tibbiyot instituti,
Respublika davlat sanitar - epidemilogik nazorat markazi, O'zbekiston Respublikasi.

✓ *Rezyume,*

Bu tahlildan maqsad O'zbekistonning ayrim suv omborlarida suvning gidrobiologik tarkibini o'rganish edi. Kattaqo'rg'on va Chorvoq suv havzalarining perifiton jamoalarida fotosintez ishlab chiqaruvchilarining hukmronligi kuzatildi, Tuyamuyunda esa makrofit jamoalarining dominantligi hamda fitoplankton va zooplankton, shuningdek, perifiton jamoalarining ko'pligi qayd etildi.

Kattaqo'rg'on suv ombori suvining sifati III daraja ekanligi va III dan IV darajaga o'tishi bilan xarakterlanadi, Tuyamuyun suv omborida III-IV ifloslanish darajasi bilan tavsiflanadi, Chorvoq suv omborida esa eng kichik ifloslanish darajasini qayd etishdi. Oquvchan suv omborlarida fitoplanktonning mavjudlik darajasi aralash va kanalli suv havzalaridan ko'ra yuqori ekanligi aniqlandi. Zoobentos parametrlari bo'yicha suv omborlari turlari orasidagi mavsumiy farqlar topilmadi

Kalit so'zlar: gidrobiologiya, suv omborlari, fitoplankton, zoobentos, perifiton, suvning sifati

Актуальность

Определение микробного состава, органолептических параметров, степени минерализации и химического состава воды поверхностных водоемов, в том числе водохранилищ позволяет определить эффективность и безопасность водопользования населения. Достичь надежности обеспечения хозяйственно-питьевых, культурно-бытовых и рекреационных нужд населения

изучая только вышеуказанные показатели сложно. В связи с этим мы предлагаем включить в комплекс исследований гидробиологические исследования, так как все живые существа, обитающие в водоемах взаимосвязаны между собой и могут повлиять на параметры водной среды.

Цель исследования. Изучение и оценка гидробиологического состава воды некоторых водохранилищ Узбекистана.

Материал и методы

Учитывая наличие в Узбекистане трех типов водохранилищ (русловые, наливные и смешанные) для дальнейших исследований были выбраны 3 водохранилища: наливное (Каттакурганское водохранилище); русловое (Чарвакское водохранилище); смешанное (Туямуонское водохранилище - Туямуонский гидроузел).

Каттакурганское водохранилище (Каттакурганский район Самаркандской области) - долинное, эксплуатируется с 1941 года. Расположено в левобережной части Зеравшанской долины в 6 км южнее города Каттакурган. Под чашу использовано естественная котловина в предгорьях Зерабулака, образовавшаяся на месте соединения древних логов Шурсая и Узундуксая. Наполнение производится через подводящий канал из притока Зерафшана - Карадарьи. Протяженность береговой линии более 200 км, максимальная длина 15 км, максимальная ширина 10 км, максимальная глубина 25 м. Площадь зеркала 80,5 км², объем более 662 млн. м³, мертвый объем 24 млн. м³.

Туямуонское водохранилище (Туямуонский гидроузел), куда относятся водохранилища Руслевое, Капарас, Султон Санжар и Кошбулак, начало затопления 1984 год. Это смешанное (руслевое - наливное) водохранилище, располагается в основном на территории Туркменистана, частично в Хорезмской области и Республики Каракалпакстан Узбекистана. Своим местоположением он обязан теснине Туямуон, находящиеся на границе среднего и нижнего течения реки Амударья, в 450 км от Аральского моря. Полная емкость всех водохранилищ составляет 7,8 км³, полезная емкость 5,28 км³. Водная поверхность более 250 км², площадь водного зеркала 780 км², сезонного регулирования стока. Протяженность в длину 80 км, подъем уровня воды у плотины 13 м.

Чарвакское водохранилище (Бостанлыкский район Ташкентской области, 85 км от города Ташкента) - русловое долинное водохранилище, построенное в 1978 году, образованное при перегораживании реки Чирчик на выходе последней из Чарвакской котловины, затопившие при этом долины двух притоков, составляющих реки Чирчик, Пскем, Чаткал. Водохранилище имеет полный объем 2,006 км³, полезный 1,58 км³, площадь зеркала при нормально-подпертом уровне 40,1 км². Плотина водохранилища замыкает Чарвакское ущелье в 5 км ниже места слияния рек Пскем и Чаткал. Площадь водоема более 41 км², максимальная глубина у плотины 150 м, объем воды около 2 млрд. м³.

Первый этап гидробиологической оценки санитарного состояния водного объекта включало в себя визуальное описание геометрии распределения водных биоценозов в пункте наблюдений и определяющих факторов, от которых зависят обилие, разнообразие, пространственное распространение биотических сообществ и корректность отбора образцов проб. В ее основе лежит заполнение унифицированной формы полевого журнала, в который, среди прочего, заносится визуальная информация о состоянии ассоциаций высшей водной растительности (макрофитов), являющаяся дополнительной характеристикой для оценки общего состояния водной экосистемы.

На втором этапе определяли основной гидробиологический показатель - индекс сапробности (ИС)

воды. Для определения сапробности вычисляли биотический перифитонный индекс (БПИ), используя перифитонные сообщества. Для биологического анализа водоемов или биоиндикации качества вод использовали практически все группы организмов, населяющих водохранилища: планктонные и бентосные беспозвоночные (зоопланктон и бентос), простейшие водоросли (фитопланктон и перифитон), макрофиты (погруженные и полупогруженные высшие растения).

Рекомендуемую экспертную оценку качества вод осуществляли с учетом гидробиологических показателей - таксономия, вычисление численности и биомассы, определение общего числа видов и соотношения различных групп в отдельных сообществах гидробионтов. В гидробиологическую оценку включается также состояние макрофитных сообществ водоема.

Впервые методика гидробиологической оценки загрязнения водоемов предлагается для использования в санитарно-эпидемиологической службе Республики Узбекистан. Предлагаемые методы позволяют установить совокупный эффект воздействия загрязняющих веществ на водные сообщества используя экологическую интерпретацию, в совокупности с химическим и микробиологическим анализом уровня загрязнения водных объектов.

Статистическую обработку материалов исследований проводили методом вариационной статистики. Вычисления проводились на персональном компьютере, на базе процессоров "Pentium 4" с использованием программ для медико-биологических исследований. При организации и проведении исследований использовали принципы доказательной медицины.

Результат и обсуждения

В водоемах Узбекистана причиной полисапробности вод может служить минеральные загрязнения воды и почвы. К мезосапробным водам в Узбекистане относят Каттакурганское и Чарвакское водохранилища, к олигосапробным - Чарвакское водохранилище.

Установлено, что в состав перифитона входят представители 3 основных функциональных групп: аутоτροφные организмы - продуценты (водоросли); гетеротрофные организмы - консументы (простейшие, коловратки, черви) и редуценты (зооглейные, нитчатые, палочковидные, кокковидные бактерии и грибы). Основу биоплёнок перифитона составляют микроскопические формы, для которых характерны высокий уровень метаболизма, короткие жизненные циклы и способность быстро реагировать на изменение внешней среды.

При визуальном описании перифитона пользовались стандартными для обследуемого водосбора терминами: тип обростов (налёт, плёнка, слой, корка, нарост, бахрома, пряди, космы нитчатых водорослей), их характер (слизистые, рыхлые, плотные, кожистые, известковой структуры, губкообразные, ватообразные, нежные, грубые, слабые, тонкие, толстые), цвет обростов, геометрию распределения (мозаичное, однообразное, в прибрежье, на глубине, в проточных и застойных зонах).

Для оценки сапробности воды (индекс сапробности-ИС) по перифитону применяли метод индикаторных организмов Пантле и Бука в модификации Сладечека. Данный метод учитывает частоту встречаемости гидробионтов (h), их индикаторную значимость (S-сап-

робную валентность). S и ИС определяют для каждого вида, обе величины (h и S) входят в формулы для вычисления ИС. Оценка результатa (по Пантле, Буку в модификации Сладечека): для ксенозапробной зоны 0-0,05; для олигозапробной зоны 0,5-1,5; для β -мезозапробной зоны 1,51-2,5; для α -мезозапробной зоны 2,51-3,5; для полизапробной зоны 3,5-4,0.

Для гидробиологического мониторинга водотоков по показателям перифитона рекомендуется применять биотический перифитонный индекс (БПИ) предложенный Тальских В.Н. [1], который имеет общий региональный характер. По полученным значениям БПИ определяется класс качества воды. Описательную шкалу баллов (от 10 до 0) рассматривали как своеобразный экологический спектр состояний биоценозов перифитона с разной степенью деградации их исходной экологической структуры. Это позволяло делать заключение об экологическом состоянии перифитона и косвенно - об экологическом качестве водохранилища.

В перифитонных сообществах Чарвакского и Каттакурганского водохранилищ наблюдалось преобладание фотосинтезирующих продуцентов (диатомовых и других групп водорослей). Внешне обрастания выглядели как бурые, серые слизистые, реже зеленоватого цвета налеты, покрывающие места обследования. Развитие полупогруженной водной растительности с чистыми прозрачными водными массами также свидетельствуют о слабом загрязнении воды с уклоном в сторону β -мезозапробности. В Туямуюнском водохранилище наличие иловых отложений и высокая мутность воды свидетельствовали о доминировании сообществ макрофитов и угнетении планктонных (фито- и зоопланктона) и перифитонных сообществ.

Доминантный комплекс перифитонных сообществ был представлен продуцентами, наибольшего развития и разнообразия среди которых достигали диатомовые (Bacillariophyta) водоросли 67,1% (98 видов), затем сине-зеленые (Cyanophyta) 18,5% (27 видов) и зеленые (Chlorophyta) 10,3% (15 видов). В отдельных пробах отмечено единичное присутствие пирифитовых (Dinophyta) 2,7% (4 вида), эвгленовых (Euglenophyta) водорослей 1,4% (2 вида).

Диатомовые водоросли (Bacillariophyta) занимали доминирующее положение в перифитоне. Среди них преобладали олиго- β -запробные, β - и α -мезозапробные виды родов *Achnanthes*, *Cymbella*, *Synedra*, *Fragilaria*, *Melosira*, *Cocconeis*, *Navicula*, *Gomphonema*, *Gyrosigma*, *Nitzschia*, которые характерны для эвтрофированных водоемов и для биотопов со скоплением растительного детрита (*Synedra ulna*, *Amphora ovalis*, *Navicula cypriocapitata*). Одновременно в пробах присутствовали виды характерные для минерализованных вод (*Rhoicosphenia curvata*, *Gyrosigma acuminata*, *Pleurosigma elegans*). Наиболее обильно диатомовые представлены в Каттакурганском водохранилище.

Сине-зеленые водоросли (Cyanophyta) были представлены в основном олиго- β -запробными, β - и α -мезозапробными колониальными и нитчатыми формами родов *Merismopedia*, *Microcystis*, *Gloeocapsa*, *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Lyngbya*, *Spirulina*, которые наиболее хорошо представлены в Каттакурганском и Чарвакском водохранилищах.

Зеленые водоросли (Chlorophyta) развивались слабо (10,3%), представлены в основном хлорококковыми, протококковыми, десмидиевыми, нитчатыми водорослями родов *Chlorococcum*, *Ankistrodesmus*,

Oocystis, *Scenedesmus*, *Cosmarium*, *Spirogyra*, *Vaucheria*, из которых отдельные виды являются вырванными галофилами (*Chlorococcum turgida*, *Scenedesmus quadricauda*, *Cosmarium formulosum*). В отдельных пробах были отмечены нитчатые зеленые и желто-зеленые водоросли - *Stigeoclonium* spp.

С невысоким качественным и количественным развитием в пробах представлены пирифитовые (Dinophyta), эвгленовые (Euglenophyta), золотистые (Chrysophyta) водоросли, относящиеся в основном к родам *Glenodinium*, *Peridinium*, *Euglena*, *Phacus*, *Draparnaldia*. Также, в исследуемых пробах были отмечены организмы из группы консументов, которые представлены простейшими (*Arcella*, *Stylonicchia*, *Chilodonella*, *Vorticella*), коловратками (*Cephalodella*, *Rotaria*), личинками комаров хирономид (*Chironomidae*), круглыми червями нематодами (*Nematoda*) и малощетинковыми червями олигохетами (*Oligochaeta*).

Характеристики экологических состояний биоценозов: АБ (Ф) - фоновое экологическое состояние, при котором биоценозы находятся в состоянии метаболического, экологического прогресса и представлены видами, отражающими естественный генофонд региона; АБ - удовлетворительное экологическое состояние, характеризующее метаболическим и экологическим прогрессом биоценозов; АБ-Аб - переходное экологическое состояние, связанное с заметным изменением таксономической и функциональной структуры биоценозов в сторону обеднения/изменения видового состава; Аб - неудовлетворительное экологическое состояние, ярко выраженная деградация экологической структуры исходных биоценозов; аб - абсолютно недопустимое экологическое состояние для биоценозов, приводящая к полной их деградации.

Значение буквенных символов по данной оценочной шкале: А - состояние метаболического прогресса биоценозов (активный метаболизм водных биоценозов); а - состояние метаболического регресса биоценозов (угнетение метаболизма водных биоценозов); Б - состояние экологического прогресса биоценозов (усложнение экологической структуры водных биоценозов); б - состояние экологического регресса биоценозов (упрощение экологической структуры водных биоценозов).

В Каттакурганском водохранилище ИС лежало в границах 1,5-2,5 (2,0) характеризуют воду водохранилища как β -мезозапробную зону загрязнения. Качество воды характеризовалось III-классом (умеренно-загрязненные) и переходным к III-IV-классами (умеренно-загрязненные - загрязненные), в основном за счет преобладания в составе перифитона микроводорослей, относящихся к минерализованным водам классами качества воды. Водные сообщества находятся в переходном экологическом состоянии (АБ-Аб), связанным с заметным упрощением таксономической структуры биоценозов. Подсчет численности фитопланктона: в камере объемом 1 мм³ (0.001 см³), к которому приравнили объем камеры Горяева, было подсчитано 478 клеток, объем V1 - 5 см³, W - 500 см³. Подставляя в формулу, имели

$$N = 478 \times 5 / 0,001 \times 500 = 2390 : 0,5 = 4780 \text{ клеток.}$$

В переводе на 1 литр - $4780 \times 1000 = 4\,780\,000$ клеток.

В Туямуюнском водохранилище сообщества перифитона развиты слабо и угнетены из-за сильного

глинистого наноса. В пробе отмечено 16 видов микроводорослей (2 вида синезеленых и 14 диатомовые). Из-за отсутствия в пробе доминантных и субдоминантных видов вода характеризуется как β -мезосапробная зона загрязнения и характеризуется III-IV-классом загрязнения, экологическое состояние описывается как АБ-АБ. Подсчет численности фитопланктона: в камере объемом 1 мм³ (0.001 см³), к которому можно приравнять объем камеры Горяева, было подсчитано 214 клеток, объем V1 - 5 см³, W - 500 см³. Подставляя в формулу, имели

$$N = 214 \times 5 / 0,001 \times 500 = 1070 : 0,5 = 2140 \text{ клеток.}$$

В переводе на 1 литр - $2140 \times 1000 = 2\,140\,000$ клеток.

В Чарвакском водохранилище ИС лежало в пределах 0,7-1,7 (1,35) и соответствовало олиго- β -сапробной зоне. Сообщества перифитона Чарвакского водохранилища находились в удовлетворительном экологическом состоянии (АБ). Качество воды здесь характеризовалось II-III-классом (умеренно-загрязненные воды) качества воды. Подсчет численности фитопланктона: в камере объемом 1 мм³ (0.001 см³), к которому можно приравнять объем камеры Горяева, было подсчитано 136 клеток, объем V1 - 5 см³, W - 500 см³. Подставляя в формулу, имели $N = 136 \times 5 / 0,001 \times 500 = 680 : 0,5 = 340$ клеток.

В переводе на 1 литр - $340 \times 1000 = 340\,000$ клеток.

Обсуждение. На основании полученных качественных показателей перифитонных сообществ водохранилищ можно отметить, что изученные сообщества на исследованных участках представлены сине-зелеными, диатомовыми, зелеными, пиррифитовыми, и евгленовыми водорослями. Большинство обнаруженных видов водорослей являются широко распространенными формами, тяготеющими к водоемам с повышенной минерализацией и имеющих широкую экологическую валентность и солоноватоводными формами.

Численность фитопланктона указывает на чистоту воды по фитопланктону и тип водохранилища. В наливных водохранилищах степень выявляемости фитопланктона больше, чем в смешанных и русловых. Анализ зообентоса проб воды Каттакурганского, Туямуянского, Чарвакского водохранилищ не отличались от параметров других поверхностных водоемов. Кроме того, по этому показателю не были обнаружены определенные закономерности, касающиеся только водохранилищ, тем более воды всех изученных водохранилищ были бедны представителями зообентоса. Привлекающих внимание различий между типами водохранилищ по качественному и количественному анализу зообентоса нами не были обнаружены.

Анализ экологических характеристик обнаруженных в перифитоне микроводорослей трех исследованных водохранилищ свидетельствует о том, что в современных условиях минерализации, водные сообщества, в основном, представлены не только пресноводными, а и пресноводно-солоноватоводными, солоноватоводными формами водорослей, которые и определяют доминирующий перифитонный комплекс водоемов и влияют на индикаторное определение сапробности воды.

Выводы

1. В перифитонных сообществах Каттакурганского, Чарвакского водохранилищ наблюдалось преобладание фотосинтезирующих продуцентов, в Туямуяновском отмечали доминирование сообществ макрофитов, угнетение фито- и зоопланктона, а также перифитонных сообществ. В Каттакурганском и Чарвакском водохранилищах отмечали снижение биотопического и биологического разнообразия. Увеличение минерализации воды было причиной наличия признаков загрязнения воды Туямуяновского гидроузла.

2. Качество воды в Каттакурганском водохранилище характеризуется III-классом и переходным к III-IV-классами. Водные сообщества находятся в переходном экологическом состоянии, связанным с упрощением таксономической структуры биоценозов. В Туямуяновском загрязнение характеризует III-IV-класс загрязнения, экологическое состояние - переходное экологическое состояние, связанное с изменением таксономической структуры биоценозов в сторону обеднения видового состава. В Чарвакском водохранилище отмечали наименьшее органическое загрязнение.

3. Численность фитопланктона составило в воде Каттакурганского водохранилища 4 780 000 клеток в 1 л, Туямуяновского гидроузла 2 140 000 клеток в 1 л и Чарвакского водохранилища 340 000 клеток в 1 л воды. В наливных водохранилищах степень выявляемости фитопланктона больше, чем в смешанных и русловых водохранилищах.

4. Качественный и количественный анализ зообентоса воды изученных водохранилищ практически не отличались от параметров поверхностных водоемов, воды всех водохранилищ были бедны представителями зообентоса, межсезонных различий и различий между типами водохранилищ по параметрам зообентоса нами не были обнаружены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гинатуллина Е.Н. Зоопланктон трансформированных минерализованных озёр Узбекистана. Диссертация на соискание учёной степени к.б.н., LAP Lampert Academic Publishing, Saarbruecken, 2013. - 141 с.
2. Григорьевская А.Я., Новикова Н.М., Давыдова Н.С. Характеристика флоры в зоне влияния малых искусственных водоемов Воронежской области // Проблемы региональной экологии. - 2008. - №3. - С.72-77.
3. Григорьевская А.Я., Новикова Н.М., Давыдова Н.С. Структура флоры в зоне влияния малых искусственных водоемов Воронежской области // Экотонные системы "вода-суша": методика исследований, структурно-функциональная организация и динамика. - Москва. Товарищество научных изданий КМК, 2011. - С.133-143.
4. Гусев Е.М., Насонова О.Н. Методика сценарного прогнозирования изменения составляющих водного баланса северных речных бассейнов в связи с возможным изменением климата // Водные ресурсы. - 2013. - Т.40. - № 4. - С.396-411.
5. Дзюба Е.В., Белькова Н.Л., Деникина Н.Н., Кондратистов Ю.Л. Апробирование системы детекции целевых групп микроорганизмов для экологического мониторинга пресноводных экосистем // Известия Самарского научного центра РАН. - 2012. - Т.14. - №1(9). - С.2391-2394.
6. Нуралиев Н.А., Алматов Б.И., Гинатуллина Е.Н. Методические указания по гидробиологическому анализу водных объектов питьевого и рекреационного назначения // Методические указания №012-3/0269. - Ташкент, 2015. - 30 с.
7. Ташмухамедов Б.А. Гидробиологический режим Айдар-Арнасайской системы озёр // Узбекский биологический журнал. - Ташкент, 2014. - №1. - С.29-32.

8. Aboagye S.Y., Asare P., Otchere I.D., Koka E., Mensah G.E., Yirenya-Tawiah D., Yeboah-Manu D. Environmental and Behavioral Drivers of Buruli Ulcer Disease in Selected Communities Along the Densu River Basin of Ghana: A Case-Control Study // *Am J Trop Med Hyg.* - 2017. - N96(5). - P.1076-1083.
9. Awad J., van Leeuwen J., Chow C.W., Smernik R.J., Anderson S.J., Cox J.W. Seasonal variation in the nature of DOM in a river and drinking water reservoir of a closed catchment // *Environ Pollut.* - 2017. - N220. - P.788-796.
10. Aponasenko A.D., Shchur L.A. Relationships between the Biomass and Production of Bacterio- and Phytoplanktonic Communities // *Mikrobiologiya.* - 2016. - N85(2). - P.211-218.
11. Ammar R., Kazpard V., Wazne M., El Samrani A.G., Amacha N., Saad Z., Chou L. Reservoir sediments: a sink or source of chemicals at the surface water-groundwater interface // *Environ Monit Assess.* - 2015. - N187(9). - P.579-586.
12. Morrison J.M., Baker K.D., Zamor R.M., Nikolai S., Elshahed M.S., Youssef N.H. Spatiotemporal analysis of microbial community dynamics during seasonal stratification events in a freshwater lake (Grand Lake, OK, USA) // *PLoS One.* 2017. - N12(5). - P.177-488.
13. Procházková T., Sychrová E., Javřeková B., Veřerková J., Kohoutek J., Lepšová-Skřelová O., Bláha L., Hilscherová K. Phytoestrogens and sterols in waters with cyanobacterial blooms - Analytical methods and estrogenic potencies // *Chemosphere.* - 2017. - N170 - P.104-112.
14. Te S.H., Tan B.F., Thompson J.R., Gin K.Y. Relationship of Microbiota and Cyanobacterial Secondary Metabolites in Planktonic-Dominated Bloom // *Environ Sci Technol.* - 2017. - N18;51(8). - P.4199-4209.
15. Zeng Q., Liu Y., Zhao H., Sun M., Li X. Comparison of models for predicting the changes in phytoplankton community composition in the receiving water system of an inter-basin water transfer project // *Environ Pollut.* - 2017. - N223. - P.676-684.
16. Zhao B., Tian M., An Q., Ye J., Guo J.S. Characteristics of a heterotrophic nitrogen removal bacterium and its potential application on treatment of ammonium-rich wastewater // *Bioresour Technol.* - 2017. - N226. - P.46-54.

Поступила 09.03. 2020