

1. Кондратьева Т.А., Захаров С.Д., Халиуллина Л.Ю. Проблема «цветения» воды в озере средний Кабан в связи с проведением Универсиады 2013 года // Проблемы региональной экологии. 2012, № 3. Стр. 64-68. (статья в журнале ВАК).

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕРА СРЕДНИЙ КАБАН

Кондратьева Т.А.,¹ Захаров С.Д.,¹ Выборнова И.Б.,¹ Халиуллина Л.Ю.²

¹ФГБУ «УГМС Республики Татарстан», г. Казань, klms@tatarmeteo.ru

²Казанский федеральный университет, г. Казань, iliya-kh@yandex.ru

В 2013 году в г. Казани будет проходить XXVII Всемирная Летняя Универсиада. Озеро Средний Кабан – один из объектов Универсиады, где планируется проведение соревнований по гребным видам спорта. На озере летом 2011 года был введен в эксплуатацию Центр гребных видов спорта, при этом были проведены мероприятия по благоустройству береговой зоны озера.

Оз. Ср. Кабан уже испытывает на себе значительное антропогенное воздействие, будучи приемником сточных вод различных предприятий города, поверхностных сточных вод, что отражается в низком качестве воды озера. В связи с этим периодически вставал вопрос о возможности использования оз. Ср. Кабан для проведения соревнований по водным видам спорта, поскольку благополучное качество воды - одно из условий создания гребных каналов и международных гребных дистанций.

В связи с этим целью нашей работы было проведение комплексных мониторинговых наблюдений на оз. Ср. Кабан и оценка его экологического состояния.

В 2011 году нами были проведены мониторинговые исследования на оз. Ср. Кабан, которые включали гидрохимический анализ воды и донных отложений, а также гидробиологические наблюдения за развитием фитопланктона, зоопланктона и зообентоса. Отбор проб в озере Ср. Кабан проводился в период с июня по октябрь 2011г. Пробы отбирались ежемесячно в трех створах: №1- середина озера, №2- 500 м ниже сброса циркуляционного канала ТЭЦ-1, №3- водозабор ТЭЦ-1.

Отбор, обработка и анализ проб проводились согласно методикам, применяемым в Росгидромете. В качестве «фоновых» для анализа донных отложений нами были отобраны пробы грунта на оз. Ильинское и оз. Успенское. В связи с отсутствием ПДК, степень загрязнения донных отложений определяют по превышению концентраций относительно «фона» (Манихин, Никаноров, 2001). По нефтепродуктам - применяется классификация донных отложений по степени их нефтяного загрязнения в мг/г сухого остатка (Никаноров, 2008). Для оценки загрязненности использовали РД 52.24.564-96 и РД 52.24.565-96. Для оценки экологического регресса водных экосистемы озера использовали РД 52.24.633 – 2002. Трофность водоема оценивалась по блоку Миллиуса (Андроникова, 1993).

Также для анализа нами были использованы результаты мониторинга поверхностных вод озера Ср. Кабан за последние пять лет, проведенные ФГБУ «УГМС Республики Татарстан».

На протяжении последних 5 лет поверхностные воды озера Ср. Кабан по степени загрязненности относились к 4 классу качества вод («грязные»). Максимальные концентрации загрязняющих веществ составили: соединений меди – 13 ПДК, нефтепродуктов – 9.6 ПДК, азота нитритного 10.5 ПДК (уровень **В3**), железа общего — 4.7 ПДК, азота аммонийного и сульфатов — по 4.3 ПДК, БПК₅ - 3.0 ПДК, фенолов — 2.0 ПДК, фосфатов — 1.5 ПДК. К критическим показателям загрязненности воды относились в разные

годы соединения меди, азот нитритный, нефтепродукты. Загрязненность воды сульфатами, соединения азота, легкоокисляемыми органическими веществами по БПК₅, нефтепродуктами определяется как «характерная».

За период наблюдений в 2011 году максимальные концентрации загрязняющих веществ составили: соединений меди – 13 ПДК, нефтепродуктов – 6 ПДК, азота нитритного - 1,25 ПДК, железа общего — 4.7 ПДК, сульфатов — 3,6 ПДК, БПК₅ - 3.0 ПДК, фенолов — 2.0 ПДК. Содержание азота аммонийного и фосфатов в течение всего периода наблюдений в 2011 было низким.

В 2011 качество поверхностных вод оз. Средний Кабан характеризовалось тем же классом 4 «а» - грязные, УКИЗВ – 4,72.

Анализ донных отложений показал, что большинство отобранных в озере проб относятся к серым илистым грунтам, рН этих проб – 6,5-8,8. Только пробы, отобранные близ намывного пляжа относились к песчаным, рН в них 7,2-7,4.

Среднее содержание тяжелых металлов (ТМ) в илистых грунтах превышает их содержание в фоновых пробах, аналогичных по мех. составу и рН в 1.3- 5.5 раз. При этом среднее содержание железа в илистых грунтах превышает фоновые значения в 3.3 раза, марганца - в 5.5 раз, меди - более чем в 4.6 раза, цинка - в 5 раз. И примерно такое же соотношение по содержанию ТМ между илистыми и песчаными донными отложениями, отобранных в оз. Ср. Кабан. Таким образом, в илистых грунтах, отобранных на дне оз. Ср. Кабан фоновые концентрации превышены более чем в три раза по содержанию железа, марганца, меди и цинка. При этом цинк относится к веществам 1 класса опасности, медь - 2 класса опасности, марганец - 3 класса опасности. Среднее содержание ТМ в песчаных донных отложениях оз. Ср. Кабан не превышает фоновых значений для данного района.

Среднее содержание нефтепродуктов в илистых грунтах существенно превышает их содержание в фоновых пробах, аналогичных по мех. составу и рН (в 15 раз). Концентрация нефтепродуктов в донных отложениях оз. Средний Кабан приведены в таблице

Таблица

Содержания нефтепродуктов в донных отложениях оз. Ср. Кабан, в мг/кг сухого остатка.

Точка отбора	Мех. состав	Нефтепродукты
Оз. Средний Кабан, №1	ил.	790
Оз. Средний Кабан , №2	ил.	630
Оз. Средний Кабан , №3	ил.	1982
В среднем по оз. Ср. Кабан (С ₁)	ил.	1134
В среднем по оз. Ср. Кабан (С ₂)	песчаная	80
С ₁ / С ₂		14
Фоновая, оз. Ильинское	ил.	75
Фоновая, оз. Успенское	песчаная	100
В единицах фона	ил.	15
В единицах фона	песчаная	1

Наиболее загрязненным нефтепродуктами участком является точка отбора № 3. Среднее содержание нефтепродуктов в песчаных донных отложениях оз. Ср. Кабан не превышает фоновых значений для данного района. В среднем содержание нефтепродуктов для илистых грунтов составляет 1134 мг/кг (1.134 мг/г).

По содержанию нефтепродуктов донные отложения оз. Ср. Кабан относятся к категории «очень грязные».

Высокое содержание нефтепродуктов в донных отложениях оз. Ср. Кабан возможно связано с производством в весенне-летний период 2011 года работ по строительству гребного канала. В данных работах было задействовано большое количество единиц тяжелой

строительной техники, а также плавсредств и земснаряда. Возможно также поступление нефтепродуктов с поверхностным стоком с близлежащих территорий.

Для гидробиоценозов озера Ср. Кабан характерны высокие качественные и количественные показатели развития планктонных сообществ, и в тоже время низкие значения видового разнообразия и количественных характеристик бентосных сообществ.

В составе фитопланктона за период наблюдений было обнаружено 44 вида водорослей, относящихся к 7-ми отделам (табл. 1). Из них 5 видов принадлежат отделу синезеленых водорослей, 15 видов – диатомовым, 15 – зеленым, 1 – криптофитовым, 4 – динофитовым, 1 – золотистым и 3 – эвгленовым водорослям.

Основной вклад в общую численность и биомассу на всех исследованных участках вносили синезеленые водоросли *Aphanizomenon flos-aquae* и *Anabaena flos-aquae* (в периоды массового развития их содержание в воде доходило до 96% общей численности и 82% общей биомассы). Уже с первой половины лета в озере повсеместно наблюдалось сильнейшее «цветение» воды, вызванное синезелеными водорослями. Во всех пробах количественно преобладали одни и те же виды синезеленых, менялись лишь соотношения между ними. Во второй половине лета началось «цветение» воды динофитовыми водорослями *Ceratium hirundinella*, которое окрасило цвет воды мутным буровато-коричневым цветом. В пробах, взятых в августе – сентябре, биомасса *C. hirundinella* доходила до 95,54 мг/л, что составляла 90% общей биомассы. В этот период содержание синезеленых оставалось высоким, пробы воды фактически представляли собой культуру *C. hirundinella*, *Aph. flos-aquae* и *A. flos-aquae*.

Общая численность фитопланктона была высокой в течение всего периода наблюдений и варьировала от 34,03 до 1759,17 млн.кл./л, составляя в среднем $424,65 \pm 133,42$ млн.кл./л. Средняя биомасса фитопланктона за вегетационный период составила $59,52 \pm 12,37$ мг/л, значения ее при этом изменялись от 8,29 до 157,84 мг/л.

По данным исследований ФГБУ УГМС Республики Татарстан, проведенных в 2009 г., биомасса фитопланктона составляла в среднем $8,5 \pm 4,5$ мг/л, при этом значения ее изменялись от 1,49 до 30,68 мг/л. В количественном отношении преобладали виды высокосапробных зеленых вольвоксовых водорослей, на долю которых приходилось до 89 % общей численности фитопланктона и 59 % их общей биомассы.

По данным 2010 г. (год, предшествующий проведению строительных работ на озере) биомасса фитопланктона менялась в диапазоне от 0,15 мг/л до 1,36 мг/л (Деревенская и др., 2011). Трофность озера по биомассе фитопланктона за период исследований менялась от олиготрофного типа до гипертрофного. Зона сапробности определялась в основном как β -мезосапробная. Класс качества воды менялся от класса «чистая» до «грязная» с разрядами «вполне чистая» - «весьма грязная».

В результате проведенных исследований были получены средние значения индекса сапробности и трофности по биомассе планктонных водорослей за 2011 год, которые составили $1,45 \pm 0,06$ и $81,22 \pm 2,97$, что соответствует мезосапробному типу и гиперэвтрофной зоне загрязнения. Исходя из полученных данных, можно заключить о загрязненности в наибольшей степени и высоком содержании органических веществ вод озера. Это заключение также подтверждается результатами гидрохимических исследований, в частности показателями биохимического потребления кислорода (БПК).

По нашим предположениям, строительные работы, которые проводятся в последние годы на оз. Средний Кабан, такие как возведение гребного канала, строительство дороги, удаление зоны макрофитов в целях обустройства береговой зоны, вызвали дополнительное поступление в поверхностные воды озера загрязняющих веществ, как с поверхности, так и из донных отложений. Все эти процессы, по видимому, спровоцировали массовое развитие фитопланктона в озере, что привело к сильнейшему «цветению» воды.

В ходе данной работы было выявлено, что численность и биомасса синезеленых водорослей положительно коррелируют со значениями БПК₅ ($r=0,78$ и $r=0,8$ соответственно,

$p=0,05$). В тоже время численность синезеленых имеет отрицательную корреляцию с концентрацией фосфатов и нитратов ($r=-0,87$ и $r=-0,96$, $p=0,05$). С увеличением в озере органических веществ по БПК₅ численность и биомасса синезеленых резко увеличивается, в то же время содержание нитратов и фосфатов снижается. Численность зеленых водорослей положительно коррелировала с содержанием в воде нитратов и фосфатов ($r=0,91$ и $r=0,89$ соответственно, $p=0,05$). Также выявлена положительная корреляция численности и биомассы динофитовых водорослей с содержанием сульфатов ($r=0,65$, $p=0,05$).

Очень высокие значения численности фитопланктона в период наблюдений приводили к увеличению значения моды модального интервала M_0 (235,19) и резкому снижению значения плотности вариационного ряда P_0 (0,05), что свидетельствует об усилении в этот период процесса антропогенного эвтрофирования.

В составе зоопланктона озера Ср. Кабан был зарегистрирован 41 вид из 3-х групп: коловраток (*Rotatoria*) – 23 видов, ветвистоусых ракообразных (отр. *Cladocera*) – 9 видов, веслоногих (отр. *Copepoda*) – 9 видов. Доминирующий комплекс видов был представлен видами *Keratella quadrata* Müller, *Brachionus angularis* Gosse, *Daphnia cucullata* Sars, *Eudiaptomus gracilis* Liljeborg. Количественные показатели развития зоопланктона за период наблюдений были высокими. Численность варьировала от 24,7 до 111,7 тыс.экз./м³, составляя в среднем $67,28 \pm 6,57$ тыс.экз./м³. Биомасса зоопланктона изменялась от 75,37 до 5417,91 мг/м³, составляя в среднем $1009,17 \pm 412,43$ мг/м³. Доминировали в сообществе по численности веслоногие ракообразные (59 % общей численности).

Значения индекса сапробности 1,54 до 1,92, составляя в среднем по водоему 1,6, что соответствовало III классу качества вод – «умеренно-загрязненные» воды. Модальный интервал относительной численности коловраток составил 25 – 90 %. По уровню экологического регресса экосистема озера испытывает «элементы экологического регресса».

В составе зообентоса было выявлено 34 вида беспозвоночных из 8 групп: олигохеты – 6 вида, моллюски – 2, личинки ручейников – 2, пиявки, нематоды, клещи, личинки поденок – по 1 виду, личинки хирономид – 20 видов. Доминирующий комплекс был представлен олигохетами (р. *Limnodrilus*) и личинками хирономид (р. *Chironomus*).

В течение всего периода доминировали олигохеты и личинки хирономид. Характерным для данного периода наблюдений было отсутствие моллюсков-фильтраторов, таких как *Dreissena*, вид, который ранее был массовым в озере. Численность зообентоса была низкой и изменялась от 100,0 до 1880,0 экз./м², биомасса – 0,03 до 0,836 г/м². Максимум развития зообентоса приходился на июль, минимум – на сентябрь.

Относительная численность олигохет в течение всего периода наблюдений была невысокой – 10,0 – 77,2 %, модальный интервал составлял 30 – 98 %. По показателям развития зообентоса придонные слои воды в озере оценивались как «грязные» – V класс качества, значения биотического индекса (БИ) Вудивисса составляли 2. Исходя из уровня развития бентосного сообщества, в экосистеме озера Средний Кабан наблюдается антропогенное эвтрофирование с элементами экологического регресса.

В целом, по гидрохимическим показателям поверхностные воды в оз. Ср. Кабан оцениваются как «грязные», по гидробиологическим показателям поверхностные – как «умеренно-загрязненные» – III класс качества вод. Донные отложения по содержанию нефтепродуктов относятся к категории «очень грязные», при этом в илистых грунтах фоновые концентрации превышены более чем в три раза по содержанию железа, марганца, меди и цинка, а придонные слои воды по показателям зообентоса характеризуются как «грязные» – V класс качества. По уровню регресса в экосистеме озера Ср. Кабан наблюдается усиление антропогенного эвтрофирования с элементами экологического регресса.

Таким образом, исследования, проведенные в 2011 г. выявили сильнейшее загрязнение воды озера Средний Кабан соединениями биогенных элементов, органических веществ, токсикантов и подтвердили заключения проведенных ранее исследований

(Деревенская О.Ю., и др., 2011). Полученные результаты показывают на необходимость проведения оздоровительных мероприятий для улучшения качества воды и восстановления сообществ водных организмов в данном водоеме. Применение современных технологий оздоровления и облагораживания водоема, очистки ливневых стоков, изъятие донных отложений и т.д. позволили бы повысить рекреационный статус озера.

Литература

1. Андронникова И.Н. Классификация озер по уровню биологической продуктивности // Теоретические вопросы классификации озер. СПб.: Наука, 1993. С. 51-72.
2. Деревенская О.Ю., Мингазова Н.М., Набеева Э.Г., Палагушкина О.В., Унковская Е.Н., Ахатова В. М., Павлова Л.Р., Бариева Ф.Ф. Концепция биологической реабилитации озера Кабан города Казани на основе мониторинга состояния // Экологические системы и приборы. – 2011, № 3. – С. 3-9.
3. Манихин В.И., Никаноров А.М. // Растворенные и подвижные формы металлов в донных отложениях пресноводных экосистем // «Качество вод» вып. 5. ГХИ, г. Ростов-на-Дону, СПб.- Гидрометеиздат, 2001. – 182 с.
4. Никаноров А.М., Страдомская А.Г. Проблемы нефтяного загрязнения пресноводных экосистем // Росгидромет, ГХИ, Ростов-на-Дону, 2008. – 222 с.

Работа выполнена в рамках НИР совместно с Институтом глобального климата и экологии под руководством д.б.н, проф. Абакумова В.А.