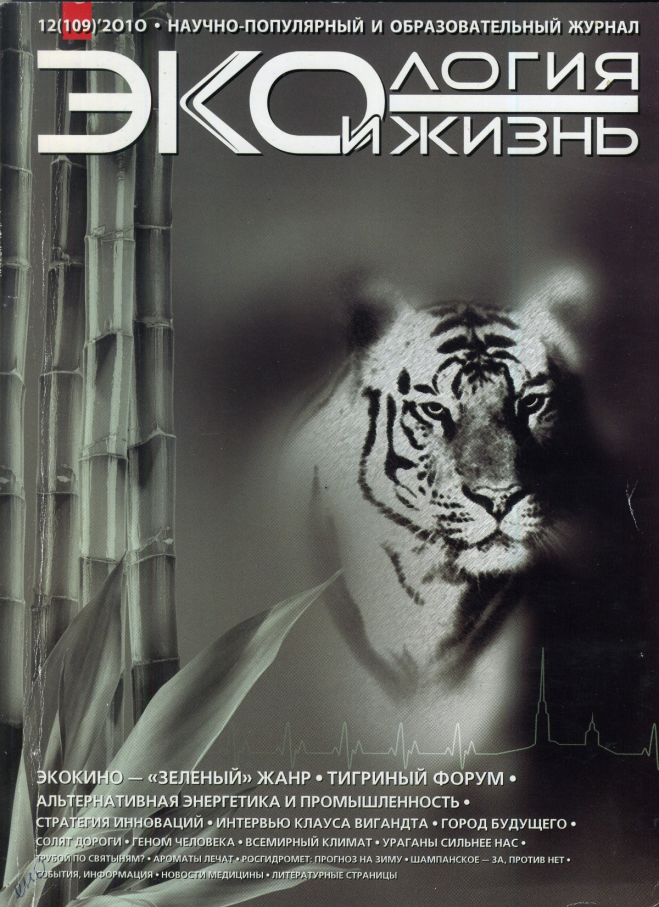


12(109) 2010 • НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЖУРНАЛ

ЭКОЛОГИЯ И ЖИЗНЬ



ЭКОКИНО — «ЗЕЛЕНый» ЖАНР • ТИГРИНЫЙ ФОРУМ •
АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ •
СТРАТЕГИЯ ИННОВАЦИЙ • ИНТЕРВЬЮ КЛАУСА ВИГАНДТА • ГОРОД БУДУЩЕГО •
СОЛЯТ ДОРОГИ • ГЕНОМ ЧЕЛОВЕКА • ВСЕМИРНЫЙ КЛИМАТ • УРАГАНЫ СИЛЬНЕЕ НАС •
ТРУБОИ ПО СВЯТЫНЯМ? • АРОМАТЫ ЛЕЧАТ • РОСГИДРОМЕТ: ПРОГНОЗ НА ЗИМУ • ШАМПАНСКОЕ — ЗА, ПРОТИВ НЕТ •
СОБЫТИЯ, ИНФОРМАЦИЯ • НОВОСТИ МЕДИЦИНЫ • ЛИТЕРАТУРНЫЕ СТРАНИЦЫ

Чистая чаша — мечта города

О.В. Хурина

старший преподаватель
Lelik_botanik7@mail.ru

В.А. Березовская

доктор географических наук, профессор
remval37@mail.ru

Кафедра экологии и природопользования
Камчатского государственного технического университета
Петропавловск-Камчатский

Озеро Култучное на Камчатке относится к числу малых водоемов, находящихся на урбанизированных территориях и используемых в рекреационных целях. Характерной его особенностью является то, что оно расположено в центральной части города Петропавловска-Камчатского. Площадь водного зеркала 2 км². Озеро вытянуто с юга на север. Оно мелководно: средние глубины 0,7–1,5 м, максимальная глубина — 4,5 м. В непосредственной близости от озера (вдоль восточного берега) проходит центральная городская автомагистраль.

Вода в озере пресная, мутная, дно илистое. Уровень воды зарегулирован благодаря порогам в протоке, соединяющей озеро с бухтой. Вследствие хозяйственной деятельности берега не имеют древесной растительности, за исключением кустарников, а на мелководных участках отсутствует прикрепленная водная растительность. Для контроля состояния водного объекта и определения его самоочищающей способности в 2007–2008 гг. были проведены сезонные гидрохимические и микробиологические исследования озера Култучное. Нужна была комплексная оценка состояния озера.

Печальная история

В исторический для Камчатки период озеро было проточным. В него впадало множество ручьев и небольшая речка. Косу, которая отделяет озеро от Авачинской губы, прорезал полноводный сток ручья Култучного. Через него в озеро заходила на нерест рыба (кижуч, голец, корюшка и др.). На дне распадка между Петропавловской и Зеркальной сопками находилось родниковое поле, которое питало и очищало озеро.

С ростом городской инфраструктуры все отходы жизнедеятельности населения и промышленности пошли в озеро, техногенная нагрузка на него стала увеличиваться.

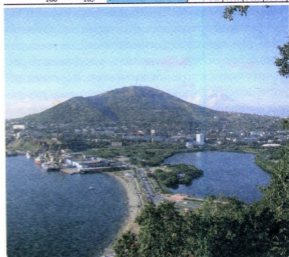
В 1930–1940-х годах озеро еще представляло собой чашу чистой воды. В 60-е годы городские канализационные сети пошли в озеро Култучное, со всеми вытекающими отсюда последствиями. Рекомендованная очистка озера так и не последовала.

В 1990 г. в озеро Култучное были санкционированы сбросы сточных вод (Горводоканала, ТИИРО, пивного завода). В итоге вся озерная вода заменилась городскими стоками и превратилась в органический бульон со слоем антропогенного ила толщиной в несколько метров. В водоеме не прекращались гниение органики и процессы, способствующие «цветению» водоема. Естественные родники на дне озера перестали функционировать. Встал вопрос о срочной очистке озера. Контроль над сбросом стоков взял на себя отдел анализа и мониторинга загрязнения окружающей среды Центра лабораторного анализа и технических измерений Ростехнадзора. Было решено провести очистку озера путем гидромеханизации с помощью земснаряда, что и состоялась в 1991 г., после чего экологическое состояние водоема улучшилось. В 1996 г. водолазы специально очищали на дне озера природные родники.

После 1996 г. очистку озера не проводили. В настоящее время оно загрязняется — сюда попадают ливневые, аварийные сбросы, сбросы снега со всеми городскими загрязнениями.

Что показали исследования

В ходе сезонных гидрохимических и микробиологических исследований из гидрохимических показателей определяли: величину pH; биогенные элементы (аммонийный, нитритный, нитратный азот) ГОСТ 4192-82; содержание растворенного органического вещества по биохимическому потребле-



Карта-схема оз. Култучное (заштрихованная часть — первоначальные размеры водоема)

нию кислорода (БПК) и перманганатной окисляемости (ПО) ГОСТ 2761.

Определяли также микробиологические показатели, физиологические группы микроорганизмов, осуществляющих превращения азот- и углеродсодержащих органических соединений, как в толще воды, так и в иловых отложениях.

Оценка состояния исследуемого водного объекта давалась в сравнении с нормами предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ для водоемов культурно-бытового пользования и с учетом гигиенических требований к охране поверхностных вод.



Исследованиями была охвачена вся акватория озера Култучное, где было заложено 9 станций отбора проб воды как по периметру, так и в срединной части.

Величина рН воды (показатель кислотности) является важным показателем качества вод. От величины рН зависит развитие и жизнедеятельность водных растений и организмов, устойчивость различных форм миграции элементов. Величина рН также влияет на процессы превращения различных форм биогенных элементов, изменяет токсичность загрязняющих веществ.

Воды озера Култучное характеризуются как нейтральные: значение рН варьирует в пределах 6,8–7,4. В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого водопользования, воды водных объектов в зонах рекреации, а также воды водоемов рыбохозяйственного назначения величина рН не должна выходить за пределы интервала значений 6,5–8,5.

Растворенный кислород. Минимальное содержание растворенного кислорода, обеспечивающее нормальное развитие рыб, составляет около 5 мг/л, понижение его до 2 мг/л вызывает массовую гибель (замор) рыбы. Неблагоприятно сказывается на состоянии водного населения и пересыщение воды кислородом в результате процессов фотосинтеза при недостаточно интенсивном перемешивании слоев воды.

В поверхностных водах озера содержание растворенного кислорода варьирует от 6,6 до 12,01 мг/л при норме не более 4,0 и подвержено сезонным и суточным колебаниям. Суточные колебания могут достигать 2,5 мг/л растворенного кислорода. В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питье-

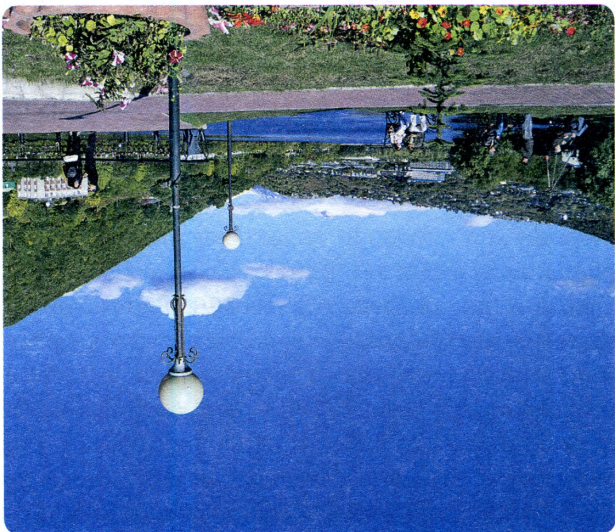
вого и санитарного водопользования содержание растворенного кислорода в пробе, отобранной до 12 ч дня, не должно быть ниже 4 мг/л в любой период года; для водоемов рыбохозяйственного назначения концентрация растворенного в воде кислорода не должна быть ниже 4 мг/л в зимний период (при ледоставе) и 6 мг/л — в летний.

В озере Култучное содержание кислорода в летний период 2007–2008 гг. в поверхностном горизонте изменялось от 8 до 13 мг/л, в придонном — от 6 до 9 мг/л. Осенью концентрация растворенного кислорода в поверхностном горизонте составляла от 6 до 11 мг/л, а в придонных — от 4 до 8. В течение всего периода наблюдений было отмечено перенасыщение воды кислородом. Причиной этого явления, по нашему мнению, являются интенсивно протекающий в летний период фотосинтез с участием фитопланктона и поступление кислорода с дождевыми водами, которые обычно пересыщены кислородом. Таким образом, в отличие от ожидаемого, в водах озера складывается благоприятный кислородный режим.

Биогенные элементы. Среди многочисленных факторов, обуславливающих качество воды в природных водоемах, одним из основных является содержание биогенных веществ, поступающих в водоемы с речным стоком и атмосферными осадками. Биогенными элементами являются неорганические соединения азота (*нитриты, нитраты*), фосфор (*фосфаты*), кремний, железо в различных соединениях — необходимые для жизни растений питательные вещества, усваивающиеся в процессе фотосинтеза.

Нитритный азот (NO_2^-) — неустойчивая неорганическая азотсодержащая форма, образующаяся в результате первой стадии нитрификации аммонийного азота. Содержание нитритных ионов в водах оз. Култучное незначительно (в большинстве случаев менее 0,2 мг/л) и во всех пробах не превышает ПДК (3 мг/л). Но присутствие нитрит-ионов в воде озера при высоком содержании кислорода свидетельствует о замедлении процесса их окисления до нитрат-ионов, чему способствует низкая температура воды.

Нитратный азот (NO_3^-) — неорганическая азотсодержащая форма, конечный продукт минерализации органического вещества и важный санитарный показатель. Предельно допустимые концентрации нитратов в природных водах составляют 45 мг/л. Присутствие нитратов в концентрациях менее 0,5 мг/л не вызывает нарушения биохимических процессов в водоеме. Концентрации нитрат-



Повышение величины ВПК, отмечаюсь, как правило, к концу вегетационного периода. Этот показатель характеризует способность водоема к самоочищению.

В исследованных пробах ВПК, зачастую значительно превышало ПДК для водоемов культурно-бытового пользования. Это свидетельствует о высокой перерушеннойности воды органикой, которая попадает в водоем со стоками и лужевыми поверхностными смывами с почвы. В результате нарушается экологическое равновесие в водной экосистеме.

Крутоворот органических веществ тесно связан с крутоворотом отделимых биогенных элементов, особенно с крутоворотом углерода и азота, а также серы, железа, фосфора, марганца и др., и складывается из двух процессов: синтеза этого вещества (и/или его продукции) и его минерализации или деструкции (распада) до простых минеральных соединений — биогенов. Бактерии принимают активное участие в этих процессах. Деструкция органического вещества происходит во всей водной массе: органические вещества, прежде чем опуститься на дно, проходят через водную массу, при этом значительная часть их подвергается минерализации.

Различные физиологические группы микроорганизмов осуществляют деструкцию отделимых углерод-, азот- и фосфорсодержащих органических веществ как в толще воды, так и в иловых отложениях, используя их в качестве источников питания и энергии. В результате деструкции органических веществ в водоеме накапливаются минеральные формы углерода (CO_2), азота (NH_3 , NH_4NO_3 , HNO_3), серы (H_2S , H_2SO_4), фосфора (H_3PO_4), образуются соли азотной, серной и фосфорной кислот.

Аммоний. Содержание его ионов в поверхностных водах варьирует в широком интервале от 0,2 до 5,25 мг/л в поверхностном горизонте и от 0,08 до 9,82 мг/л в придонном горизонте при ПДК 0,5 мг/л. Высокие концентрации аммонийного азота связаны с постоянным поступлением в озеро почвенного стока, сбросов отходов предприятий общественного питания и сточных вод сливного коллектора. Ионы аммония образуются главным образом в процессе биохимической дегралации белковых веществ.

Содержание растворенного органического вещества определялось по величине ВПК₅ и перманганатной окисляемости.

Окисляемость дает представление о количестве кислорода, требующемся для окисления практически всех органических веществ, находящихся в воде. Анализ проб воды озера Култучное на содержание легкоокисляющегося органического вещества показал высокие значения перманганатной окисляемости в летний период и некоторое снижение показателей в осенний период в результате процессов самоочищения. Причина высоких значений в летний период — большое количество загрязненных вод ливневой канализации, с которыми в водоем поступает значительное количество как легкоусвояемых, так и устойчивых к дегралации органических веществ.

Биохимическое потребление кислорода (ВПК₅) — биохимическая потребность в кислороде за 5 сут. В поверхностных водах величина ВПК₅ изменяется обычно в пределах 0,5–4 мг O_2 /л и подвержены сезонным и суточным колебаниям. В зависимости от категории водоема величина ВПК₅ релативизируется следующим образом: не более 3 мг O_2 /л для водоемов хозяйственно-питьевого водопользования и не более 6 мг O_2 /л для водоемов хозяйственно-бытового и культурного водопользования.

В 2007 г. величина ВПК₅ варьировала от 1,0 до 6,5 O_2 /л, а в 2008-м наблюдалась устойчивая тенденция к увеличению значений ВПК₅ (от 0,3 до 13 O_2 /л), что свидетельствует о накоплении биохимически подвижного органического вещества.

Органическое вещество в водоеме подвергается деструкции и минерализации не полностью. Часть его удаляется из водоема со стоками в виде растворенного или взвешенного органического вещества, часть теряется в виде газообразных продуктов его распада, а часть органического вещества не подвергается распаду, оседает на дно и входит в состав иловых отложений, где также интенсивно идут микробиологические процессы его минерализации.

Азот- и углеродсодержащие соединения — основные загрязнители водоемов, поэтому наши исследования касаются именно тех групп микроорганизмов, которые участвуют в минерализации этих соединений. Микроорганизмам принадлежит главная роль в удалении из водоема растворенных веществ. Микробиологические показатели позволяют судить, с одной стороны, об интенсивности и эффективности самоочищения водоема, с другой — о микробном загрязнении водоема. Бактерии являются ключевым звеном в биогеохимических процессах водных экосистем, им принадлежит главная роль в самоочищении водоема.

Микробиологический анализ показал высокую численность выделенных физиологических групп микроорганизмов на всех горизонтах. Ветровое перемешивание вод способствует равномерному вертикальному распределению бактерий. Значит, процессы биохимического окисления органических соединений происходят не только в донных отложениях, но и в водной толще. Сапрофитные микроорганизмы являются доминирующей группой. Это может свидетельствовать о преобладании легкодоступного органического вещества над устойчивым к микробной деградации.

Микробиологические исследования показали наличие в воде озера большого количества микроорганизмов различных физиологических групп, принимающих участие в превращениях соединений азота и углерода: аммонификаторы — бактерии родов *Pseudomonas*, *Bacterium*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Mycobacterium*; нитрифицирующие бактерии родов *Nitrosomonas*, *Nitrosocystis*, *Nitrosolobus*, *Nitrobacter*, *Nitrococcus*, *Nitrospira*; целлюлозоразлагающие — миксобактерии, относящиеся в основном к трем родам — *Cytophaga*, *Sporocytophaga*, *Sorangium*, вибрионы рода *Cellvibrio*, актиномицеты родов *Micromonospora*, *Streptomyces* и бактерии рода *Clostridium*; углеводородокисляющие бактерии представлены бактериями многих родов — *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Bacillus*, *Arthrobacter*, актиномицетами. Населяющие всю толщу воды



микроорганизмы обладают стабильной окислительной способностью, что указывает на интенсивно идущие процессы бактериального самоочищения водоема.

Надежда есть

Состояние озерной экосистемы после очистки путем гидромеханизации в 1990 г. заметно улучшилось. Появилась надежда на восстановление экологического равновесия в гидроэкосистеме. Но хотя пресс антропогенной нагрузки на озеро ослаб, оно продолжает загрязняться. Полной локализации сбросов сточных вод добиться не удалось. Со стоками ливневой канализации в озеро попадают все городские загрязнения, а также аварийные сбросы хозяйств. Данные систематических сезонных наблюдений 2007–2008 гг. подтверждают, что оз. Култунное не может быть отнесено к экологически чистым объектам.

Несмотря на благоприятный кислородный режим и интенсивно протекающие процессы биохимического окисления органических веществ с участием микроорганизмов, антропогенное эвтрофирование водоема продолжается, так как любая экосистема, хотя и увеличивает свою способность к переработке постоянно поступающих загрязняющих веществ, но лишь до определенного предела. Его превышение приводит к деградации и полному разрушению экосистемы.

Чтобы этого не случилось, необходимо осуществить ряд мер по инженерно-экологическому обустройству озера, обеспечивающих приемлемое состояние его экосистемы в течение длительного срока. Только в этом случае мы сможем сохранить озеро Култунное — прекрасный элемент городского ландшафта, осуществить мечту города — вернуть озеру состояние первозданной чистоты.