

ДООЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД В БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРУДАХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

М.С. Гурьева, старший преподаватель
Астраханский государственный университет,
*тел.: 44-02-24*103, e-mail: sniffy@bk.ru*

Л.А. Морозова, доцент;
А.Н. Бармин, доктор географических наук, профессор
Астраханский государственный университет,
*тел.: 44-02-24*103, e-mail: abarmin60@mail.ru*

Рецензент: Быстрова И.В.

В работе приводятся результаты экспериментальных исследований по доочистке сточных вод в биологических прудах с использованием микросообщества на основе цианобактерий, внесенных на носитель. Основная масса сообщества представлена *Spirulina platensis*. В качестве носителя предлагается применение рогозовых матов. Эффективность предлагаемого способа доочистки сточных вод по сравнению с контролем составила: по фенолам – 35,8 %, по БПКполн – 11,4 %, по ХПК – 8,0 %, по взвешенным веществам – 6,1 %, по сапрофитным микроорганизмам – 23,1–52,1 %, по условно-патогенным микроорганизмам (ОКБ) – 62,5 %.

In the given article the results of experimental research on post-treatment of waste water in biological ponds with the use of microcommunity on the base of cyanobacteriae introduced on a carrier are presented. The main mass of the community is presented by *Spirulina platensis*. Mace reed is suggested as a carrier of the community. The efficiency of proposed way of waste water post-treatment in comparison with the control is the following: phenols – 35,8 %, BOD – 11,4 %, COD – 8,0 %, suspensions – 6,1 %, saprophytic microorganisms – 23,1–52,1 %, conditionally pathogenic microorganisms – 62,5 %.

Ключевые слова: доочистка сточных вод, цианобактерии, биологический пруд.
Key words: treatment of waste water, cyanobacteriae, biological pond.

Одной из нерешенных проблем урбанизированных ландшафтов являются возрастающие объемы сточных вод и усложнение их качественного состава. Недостаточная эффективность работы очистных сооружений приводит к избыточной нагрузке на процессы самоочищения водных экосистем и постепенному накоплению загрязняющих веществ в окружающей среде.

Астрахань, являясь крупным городом России, расположенным в аридной зоне, в устье р. Волги, представляет собой своеобразную геохимическую ловушку для загрязняющих веществ, поступающих из верхнего и среднего течения реки. Городские сточные воды, прошедшие очистку на астраханских сооружениях канализации, вносят дополнительную нагрузку в экологическое состояние региона вследствие частых превышений ПДК регистрируемых ингредиентов. В сложившейся ситуации возможности оптимизации экологического состояния водных экосистем урбанизированных территорий связывают с применением современных биотехнологий очистки сточных вод.

Сточные воды г. Астрахани, поступающие на канализационные очистные сооружения и прошедшие биологическую очистку на них, характеризуются крайне нестабильным составом и низкой эффективностью очистки по

таким показателям, как: азот нитритов и нитратов (0–94 %), железо (76–87 %), цинк (54–87 %), хром (32–83 %), свинец (33–91 %), медь (41–91 %), кадмий (36–57 %), нефтепродукты (70–99 %), фенолы (36–100 %) (табл.).

В сложившихся условиях снижение негативного влияния перечисленных компонентов сточных вод на аквальные комплексы может быть достигнуто в результате интенсификации предочистки производственных сточных вод на предприятиях и применения современных биотехнологий доочистки на городских канализационных сооружениях. Одним из перспективных в климатических условиях Астраханской области является использование в технологической цепи биологической очистки искусственно создаваемых альгобактериальных сообществ на основе микроводорослей, обладающих высокими деструкционными способностями по отношению к целому ряду легко и трудноразлагаемых органических веществ-загрязнителей окружающей среды.

Реализация предлагаемого способа доочистки сточных вод предполагает использование биологических прудов как необходимого звена в комплексе очистных сооружений, где деструкция загрязнений происходит аналогично процессам самоочищения в природных водах.

В эксперименте по доочистке сточных вод в моделях биологических прудов были исследованы деструкционные свойства альгобактериального сообщества на основе *Spirulina platensis* (Nordstedt), внесенного на носитель.

Альгобактериальное сообщество было выращено на кафедре прикладной биологии и микробиологии Астраханского государственного технического университета по методу естественных и гнотобиотических микроэкосистем.

Микросообщество представляет собой слизистый сине-зеленый субстрат, стратифицированный на несколько слоев. Верхний слой представлен в виде мицелия микромицетов и стрептомицетов. Фототрофные бактерии, скрепленные слизистыми образованиями, формируют второй слой. Третий слой включает остальные бактерии, которые прикрепляются своими экзогенными выделениями вместе с автотрофами *Chlorophyta*, *Cyanophyta* и *Bacillariophyta* ко второму слою. Основная биомасса сообщества принадлежит представителю *Cyanophyta* – *Spirulina platensis*, причем биомасса штамма CALU № 532 составляет 410 мг/г, штамм CALU № 603 – 190 мг/г, *Chlorophyta* – 370 мг/г, *Bacillariophyta* – 32 мг/г соответственно, микрофауны – чуть больше 0,1 мг/г, и 0,003 мг/г приходится на бактерии и микромицеты.

Модели биопрудов были заполнены очищенной сточной водой, взятой из вторичных отстойников северных ОСК г. Астрахани. В одной из них в полупогруженном состоянии укреплялся рогозовый мат, в котором в шахматном порядке были вырезаны «окна» для необходимого газообмена между сточной жидкостью и атмосферным воздухом. Вторая емкость использовалась в качестве контрольной. В экспериментальную емкость на поверхность носителя была добавлена биомасса микросообщества, превышающая биомассу цианобактерий, находящихся в сточной воде более чем в два раза для того, чтобы аборигенные микроорганизмы не вытесняли «вселенцев». В связи с тем что в экспериментальной сточной воде обнаружены единичные клетки цианобактерий, концентрация внесенного микросообщества условно была принята за 0,96 г/дм³ сточной воды. Эксперимент продолжался 15 суток. В его начале и на 3, 8 и 15 сутки из опытной и контрольной сточной воды отбирались пробы жидкости на гидрохимические и микробиологические анализы. Отбор проб на исследования осуществляли с применением общеизвестных микробиологических и гидробиологических методик.

Гидрохимические анализы выполняли по аттестованным методикам, допущенным для целей государственного экологического контроля: измерения массовой

концентрации ионов аммония, нитрит-ионов, нитрат-ионов, фосфат-ионов (фотометрическим методом), фенолов (на анализаторе «Флюорат-02»), химического потребления кислорода (бихроматно-титриметрическим методом), растворенного кислорода (йодометрическим методом), содержаний сульфатов, взвешенных веществ (гравиметрическим методом), pH (потенциометрическим методом), биохимической потребности в кислороде (методом разбавления).

Таблица

Влияние альгобактериального сообщества на гидрохимические показатели в эксперименте по доочистке городских сточных вод

Показатели, мг/дм ³	0 сутки, $\bar{x} \pm m$		3 сутки, $\bar{x} \pm m$		8 сутки, $\bar{x} \pm m$		15 сутки, $\bar{x} \pm m$	
	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль
pH	7,56 ± 0,05	7,56 ± 0,05	7,50 ± 0,03	7,70 ± 0,02	7,40 ± 0,03	7,80 ± 0,05	7,40 ± 0,02	7,90 ± 0,05
ХПК	37,60 ± 0,70	37,60 ± 0,70	35,0 ± 0,50	37,70 ± 0,70	28,0 ± 0,30	30,0 ± 0,30	24,0 ± 0,20	27,0 ± 0,10
Растворенный кислород	2,09 ± 0,03	2,09 ± 0,03	3,89 ± 0,05	4,47 ± 0,04	4,16 ± 0,30	4,94 ± 0,05	5,0 ± 0,20	4,48 ± 0,10
БПК ПОЛН	4,30 ± 0,05	4,30 ± 0,05	2,64 ± 0,03	3,17 ± 0,20	1,69 ± 0,01	2,45 ± 0,02	1,99 ± 0,01	2,48 ± 0,10
Взвешенные вещества	74,30 ± 2,60	74,30 ± 2,60	34,0 ± 0,30	37,0 ± 0,30	19,0 ± 0,20	25,0 ± 0,30	13,0 ± 0,10	17,50 ± 0,20
Азот аммонийный	20,96 ± 0,50	20,96 ± 0,50	11,40 ± 0,20	13,80 ± 0,30	6,22 ± 0,60	9,23 ± 0,50	0,88 ± 0,01	1,18 ± 0,02
Нитриты	0,95 ± 0,01	0,95 ± 0,01	2,19 ± 0,09	1,06 ± 0,07	1,12 ± 0,03	0,74 ± 0,02	0,08 ± 0,02	0,12 ± 0,01
Нитраты	86,27 ± 3,70	86,27 ± 3,70	1,75 ± 0,03	2,59 ± 0,05	2,84 ± 0,07	0,9 ± 0,07	1,80 ± 0,09	1,01 ± 0,05
Сульфаты	140,70 ± 3,30	140,70 ± 3,30	182,0 ± 1,80	183,0 ± 1,90	95,0 ± 0,90	102,0 ± 1,20	96,0 ± 1,30	91,0 ± 0,90
Фосфаты	0,20 ± 0,01	0,20 ± 0,01	0,17 ± 0,02	0,18 ± 0,03	0,17 ± 0,02	0,09 ± 0,001	0,14 ± 0,01	0,1 ± 0,003
Фенолы	0,0007 ± 3,1·10 ⁻⁵	0,0007 ± 3,1·10 ⁻⁵	0,0003 ± 1,0·10 ⁻⁵	0,0004 ± 1,2·10 ⁻⁵	0,0002 ± 1,0·10 ⁻⁵	0,0006 ± 2,1·10 ⁻⁵	0,00005 ± 1,9·10 ⁻⁶	0,0003 ± 1,0·10 ⁻⁵

В качестве носителя для сообщества микроорганизмов использовались рогузовые маты, выполненные аналогично камышитовым плитам (ГОСТ 7483-58), изготавливаемые из местного сырья (*Tipha anqustifolia*) и широко используемые в сельском хозяйстве области. Моделями биопрудов служили экспериментальные емкости размером 160 × 65 × 45 см. Статистическая ком-

пьютерная обработка результатов исследования выполнялась с использованием программы "Statistica 6.0", оценку достоверности разности сравниваемых величин определяли в соответствии с критерием Стьюдента.

Анализ данных таблицы дает представление о том, что заметное деструктивное воздействие альгобактериального сообщества, вселенное в экспериментальную модельную емкость, оказало на взвешенные вещества, фенолы, азот аммонийный и показатели ХПК и БПК₂₀.

Так, к концу эксперимента (на 15 сутки) в сточной воде, содержащей микросообщество, произошло снижение взвешенных веществ на 82,5 %, в контрольном варианте (К) – на 76,4 %; азота аммонийного – на 95,8 % (К – на 94,4 %); фенолов – на 92,9 % (К – на 57,1 %); ХПК – на 36,2 % (К – на 28,2 %); БПК₂₀ – на 53,7 % (К – на 42,3 %). Расчет критерия достоверности сравниваемых показателей опытного и контрольного вариантов позволяет сделать вывод о высокой степени достоверности данной разницы ($P < 0,01$). Очищаемая в биопрудах сточная вода достигла нормативных значений по нитратам на 3 сутки эксперимента, по нитритам – на 15 сутки и в опытном, и в контрольном варианте. Содержание фенолов и аммонийного азота снизилось до норм ПДК для очищенной сточной воды на 3 и 8 сутки соответственно в экспериментальной емкости и только на 15 сутки – в контрольной.

Исследования показали, что благодаря фотосинтетической активности микроводорослей альгобактериальное сообщество способствовало обогащению сточной воды кислородом. Так, содержание растворенного кислорода в опытном варианте возрастает к концу эксперимента в 2,4 раза, а в контрольном – в 2,1 раза. Разница между опытными и контрольными данными к 15 суткам экспозиции достигает достоверной величины ($T_d = 2,6$; $P < 0,05$).

Необходимо также отметить, что и в экспериментальном, и в контрольном варианте к концу опыта происходит снижение содержания в сточной воде нитритов, нитратов, сульфатов и фосфатов, но деструктирующего влияния альгобактериального сообщества на эти ингредиенты не прослеживается.

Проведенные исследования показали, что использование альгобактериального сообщества в доочистке городских сточных вод в биопрудах способствует значительному улучшению гидрохимических и микробиологических показателей очищаемой воды, выражающемуся в деструкции как легко-, так и трудноразлагаемых веществ, обогащении кислородом, снижении содержания взвешенных веществ и численности сапрофитных и условно-патогенных организмов. Эффективность предлагаемого способа доочистки по сравнению с контрольным вариантом составила: по фенолам – 35,8 %, по БПК_n – 11,4 %, по ХПК – 8,0 %, по взвешенным веществам – 6,1 %.

Библиографический список

1. *Гурьева М. С.* Исторические аспекты водоотведения и очистки сточных вод городов / М. С. Гурьева, Л. А. Морозова, А. Н. Бармин // Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. – 2006. – № 5 (18). – С. 102–104.
2. *Гурьева М. С.* Некоторые особенности доочистки сточных вод в биопрудах канализационных очистных сооружений г. Астрахани / М. С. Гурьева // Естественные и технические науки. – 2010. – № 1 (45). – С. 241–245.
3. *Гурьева М. С.* Развитие системы канализации и перспективы очистки сточных вод в городах России / М. С. Гурьева, Л. А. Морозова, А. Н. Бармин // Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. – 2006. – № 4 (17). – С. 29–32.