

Н.Р. Акмуханова , **А.К. Садвакасова** , **М.М. Төреханова** ,
М.Ө. Бауенова , **А. Адак** , **А. Карабекова** , **Б.К. Заядан** 

Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: asem182010@gmail.com

ВЛИЯНИЕ CHLORELLA VULGARIS Z-1 НА МИКРОБНЫЙ СОСТАВ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

В статье приведены результаты изучения влияния штамма зеленой микроводоросли *Chlorella vulgaris* Z-1 на санитарно-микробиологическое состояние сточной воды форелевого и осетрового пруда рыбного хозяйства в селе Саймасай. Сточная вода обоих прудов рыбного хозяйства характеризовалась высоким содержанием в них органо-минеральных веществ. По результатам проведения санитарно-бактериологических исследований ОМЧ воды в прудах составило $5,6-6,4 \times 10^5$ КОЕ/см³ вода, коли-индекс – 10, отмечается наличие аэромонад и псевдомонад. Установлено, что после культивирования микроводорослей *Chl vulgaris* Z-1 в сточных водах осетрового и форелевого пруда заметно улучшилась микробиологическая характеристика, общее микробное число уменьшилось на 70-75 %, коли-индекс – на 5, т.е. воду рыбного хозяйства по степени загрязненности можно признать чистой. При этом установлено, что в морфологическом составе микрофлоры обоих прудов наблюдается заметное уменьшение групп палочковидных микроорганизмов, увеличение содержания кокковидных бактерий и отсутствие аэромонад и псевдомонад. Выявлено изменение соотношения физиологических групп микроорганизмов в очищенной воде после культивирования микроводорослей. Так, заметно снизилась численность аммонифицирующих и денитрифицирующих бактерий, в то время как количество нитрифицирующих микроорганизмов значительно выросло, это связано с увеличением полуразложившихся органических веществ, вовлеченных в процесс аммонификации.

Ключевые слова: *Chlorella vulgaris* Z-1, ОМЧ (общее микробное число), санитарно-микробиологическое состояние, рыбохозяйственная сточная вода.

N.R. Akmukhanova, A.K. Sadvakasova, M.M. Torekhanova,
M.O. Bauyenova, A. Adak, A. Karabekova, B.K. Zayadan

Al-Farabi Kazakh National University,
Kazakhstan, Almaty, e-mail: asem182010@gmail.com

Influence of microalgae on the microbial composition of fishery wastewater

The article presents the results of a study that examined the effect of the green microalgae strain *Chlorella vulgaris* Z-1 on the sanitary-microbiological state of wastewater from trout and sturgeon ponds of the Saymasay fishery. The wastewater of both ponds of fisheries was characterized by a high content of organo-mineral substances. According to the results of sanitary-bacteriological studies, the total microbial number (TMN) of water in the ponds amounted to $5,6- 6,4 \times 10^5$ KOE / cm³ of water, at the water quality index of 10, and the presence of aeromonads and pseudomonads was also noted. It was found that after the cultivation of the microalgae *Chl vulgaris* Z-1 in the wastewater of the sturgeon and trout pond, the microbiological characteristic improved significantly, the TMN decreased by 70-75%, and the water of the Saymasay fishery, with index 5, considered to be clean by evaluating the degree of pollution. It was found in the morphological composition of the microflora of both ponds that there was a noticeable decrease in the groups of rod-shaped microorganisms, an increase in the content of cocciform bacteria and the absence of aeromonads and pseudomonads. A change in the ratio of physiological groups of microorganisms in purified water after microalgae cultivation was revealed. The number of ammonifying and denitrifying bacteria noticeably decreased, while the number of nitrifying microorganisms increased significantly, which indicates the content of semi-decomposed organic residues involved in the ammonification process.

Key words: *Chlorella vulgaris* Z-1, TMN (total microbial number), sanitary and microbiological condition, fishery waste water.

Н.Р. Акмуханова, А.К. Садвакасова, М.М. Төреханова,
М.Ө. Бауенова, А. Адақ, А. Карабекова, Б.К. Заядан

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан, Алматы қ., e-mail: asem182010@gmail.com

Балық шаруашылығы қалдық суларының микробтық құрамына микробалдырлардың әсері

Мақалада *Chlorella vulgaris* Z-1 жасыл микробалдыры штаммының Саймасай ауылындағы балық шаруашылығының форель және бекіре тоғандарының қалдық суының санитарлық-микробиологиялық жағдайына әсерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Балық шаруашылығының екі тоғанының қалдық суы оларда органикалық-минералды заттардың жоғары болуымен сипатталды. Тоғандардағы судың ЖМС санитариялық-бактериологиялық зерттеу нәтижелері бойынша $5,6-6,4 \times 10^5$ КОЕ/см³ су, коли – индексі – 10 құрады, аэромонад және псевдомонад бар екендігі байқалады. *Chl vulgaris* Z-1 микробалдырын бекіре және форель тоғандарының қалдық суларында өсіргеннен кейін микробиологиялық сипаттама едәуір жақсарды, ЖМС 70-75%-ға, коли индексі 5-ке азайды, Саймасай ауылындағы балық шаруашылығының суы ластану дәрежесі бойынша таза деп тануға болады. Бұл ретте екі тоғанның микрофлорасының морфологиялық құрамында таяқша тәрізді микроорганизмдер топтарының елеулі азаюы, кокк тәрізді бактериялар құрамының артуы және аэромонад пен псевдомонадтың болмауы байқалады. Микробалдырларды өсіргеннен кейін тазартылған судағы микроорганизмдердің физиологиялық топтарының ара қатынасының өзгеруі анықталды. Мысалы, аммонификациялаушы және денитрификациялаушы бактериялардың саны айтарлықтай төмендеді, ал нитрификациялаушы микроорганизмдердің саны айтарлықтай өсті, бұл құрамында аммонификациялау процесіне қатысқан жартылай ыдыраған органикалық қалдықтардың барын білдіреді.

Түйін сөздер: *Chlorella vulgaris* Z-1, ЖМС (жалпы микроб саны), санитарлық-микробиологиялық жағдай, балық шаруашылығының қалдық суы.

Введение

Рыбоводство, являясь одной из наиболее динамично развивающихся в настоящее время отраслей сельского хозяйства, представляет большой интерес в связи с высокой плодовитостью рыб, их способностью к быстрому росту и значительно низкими затратами на их культивирование. Кроме этого необходимо отметить о возрастающей потребности в высококачественной животноводческой продукции. При этом использование природных сырьевых ресурсов является приоритетным способом удовлетворения спроса на рыбную продукцию. Однако в последние годы результатом антропогенного влияния на водоемы является сокращение естественного воспроизводства рыбных запасов, отмечается постепенное снижение численности рыб в естественных водоёмах.

Развитие аквакультуры в естественных водоёмах включает комплекс мероприятий, ориентированный не только на сохранение и увеличение рыб, но и на качественное улучшение рыбной продукции. Контроль рыбохозяйственных водоемов проводится в двух ключевых направлениях: это качество воды и рыбы, что связано с основными требованиями в целях безопасности здоровья потребителя.

Так, при анализе экологического состояния исследуемых водоемов необходимо учитывать основные и интегральные показатели качества воды. Санитарное состояние воды является одним из важнейших аспектов жизнедеятельности всех живых организмов, где роль микроорганизмов, используемых в качестве информативных компонентов экосистем способных давать быстрый ответ на незначительные смены в экологических условиях, велика [1]. Поэтому бактериологический метод определения уровня загрязнения воды используемой для рыбохозяйственных целей наряду с химическими и биологическими методами, очень важен. В рыбохозяйственных прудах число микроорганизмов может сильно возрастать, поскольку, как известно, при искусственном кормлении рыб происходит накопление несъеденных кормов в воде, что и приводит к увеличению объемов неразложившихся органических веществ, и соответственно к ухудшению санитарного состояния воды. Так, возникают определенные условия для накопления и размножения различных патогенных бактерий [2,3,4]. В связи с этим практический интерес представляет получение информации о бактериальной обсемененности воды, поскольку с водой и условиями водопользования связано распространение

целого ряда инфекционных болезней человека [2, 5, 6].

Природные воды являются естественной средой обитания для фототрофных микроорганизмов, в том числе и микроводорослей, где благодаря им происходят процессы самоочищения воды. Однако именно их массовое культивирование дает возможность использования микроводорослей в процессах очистки сточных вод. Культивируя микроводоросли на сточных водах можно организовать качественный процесс очистки загрязненных водных экосистем, и как следствие наладить дешевую, но при этом экологически приемлемую технологию очистки воды, которая может быть использована дополнительно, как например в случаях сильного загрязнения водных объектов, или же в случае относительно небольшой степени загрязнения может заменить имеющиеся традиционные дорогие водоочистные сооружения.

Обеззараживающие свойства микроводорослей в отношении к патогенным и условно патогенным штаммам связано с их способностью продуцировать антибиотические вещества. Так, известно, что антибактериальными свойствами обладают представители различных таксономических групп микроводорослей, в частности это виды относящиеся к семействам *Dinophyceae*, *Chrysophyceae*, *Chlorophyceae* и *Bacillariophyceae* [6-13]. Имеющийся ряд исследований в этой области посвящен определению ингибирующего эффекта штаммов микроводорослей в отношении целого ряда бактерий и спектра его активности, кроме этого ряд исследований направлен на выявление биохимической природы взаимоотношений бактерий и водорослей. Так, первые исследования антибиотической активности микроводорослей были проведены в Индии Р. Пратом с его соавторами [6, 7]. В этих исследованиях использовались в основном морские микроводоросли, в то время как их пресноводные виды, в этом отношении изучены недостаточно. Однако известно, что пресноводные водоросли способны образовывать биологически активные соединения в являются ценным природным сырьем и потенциальным источником антибиотических веществ [8]. Так исследование антибиотических свойств микроводорослей в естественных и искусственных водоемах является крайне необходимым.

В связи с этим становится очевидным, актуальность исследования влияния микроводорослей на микробиологическую характе-

ристику рыбохозяйственных сточных вод. В данной статье приведены результаты изучения влияния штамма зеленой микроводоросли *Chlorella vulgaris* Z-1 на санитарно-микробиологическое состояние сточной воды форелевого и осетрового прудов рыбного хозяйства.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта для изучения очистительного эффекта микроводорослей использовался штамм *Chlorella vulgaris* Z-1, выделенный из загрязненного водоема и подвергнутый автоотбора на разных загрязненных средах. Для выявления способности микроводоросли расти на загрязнённой воде штамм *Chlorella vulgaris* Z-1 культивировали в лабораторных условиях на сточной воде рыбного хозяйства. Микроводоросли предварительно выращивали на питательной среде 04 в колбах объемом 1000 мл при освещении 4000 люкс и температуре 25-28°C. Далее при масштабировании процесса культивирования микроводоросли использовали лабораторный фотобиореактор объемом 40 л. Пробы воды были взяты из осетровых, форелевых прудов рыбного хозяйства расположенный в селе Саймасай, Алматинской области. В качестве контроля использовалась жидкая среда Тамия. Контроль за темпом роста и размножением водорослей в культуре осуществляли на основании учета изменений их численности и биомассы с помощью камеры Горяева [9,10].

Пробы воды для бактериологического исследования отбирались в стерилизованную посуду с соблюдением правил асептики. Для определения общей бактериальной обсемененности сточных вод первичные бактериологические посеы проводили на МПА. Для количественного учета бактерий различных физиологических групп использовали элективные питательные среды: для выявления аммонификаторов – 1 % пептонная вода, для нитрификаторов первой фазы – среда Виноградского, для денитрификаторов среда Гилья, казеиновый агар для обнаружения протеолитических бактерий, крахмальный агар для амилалитических бактерий и среда Селибера с бром-тимол-блау для выявления липолитических бактерий. Представителей сем. *Enterobacteriaceae* выявляли бродильным методом в накопительной среде и затем инкубированием на среде Эндо при температуре 37 °С. Исследование биохимических, культуральных, морфологических свойств выделенных бакте-

рий проводили согласно ГОСТ ISO 7218-2011 «Общие требования и рекомендации по микробиологическим исследованиям» [11]. Выделенные изоляты бактерии отсеивали на МПА в пробирках, присваивали шифр, а затем по морфологическим, тинкториальным и биохимическим свойствам идентифицировали их до рода. Так, определение культуральных свойств проводили на дифференциальных питательных средах Эндо и ЖСА, устанавливали грампринадлежность и способности к капсуло- и спорообразованию методом микроскопии. При этом идентифицировали выделенные микроорганизмы по определителям [12,13]. Тесты на оксидазную и каталазную активности проводили в соответствии с ГОСТ 18963-73. Вода питьевая. Методы санитарно – бактериологического анализа. Содержание аммиака и ионов аммония определяли с реактивом Несслера, нитритный азот – с реактивом Грисса, нитраты – с салицилатом натрия [14]. Содержание фосфатов определяли методом Морфи-Райли. Для определения БПК₅ пробы воды инкубировали в темноте при постоянной температуре 20°C в течении 6 дней с последующим определением концентрации растворенного в воде кислорода до и после инкубации [15]. Полученные в ходе исследования данные подвергали статистической обработке при помощи программы Statistika 6.0.

Результаты исследования и их обсуждение

Вода являясь основой всех биопродукционных процессов водоёмов имеет важное значение в развитии рыбного хозяйства. Микробная обсемененность сточных вод рыбного хозяйства позволяет судить о степени загрязнения воды органическими веществами, ее минерализации и соответственно ее санитарном состоянии.

Микробиологическая характеристика рыбохозяйственных водоемов до культивирования микроводорослей

Проведены микробиологические исследования сточных вод до и после культивирования микроводорослей.

По результатам исследования пробы воды осетрового пруда имели слабощелочную реакцию среды, величина рН составляет 7,6. Пробы воды обладали характерными запахами и оценены по пятибалльной системе на пять. Сточная вода осетрового пруда характеризуется окисляемостью 28,8 мг/ O₂, содержание аммиака составило 3,7 мг/л, концентрация нитритов и

нитратов 5,3 – 5,7 мг/л соответственно, концентрация фосфатов была в пределах 4,50 мг/л, биохимическое потребление кислорода (БПК₅) составило 10,2 мг/ O₂/л. Пробы воды форелевого пруда также имели слабощелочную реакцию среды, величина рН составляет 7,6. Пробы воды обладали характерными запахами и оценены по пятибалльной системе на три. Сточная вода форелевого пруда характеризуется окисляемостью 15,2 мг/ O₂, содержание аммиака здесь ниже – 2,3 мг/л, концентрации нитритов и нитратов тоже значительно низкие и составили 3,6 мг/л – 3,8 мг/л, содержание фосфатов – 4,24 мг/л, значение БПК₅ было 8,5 мг/ O₂/л. Таким образом, сточные воды обеих исследуемых прудов характеризовались повышенным содержанием в них органических веществ, по сравнению общим требованиям поступающих вод форелевого и осетрового хозяйства [16].

По результатам проведения санитарно-бактериологических исследований воды осетровый пруд отнесен ко второй степени загрязнения водоемов (Табл. 1). При исследовании коли – индекс был равен 10, в воде были обнаружены аэромонады и псевдомонады. ОМЧ составило $6,4 \times 10^5$ КОЕ/см³.

Аналогичная картина наблюдалась и в пробах воды отобранных из форелевого пруда данного рыбохозяйственного водоема, где вода по уровню загрязненности тоже признана грязной и отнесена ко 2 степени загрязнения воды, коли – индекс (КИ) составил 10, ОМЧ было равно $5,6 \times 10^5$ КОЕ/см³, в пробах тоже отмечено наличие аэромонад и псевдомонад (табл. 1).

По морфологии среди выявленных бактерий в обеих прудах доминировали палочкообразные виды, в среднем их содержание составило 96 % от общей численности, содержание кокков составило 3 %. При этом выявленные бактерии были различных размеров, встречались клетки от самых мелких (менее 0,1 мкм) до самых крупных бактерий (более 0,5 мкм). Численно доминировали крупные палочки средний размер которых был в пределах 0,92 мкм³, которые составили более 50 % от общей численности бактерий.

В результате проведения микробиологических посевов в чистую культуру выделено 14 изолятов бактерий с различными морфотипами колоний. Среди них отмечено доминирование грамотрицательных бактерий – 10 культур из 14 изолятов. Большая часть выделенных изолятов (11 культур) обладали каталазной активностью. Анализ на подвижность показал,

способность к движению у 9 выделенных изолятов. Подробная характеристика культурально – морфологических и некоторых биохимических свойств выделенных культур микроорганизмов приведена в таблице 2. Анализ ферментативных

свойств выделенных чистых изолятов бактерий по результатам биохимических тестов установил, что глюкозу сбраживали 9 штаммов, 7 штаммов образовывали куслоту из мальтозы, 5 штаммов из арабинозы и 5 культур из сахарозы.

Таблица 1 – Санитарно – бактериологический анализ воды рыбохозяйственных прудов Саймасай

Объект исследования	ОМЧ КОЕ/см ³	КИ	Аэромонады	Псевдомонады	Категория водоема
Осетровый пруд	6,4x 10 ⁵	10	обнаружены невирулентные аэромонады	обнаружены невирулентные псевдомонады	2
Форелевый пруд	5,6x10 ⁵	10	обнаружены невирулентные аэромонады	обнаружены невирулентные псевдомонады	2

Таблица 2 – Культурально – морфологические и биохимические свойства выделенных культур микроорганизмов

Показатель	Выделенные чистые изоляты													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Форма клетки	п	п	к	п	к	п	п	п	к	п	п	п	п	п
Окраска по Граму	-	-	+	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-
Подвижность	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	-
Наличие спор		-	-		-		-		-	+	-			-
Тест на оксидазу	+	+	-			-	-	-	-		-	-		+
Тест на каталазу	+	+	+		-	+	+	+	+	+	+	+		+
Гидролиз желатина	+	-		+		+			+			-	+	-
Образование кислоты из:														
Глюкозы	+		+	+		+	+	+	+				+	+
Лактозы	-		-					+	+					+
Сахарозы	+		+					+				-	+	+
Мальтозы	+		+					+			+	+	+	+
Маннозы	+								+		+			
Арабинозы	-		+	+			+				+	+		-

Примечание: п-палочки, к-кокки, +-положительные,- отрицательные

По данным культурально-морфологической и биохимической идентификации выделенные изоляты были отнесены к следующим родам: *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Staphylococcus*, *Enterobacter*, *Sarcina*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Proteus*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Escherichia*, *Citrobacter*, *Serratia*, *Flavobacterium*.

Бактериальная активность в прудах напрямую зависит от содержания в нем органического вещества и связана с технологией выращивания рыбы. Как известно численное значение бактерий достигает высоких значений особенно при

искусственном кормлении рыб, когда в водоемах наблюдается накопление несъеденных кормов и соответственно ухудшение экологической обстановки. Так количественное определение основных физиологических групп микроорганизмов, зависящих от типа водоема и от уровня антропогенной нагрузки актуально и необходимо для определения стадии минерализации органических веществ.

Согласно полученным результатам в наших образцах воды среди микроорганизмов, участвующих в круговороте азота (табл. 3) доминирова-

ли аммонифицирующие бактерии, численность которых в осетровых прудах составило 220 тыс. кл./мл, в форелевых прудах -180 тыс. кл./мл. Численность денитрифицирующих бактерий составила 18 и 17,5 тыс.кл/мл соответственно. Изучение количества нитрифицирующих бактерий показало что, их численность были в незначительном количестве по сравнению с аммонифицирующими и денитрифицирующими микроорганизмами.

Анализируя численность отдельных физиологических групп бактерий разлагающих органические вещества необходимо отметить в обеих рыбных хозяйствах преобладание амилитических бактерий, самой малочис-

ленной была группа липолитических бактерий. Доминирование протеолитических бактерий в воде возможно связано с большим содержанием углеводов в используемых кормах. Полученные данные свидетельствует о большом содержании в обеих прудах органических веществ и высокой активности гнилостной микрофлоры.

Таким образом, в сточных водах осетрового и форелевого пруда по численности доминировали аммонифицирующие, денитрифицирующие и амилитические бактерии. Выявлено снижение числа нитрификаторов 1-ой фазы, свидетельствующее о худшем санитарном состоянии воды в связи с нарастанием гнилостных процессов.

Таблица 3 – Численное соотношение различных физиологических групп бактерий в рыбохозяйственных водоемах

№	Показатель	Количество бактерий (тыс. кл/мл)	
		Осетровый пруд	Форелевый пруд
	Аммонификаторы	220±0,002	180±0,001
	Денитрификаторы	18±0,002	17,5±0,001
	Нитрификаторы	0,7±0,001	0,76±0,001
	Протеолитические бактерии	32±0,003	35±0,003
	Амилитические бактерии	170±0,002	158±0,002
	Липолитические бактерии	7,5±0,002	7,2±0,002

Рост микроводорослей на сточных водах рыбохозяйственных водоемов

Культивирование клеток микроводоросли *Chlorella vulgaris* Z-1 на исследуемой сточной воде выявил активный рост культуры как в контрольных, так и в опытных условиях, при этом необходимо отметить, что показатели роста культуры в условиях опыта были незначительно ниже контрольных показателей. Это доказывает что, сточные воды, включающие в свой состав органические вещества, могут быть эффективно использованы в качестве питательных сред. Исходное количество клеток в начале эксперимента составляло $0,5 \times 10^6$ кл/мл во всех опытных вариантах. Динамика роста клеток микроводорослей *Chl. vulgaris* Z-1 на сточных водах форелевого пруда на 6 сутки достигли на 5×10^6 кл/мл и осетрового пруда $5,2 \times 10^6$ кл/мл, в контрольном варианте количество клеток составило 6×10^6 кл/мл. Экспериментальные иссле-

дования динамики роста микроводорослей показали, что штамм хлореллы хорошо растут и развивается при заданных условиях культивирования. (рис.1).

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о хорошем росте штамма *Chl. vulgaris* Z-1 в пробах воды рыбохозяйственного водоема. Это свидетельствует, что сточные воды рыбных хозяйств является благоприятной средой культивирования для микроводорослей. В процессе своей жизнедеятельности микроводоросли для построения клеток своего тела используют нитратный азот, фосфаты и углекислый газ, и при этом обогащают водную среду кислородом за счет фотосинтеза, в следствие чего происходит ускорение окислительных процессов и минерализация органических веществ. Это один из наиболее экологических способов очистки воды [17,18].

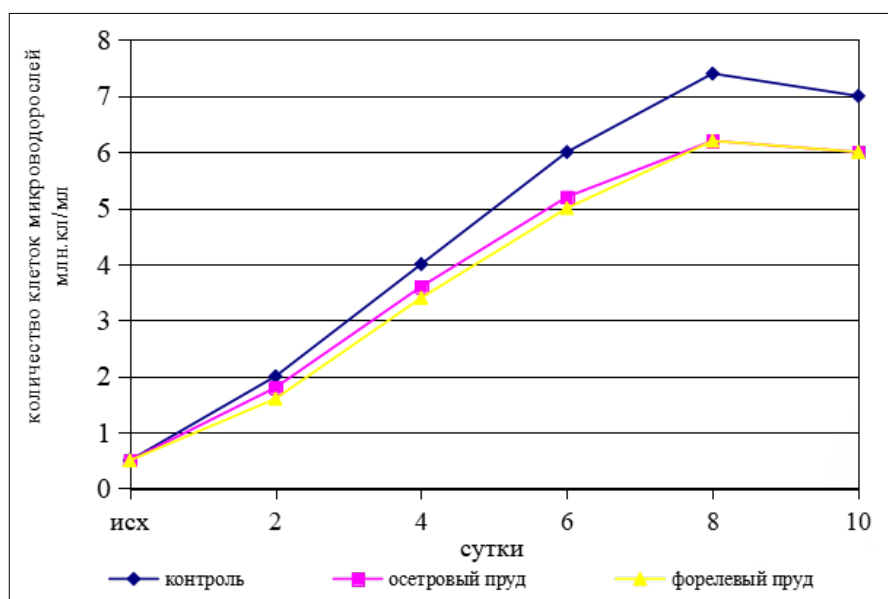


Рисунок 1 – Динамика роста зеленой микроводоросли *Chl vulgaris Z-1* при культивировании в пробах воды рыбохозяйственных водоемов

Микробиологическая характеристика рыбохозяйственных водоемов после культивирования микроводорослей

По результатам проведения санитарно-бактериологического анализа воды исследуемых прудов рыбного хозяйства после культивирования микроводорослей отмечено

уменьшение коли – индекса до 5, и полное исчезновение аэромонад и псевдомонад в обоих прудах. Показатели ОМЧ составили $1,8 \times 10^3$ КОЕ/см³ для осетрового пруда и $1,2 \times 10^3$ КОЕ/см³ для форелевого пруда рыбного хозяйства, соответственно, категория по степени загрязненности воды признана чистой (табл. 4).

Таблица 4 – Санитарно – бактериологический анализ воды рыбохозяйственных прудов Саймасай после культивирования микроводорослей

Объект исследования	Число микроорганизмов, КОЕ/см ³	КИ	Аэромонады	Псевдомонады	Категория водоема
Осетровый пруд	$1,8 \times 10^3$	5	не обнаружено	не обнаружено	1
Форелевый пруд	$1,2 \times 10^3$	5	не обнаружено	не обнаружено	1

В морфологическом составе микрофлоры обоих прудов наблюдается заметное уменьшение групп палочковидных микроорганизмов, и увеличение содержания кокковидных бактерий. В результате проведения микробиологических посевов выделены в чистую культуру бактерии рода: *Sarcina*, *Acinetobacter*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Serratia*, *Flavobacterium*.

Установлено изменение соотношения физиологических групп микроорганизмов в очищенной воде после культивирования микро-

водорослей. Так, заметно снижалась численность аммонифицирующих и денитрифицирующих бактерий, по сравнению с нитрифицирующими микроорганизмами (табл. 5).

Если до культивирования микроводорослей нитрифицирующие микроорганизмы в воде были в незначительном количестве, то после их культивирования численность данных бактерий заметно увеличилась, что связано с содержанием кислорода в воде. Известно, что под влиянием микроводорослей увеличивается содержание кислорода в среде и как след-

ствие происходит быстрое окисление органики в процессе нитрификации [19]. Таким образом, фототрофные микроорганизмы как и растения,

в процессе своей жизнедеятельности обогащая воду кислородом создают благоприятные кислородные условия для нитрификации [20].

Таблица 5 – Численное соотношение различных физиологических групп бактерий в рыбохозяйственных водоемах после культивирования микроводорослей

№	Показатель	Количество бактерий (тыс. кл/мл)	
		Осетровый пруд	Форелевый пруд
	Аммонификаторы	96±0,002	98±0,002
	Денитрификаторы	2,5±0,001	3,1±0,001
	Нитрификаторы	155,5±0,002	157±0,002
	Протеолитические бактерии	1,2±0,001	1,5±0,001
	Амилитические бактерии	0,8±0,001	0,8±0,001
	Липолитические бактерии	-	-

Выявлено, что численность бактерий, участвующих в трансформации органических веществ в обоих рыбных прудах заметно уменьшилось. Роста липолитических микроорганизмов, участвующих в расщеплении жира после культивирование микроводорослей не наблюдалось.

Таким образом, развитие аквакультуры напрямую зависит от используемых водных ресурсов и предъявляет очень высокие требования к санитарно-бактериологическому состоянию водоемов. Ухудшение санитарно-бактериологического состояния водоемов связано с накоплением в воде продуктов жизнедеятельности рыб в виде органических веществ и их производных. По результатам исследования после культивирования микроводорослей *Chl vulgaris* Z-1 в сточных водах осетрового и форелевого пруда заметно улучшилась микробиологическая характеристика, ОМЧ уменьшилось на 70-75 %, коли индекс на 5, что воды рыбных прудов, по степени загрязненности можно признать чистой. Также изменилось количество физиологических групп микроорганизмов участвующих в круговороте азота и в трансформации органических веществ. Такие изменения в бактериальном фоне воды исследуемых прудов на прямую связаны с культивированием в них фототрофного компонента, который в первую очередь снабжает среду кислородом и способствует процессу нитрификации, кроме этого проявляя антимикробный эффект в отношении гетеротрофного компонента сокращают численность бактерий в среде. В лабораторных культурах и в природе между водорослями и бактериями

могут складываться различные взаимоотношения, включающие как элементы симбиоза, так и антагонизма [21]. Так, в литературе немало сведений о негативном влиянии водорослей на бактерии, где при использовании водорослевых экстрактов наблюдается бактериостатическая либо бактерицидную активность [22]. Так, приводятся сведения об антибактериальном действии метаболитов таких фототрофных микроорганизмов, как цианобактерия *Microcystis aeruginosa*, одноклеточной морской водоросли *Platymonas viridis* и солоноводной одноклеточной желто-зеленой микроводоросли *Nephrochloris salina* в отношении некоторых штаммов стафилококков, протей, кишечной палочки и вибрионов [19]. Имеются данные о антибиотических свойствах солелюбивой зеленой микроводоросли *Dunaliella salina*. Так, отмечено подавление роста энтеробактерий под влиянием экстракта этой галофильной микроводоросли, что возможно связано с белково-хлорофильным комплексом микроводоросли, обладающим выраженным бактерицидным эффектом [23,24]. Приводятся сведения о бактерицидном действии экстрактов культуральных жидкостей зеленых микроводорослей *Scenedesmus obliquus* и *Chlorella vulgaris* в отношении условно-патогенных бактерий *Staphylococcus aureus* и *Klebsiella* sp. [25]. Антагонистический характер взаимодействия водорослей с сопутствующими микроорганизмами может быть обусловлен лизоцимной активностью водорослей, а также возможно антагонистическое действие перекиси водорода образуемой в результате фотосинтеза [26].

Полученные результаты позволяют заключить, что культивирование микроводорослей *Chl. vulgaris Z-1* в сточных водах форелевого и осетрового хозяйства положительно влияет на микробный состав сточных вод. В обеих исследуемых сточных водах ОМЧ уменьшилось на 70-75 %, коли индекс на 5, что воды рыбных прудов, по степени микробной загрязненности можно признать чистой. Также изменилось количество физиологических групп микроорганизмов участвующих в круговороте азота и в трансформации органических веществ. Таким образом, микроводоросли представляют большой интерес в процессах регулирования

санитарного состояния воды, в том числе воды рыбохозяйственных водоемов, обеспечивая недорогую и экологически чистую технологию очистки сточных вод, при котором к тому же происходит накопление биомассы микроводорослей, которая может быть использована на различные нужды, в том числе и как кормовая добавка в сельском хозяйстве.

Работа выполнена при поддержке проекта МОН РК: AP05131743 «Разработка научно-методических основ технологии биомониторинга и прогнозирования состояния загрязненных водных экосистем с применением фототрофных микроорганизмов».

Литература

- 1 Брагинский Л.П., Крайнюкова А.Н. Методы оценки токсичности сточных вод и перспективы их использовании в контроле природных вод // Методы биоиндикации и биотестирования природных вод. Л.: Гидрометеониздат, 1989.- С.194-203.
- 2 Pradhan J., Das S. and Das B. K. Antibacterial activity of freshwater microalgae: A review. African Journal of Pharmacy and Pharmacology. 2014. 8(32). 809-818
- 3 Syed Sh., Arasu A. and Ponnuswamy I. The Uses of Chlorella Vulgaris as Antimicrobial Agent and as a Diet: the Presence of Bioactive Compounds which caters the Vitamins, Minerals in General. International Journal of Bio-Science and Bio-Technology. 2015. 7(1). 185-190.
- 4 Scott A.C. Laboratory control of antimicrobial therapy. In: Mackie & McCartney Practical medical microbiology (Edited by, Collee JG, Duguid JP, Fraser AG and Marmion BP) 13th Edn. Vol 2. United Kingdom-Edinburgh: Churchill Livingstone. 1989. 161-181.
- 5 Hend A. and Perveen K. Antibacterial activity and morphological changes in human pathogenic bacteria caused by Chlorella vulgaris extracts. Biomed Res- India. 2017. (28)4. 1610-1614
- 6 Pratt R., Daniel T.C., Eier J.B., Gunnison J.B., Kumler W.D., Oneto J.F., Strait L.A., Spoehr H.A., Hardin G.J, Milner H.W, Smith H., Strain H.H. Chlorellin. An antibacterial substance from chlorella. Science. 1944. 99. 351-352
- 7 Bukholder, P.R., L.M. Burkholder & I.R. Almodovar. 1960. Antibiotic activity of some marine algae of Puerto Rico. Bot. Mar. 2: 149-156.
- 8 Jaki, B., J. Helimann & O. Sticher. 2000. New antimicrobial metabolites from the cyanobacterium Nostoc commune. J. Nat. Prod. 63: 1283.
- 9 Заядан Б.К., Садвакасова А.К., Акмуханова Н.Р. Биотехнология фототрофных микроорганизмов. Алматы: «Қазақ университеті», 2019. -350 с.
- 10 Заядан Б.К., Садвакасова А.К., Акмуханова Н.Р. Фототрофты микроорганизмдердің биотехнологиясы бойынша зерханалық практикум//Оқу құралы, Қазақ университеті, 2018, -262 б. ISBN 978-601-04-3133-1
- 11 ГОСТ ISO 7218-2015 Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Общие требования и рекомендации по микробиологическим исследованиям
- 12 Берджи. Определитель бактерий. М.: Мир, 1997. – 799 с.
- 13 Методические указания по санитарно- бактериологической оценке рыбохозяйственных водоемов №13-4-2-/1738, утвержденные 27 сентября 1999 г // Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб. М.: Отдел маркетинга АМБ – агро. 1999. Ч. 2. С. 161–177
- 14 Рекомендации по методам производства анализов на сооружениях биохимической очистки промышленных сточных вод. – М., 1970.
- 15 Заядан Б.К., Усербаева А., Болатхан К., Сарсекеева Ф., Садвакасова А.К. Безотходная технология очистки сточных вод с получением биодизельного топлива на основе штамма микроводоросли – продуцента масла. Вестник КазНУ. Серия биологическая. №3/1(59). 2013. С. 100–103
- 16 Guo Z, Liu Y, Guo H, Yan S and Mu J, Microalgae cultivation using anaquaculture wastewater as growth medium for biomass and biofuel production. JEnvironSci 25:S85–S88 (2013).
- 17 Арапова А. В. Биологическое удаление азота и фосфора из городских сточных вод: дис. канд. техн. наук: 03.00.16 : защищена 24.12.04 // Арапова А. В. – М.2004. – 192 с.
- 18 Б.К. Заядан, А.К. Садвакасова, Д.К. Кирбаева, К. Болатхан, М. Салех, М. Бауенова. Безотходная технология биологической очистки сточных вод с помощью микроводорослей// Kaznu Bulletin. Ecology series. №2/2 (38). 2013

- 19 Дзюбан А.Н. Оценка экологического состояния водохранилищ по критериям бактерио- бентоса // Гидробиол. журн. – 2004. – №4. – С. 32-33.
- 20 Горобец О.Б., Блинкова Л.П., Батуро А.П. Влияние микроводорослей на жизнеспособность микроорганизмов в естественной и искусственной среде обитания. Журн. микробиол. 2001. 1: 104-108
- 21 Игнатенко М.Е. Характеристика симбиотических связей микроорганизмов в альгобактериальных сообществах природных водоемов. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Оренбург, 2008. С. 19.
- 22 Abedin RM, Taha HM. Antibacterial and antifungal activity of cyanobacteria and green microalgae. Evaluation of medium components by Plackett-Burman design for antimicrobial activity of *Spirulina platensis*. Global Journal of Biotechnology and Biochemistry. 2008;3(1):22-31.
- 23 Зенова Г.М., Штина Э.А., Дедыш С.Н. и др. Экологические связи водорослей в биоценозах. Микробиология. 1995. 2: 149 – 164.
- 24 Гольдин Е.Б., Гольдина В.Г. Антибактериальные свойства метаболитов водорослей в модельных экспериментах. Альгология. 1999. 2: 34.
- 25 Немцева Н.В., Селиванова Е.А., Плотников А.О. Роль симбиотических взаимодействий в выживании микроорганизмов в гипергалинных водоемах. Журн. микробиол. 2006. 4: 117120.
- 26 Игнатенко М.Е., Немцева Н.В. Механизмы взаимодействия автотрофного и гетеротрофного компонентов в альгобактериальных сообществах. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН (электронный журнал). 2012. №3

References

- 1 Abedin RM, Taha HM. Antibacterial and antifungal activity of cyanobacteria and green microalgae. Evaluation of medium components by Plackett-Burman design for antimicrobial activity of *Spirulina platensis*. Global Journal of Biotechnology and Biochemistry. 2008;3(1):22-31.
- 2 Arapova A. B. Biologicheskoye udaleniye azota i fosfora iz gorodskikh stochnykh vod: dis. kand. tekhn. nauk: 03.00.16 : zashchishchena 24.12.04 // Arapova A. B. – M.2004. – 192 s.
- 3 Braginskiy L.P., Kraynyukova A.N. Metody otsenki toksichnosti stochnykh vod i perspektivy ikh ispol'zovaniy v kontrole prirodnnykh vod // Metody bioindikatsii i biotestirovaniya prirodnnykh vod. L.:Gidrometeoizdat, 1989.- S.194-203.
- 4 Burkholder, P.R., L.M. Burkholder & I.R. Almodovar. 1960. Antibiotic activity of some marine algae of Puerto Rico. Bot. Mar. 2: 149-156.
- 5 Berdshi. Opredelitel' bakteriy. M.: Mir, 1997. – 799 s.
- 6 Dzyuban A.N. Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya vodokhranilishch po kriteriyam bakterio- bentosa // Gidrobiol. zhurn. – 2004. – №4. – S. 32-33.
- 7 Gol'din Ye.B., Gol'dina V.G. Antibakterial'nyye svoystva metabolitov vodorosley v model'nykh eksperimentakh. Al'gologiya. 1999. 2: 34.
- 8 GOST ISO 7218-2015 Mikrobiologiya pishchevykh produktov i kormov dlya zhivotnykh. Obshchiye trebovaniya i rekomendatsii po mikrobiologicheskim issledovaniyam
- 9 Guo Z, Liu Y, Guo H, Yan S and Mu J, Microalgae cultivation using anaquaculture wastewater as growth medium for biomass and biofuel production. J Environ Sci 25:S85–S88 (2013).
- 10 Gorobets O.B., Blinkova L.P., Baturо А.Р. Vliyaniye mикроводорослей na zhiznesposobnost' mikroorganizmov v yestestvennoy i iskusstvennoy srede obitaniya. Zhurn. mикrobiol. 2001. 1: 104-108
- 11 Hend A. and Perveen K. Antibacterial activity and morphological changes in human pathogenic bacteria caused by *Chlorella vulgaris* extracts. Biomed Res- India. 2017. (28)4. 1610-1614
- 12 Ignatenko M.Ye., Nemtseva N.V. Mekhanizmy vzaimodeystviya avtotrofnogo i geterotrofnogo komponentov v al'gobakterial'nykh soobshchestvakh. Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra UrO RAN (elektronnyy zhurnal). 2012. №3
- 13 Ignatenko M.Ye. Kharakteristika simbioticheskikh svyazey mikroorganizmov v al'gobakterial'nykh soobshchestvakh prirodnnykh vodoyemov. Avtoref. diss. ... kand. biol. nauk. Orenburg, 2008. S. 19.
- 14 Jaki, B., J. Helimann & O. Sticher. 2000. New antimicrobial metabolites from the cyanobacterium *Nostoc commune*. J. Nat. Prod. 63: 1283.
- 15 Metodicheskiye ukazaniya po sanitarno- bakteriologicheskoy otsenke rybokhozyaystvennykh vodoyemov №13-4-2-/1738, utverzhdenyye 27 sentyabrya 1999 g // Sbornik instruksiy po bor'be s boleznyami ryb. M.: Otdel marketinga AMB – agro. 1999. CH. 2. C. 161–177
- 16 Nemtseva N.V., Selivanova Ye.A., Plotnikov A.O. Rol' simbioticheskikh vzaimodeystviy v vyzhivaniy mikroorganizmov v gipergalinnnykh vodoyemakh. Zhurn. mикrobiol. 2006. 4: 117120.
- 17 Pradhan J., Das S. and Das B. K. Antibacterial activity of freshwater microalgae: A review. African Journal of Pharmacy and Pharmacology. 2014. 8(32). 809-818
- 18 Pratt R., Daniel T.C., Eier J.B., Gunnison J.B., Kumler W.D., Oneto J.F., Strait L.A., Spoehr H.A., Hardin G.J, Milner H.W, Smith H., Strain H.H. Chlorellin. An antibacterial substance from *Chlorella*. Science. 1944. 99. 351-352
- 19 Rekomendatsii po metodam proizvodstva analizov na sooruzheniyakh biokhicheskoy ochistki promyshlennykh stochnykh vod. – M., 1970.
- 20 Syed Sh., Arasu A. and Ponnuswamy I. The Uses of *Chlorella Vulgaris* as Antimicrobial Agent and as a Diet: the Presence of Bioactive Compounds which caters the Vitamins, Minerals in General. International Journal of Bio-Science and Bio-Technology. 2015. 7(1). 185-190.

- 21 Scott A.C. Laboratory control of antimicrobial therapy. In: Mackie & McCartney Practical medical microbiology (Edited by, Collee JG, Duguid JP, Fraser AG and Marmion BP) 13th Edn. Vol 2. United Kingdom-Edinburgh: Churchill Livingstone. 1989. 161-181.
- 22 Zayadan B.K., Sadvakasova A.K., Akmuhanova N.R. Biotechnology of phototrophic microorganisms. Almaty: "Kazakh University", 2019. -350.
- 23 Zayadan B.K., Sadvakasova A.K., Akmuhanova N.R. Laboratornaya praktika po biotekhnologii fototrofnykh mikroorganizmov // Uchebnik Kazakhskogo universiteta, 2018, -262 s. ISBN 978-601-04-3133-1
- 24 B.K. Zayadan, A.K. Sadvakasova, D.K. Kirbayeva, K. Bolatkhan, M. Salekh, M. Bauyenova. Bezotkhodnaya tekhnologiya biologicheskoy ochistki stochnykh vod s pomoshch'yu mikrovdorosley// Kaznu Bulletin. Ecology series. №2/2 (38). 2013
- 25 Zayadan B.K., Userbayeva A., Bolatkhan K., Sarsekeyeva F., Sadvakasova A.K. Bezotkhodnaya tekhnologiya ochistki stochnykh vod s polucheniym biodizel'nogo topliva na osnove shtamma mikrovdorosli – produtsenta masla. Vestnik KazNU. Seriya biologicheskaya. №3/1(59). 2013. С. 100–103
- 26 Zenova G.M., Shtina E.A., Dedysh S.N. i dr. Ekologicheskiye svyazi vdorosley v biotsenozakh. Mikrobiologiya. 1995. 2: 149 – 164.