

УДК 579.26

Б.К. Заядан, А.К. Садвакасова, Д.К. Кирбаева, К. Болатхан*,
М. Салех, М. Бауенова

Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Республика Казахстан, г. Алматы

* E-mail: zbolatkhan@mail.ru

Безотходная технология биологической очистки сточных вод с помощью микроводорослей

Проведена альголизация загрязненной сточной воды птицефабрики «Ақсай» с помощью *Chlorella vulgaris* Beij. Var. *Vulgaris* в лабораторных условиях. Установлено, что развитие хлореллы в сточной воде птицефабрики приводит к улучшению его химического и санитарного состояния. При этом достигается понижение концентрации загрязняющих элементов более чем на 91,8 – 95,7%, а обеззараживание до 100%.

Установлено, что сточная вода птицефабрики богатая не только азотом и фосфорсодержащими компонентами, но и многими другими химическими элементами и солями, в том числе и микроэлементами, является благоприятной средой культивирования для микроводорослей. Изучен биохимический состав полученной в результате альголизации биомассы с целью использования ее в качестве кормовой добавки в сельском хозяйстве, животноводстве, птицеводстве и т.д.

Ключевые слова: биоремедиация, микроводоросли, цианобактерии, сточные воды, биологически активные добавки.

Б.К. Заядан, А.К. Садвакасова, Д.К. Кирбаева, К. Болатхан,
М. Салех, М. Бауенова

Микробалдырлардың көмегімен қалдық суларды биологиялық тазалаудың қалдықсыз технологиясы

Мақалада “Ақсай” құс зауытындағы ластанған қалдық суды лабораториялық жағдайда *Chlorella vulgaris* Beij. Var. *Vulgaris* штаммының көмегімен альголизациялаудың нәтижелері қарастырылады. Құс зауытындағы қалдық суда хлорелланың дамуы, оның химиялық және санитарлық жағдайының жақсаруына әкелетіні анықталды. Осының нәтижесінде, ластаушы элементтердің концентрациясы 91,8-95,7%-ке, ал зарарсыздандыру 100%-ға төмендеген.

Құс фабрикасының қалдық суының құрамындағы компоненттер азот пен фосфорға ғана емес, басқа да көптеген химиялық элементтер мен тұздарға, соның ішінде микроэлементтерге бай бола отырып, микробалдырларды культиверлеуге қолайлы орта жасайды.

Түйін сөздер: биоремедиация, микробалдырлар, цианобактериялар, қалдық сулар, биологиялық активті қоспалар.

B.K. Zayadan, D.K. Kirbaeva, A.K. Sadvakasova, K. Bolatkhan,
M. Salekh, M. Bauenova

Wasteless technology of biological cleaning of sewage by microalgae

This article considers the results of algolization of polluted sewage of battery farm “Aksay” by *Chlorella vulgaris* Beij. Var. *Vulgaris* in laboratory condition. It is found that development of *Chlorella* in sewage of battery farm causes the improvement of its chemical and sanitary state. Also, the concentration decrease of polluting elements is more than 91.8-95.7%, and disinfection until 100%.

It is established that sewage is rich of not only nitrogen and phosphorus-containing components, but also different chemical elements and salts, including microelements, which are favorable condition for microalgae cultivation.

Keywords: bioremediation, microalgae, cyanobacterium, sewage, biological active supplements

Введение

Одной из основных направлений работ по охране водных ресурсов является внедрение новых безотходных технологических процессов, где, используя активные штаммы микроводорослей в очистке бытовых сточных вод, предоставляется возможность получения дешевой биомассы микроводорослей, обладающей высокой питательной ценностью для сельскохозяйственных животных и птиц [1].

Как известно, микроводоросли за счет фотосинтеза обогащают водную среду кислородом, ускоряя тем самым окислительные процессы и минерализацию органических примесей. Кроме этого, многие водоросли способны питаться не только минеральными веществами, но и простыми органическими соединениями, имеющимися в стоках [2].

Следует отметить, что культивирование микроводорослей на сточных водах с целью их очистки и получения полезной биомассы можно организовать во всех городах, поселках городского типа и крупных населенных пунктах Казахстана, а также при животноводческих комплексах и птицефабриках. Это дает возможность защищать водоемы от дальнейшего загрязнения их различными органо-минеральными примесями, поступающими в них при сбросе сточных вод после очистки.

В связи с этим целью исследований явилось проведение альголизации загрязненной сточной воды с помощью микроводорослей, получение полезной биомассы для использования ее в качестве кормовой добавки в сельском хозяйстве, животноводстве, птицеводстве и т.д.

Материал и методика исследований

Микроводоросли предварительно выращивали на питательных средах 04, Тамия в конических колбах объемом 250-1000 мл при освещении лампами дневного света (4000 люкс) и температуре 25-28°C. В эксперименте использовался лабораторный микробиореактор объемом 40 л. В опыте использовалась сточная вода птицефабрики, предварительно профильтрованная через сито и освобожденная от большого коли-

чества жира, перьев, пуха. 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 [3].

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 с помощью специального прибора «Dissolved oxygen meter – YSI 5100» (Великобритания). Расчет производили по соответствующей формуле [4].

Для определения органического вещества в суспензии микроводорослей использовали бихроматный метод. Содержание общего азота определяли по методу Кьельдаля, общий белок – по Лоури, содержание аминокислот определяли на аминокислотном анализаторе Series 200 (Perkin Elmer), витаминный состав (β -каротин, витамин B12 и D) – методом колоночной, тонкослойной и высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В экспериментальных исследованиях использовалась сточная вода птицефабрики «Аксай». По результатам исследования вода имеет слабощелочную реакцию среды, величина pH составляет 8,0. Цветность, определенная по шкале цветности, составляет 80° (коричневый), что обусловлено содержанием в них органических веществ и продуктов их взаимодействия. Пробы воды обладали характерными запахами и оценены по пятибалльной системе на пять. Сточная вода птицефабрики «Аксай» характеризуется окисляемостью 155,2 мг/ O₂, содержание хлорида -24,8 мг/л, взвешенных веществ – 420 мг/л, сульфатов – 39,35 мг/л, азот аммиака – 170 мг/л, микробное число – 2,1 x 10, коли-титр – 10, биохимическое потребление кислорода (БПК₅) – 230 мг/O₂/л, минерализация – 305,3 мг/л. Таким образом, сточные воды птицефабрики «Аксай» характеризовались высоким содержанием в них органо-минеральных веществ.

В качестве объекта для изучения очистительного эффекта микроводорослей использовался штамм *Chlorella vulgaris* Beij. Var. *Vulgaris*, выделенный из загрязненного водоема и подвергнутый автоселекции на разных загрязненных средах. Для выявления способности микроводоросли расти на загрязненной воде штамм *Chlorella vulgaris* Beij. Var. *Vulgaris* культивировали в лабораторных условиях на этой воде.

В лабораторных экспериментах в динамике изучены изменения в составе микроводорослей при их росте в загрязненной сточной воде. Предварительно сточные воды птицефабрики были профильтрованы через сито и освобождены от большого количества жира, перьев, пуха и др., поскольку от эффективности предварительной обработки стоков во многом зависит нормальная работа всей системы по очистке. На следующем этапе проведена альголизация сточной воды птицефабрики с целью их очистки от органических и бактериальных загрязнений.

Культивирование клеток микроводоросли *Chlorella vulgaris* Beij. Var. *Vulgaris* 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 значительно выше контрольных показателей (рис.1).

На 6 сутки культивирования микроводоросли проведен анализ исследуемой сточной воды на наличие изменений в гидрохимическом составе. Некоторые показатели гидрохимического состава сточной воды птицефабрики «Акса́й» до и после культивирования в них микроводоросли

Chlorella vulgaris Beij. Var. *Vulgaris* представлены в таблице 1.

По полученным результатам видно, что с помощью этого штамма достигается высокая степень химической и полная бактериологическая очистка сточной воды исследуемой птицефабрики. При этом достигается понижение концентрации загрязняющих элементов более чем на 91,8 – 95,7%, а обеззараживание – примерно 100%. Также необходимо отметить, что после добавления суспензии хлореллы отмечается нарастание биомассы, что также свидетельствует об ускоренном изъятии из воды загрязняющих веществ по сравнению с контролем.

Полученную таким образом через 6 суток культивирования биомассу хлореллы проанализировали на содержание биологически активных веществ.

По результатам наших исследований накопление общего белка в клетках хлореллы при культивировании на сточной воде возрастает вместе с увеличением интенсивности роста клеток хлореллы. Суспензия хлореллы, в рекомендуемых нами нормах использования, не представляет энергетической ценности и не может быть использована как значимый источник белка в кормовом рационе животных. Однако полный набор аминокислот, витаминов, микроэлементов и биостимуляторов, имеющихся в хлорелле, способствует наиболее полному усвоению кормов, получению дополнительных привесов и сохранности поголовья молодняка. По полученным результатам, в одном литре суспензии хлореллы биомасса составляет 6-10 г, при этом численность клеток достигает 50-60 млн. в 1 мл.

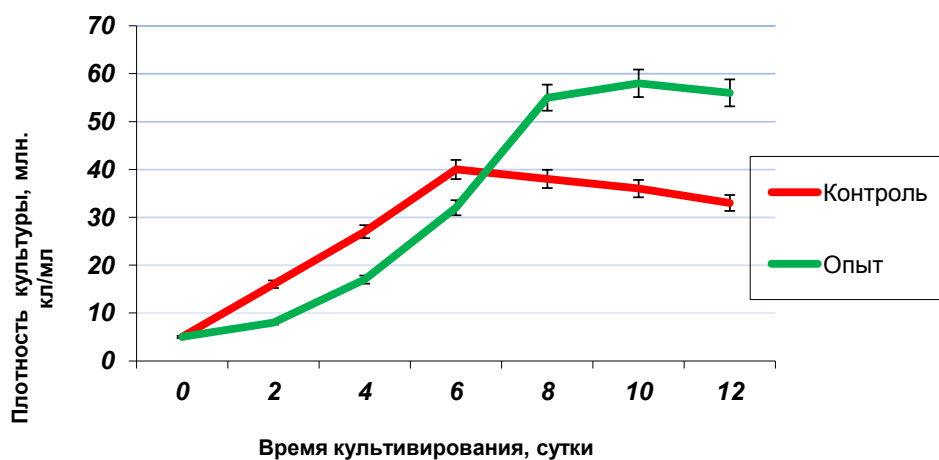


Рисунок 1 – Динамика роста клеток микроводоросли *Chlorella vulgaris* Beij. Var. *Vulgaris* на сточной воде птицефабрики «Акса́й»

Таблица 1 – Изменения некоторых показателей состава сточной воды птицефабрики «Акса́й» до и после культивирования в них микроводоросли *Chlorella vulgaris* Beij. Var. *Vulgaris*

Показатель	Концентрация, мг/л	После культивирования, мг/л	Степень утилизации, %
РН	8,0	7,6	
Запах (балл)	5,0	нет	100,0
Цвет	коричневый	бесцветный	100,0
БПК-5	230 мг/О ₂ /л	15 мг/О ₂ /л	93,0
Окисляемость	155,2 мг/л	6,8 мг/л	95,7
Азот аммиака	170 мг/л	11,2 мг/л	93,5
Хлориды	24,8 мг/л	2,3 мг/л	91,8
Взвешенные вещества	420 мг/л	20 мг/л	95,3
Сульфаты	39,35 мг/л	2,8 мг/л	92,9
Общее количество бактерий (млн/мл)	2,1 × 10	нет	100
Коли-титр	10	1	90,0
Минерализация	305,3 мг/л	35,6	89,6

По результатам исследований хлорелла после выращивания на сточных водах имеет следующий биохимический состав (в % сухой биомассы): белок – 55%, липиды – 12%, углеводы – 25%, зола – 8%. Содержание аминокислот в хлорелле (в пересчете на г/кг воздушно-сухого вещества) следующее: глутаминовая кислота – 31,84; аспарагиновая кислота – 25,66; лейцин – 21,68; аланин – 20,13; валин – 17,58; глицин – 17,02; треонин – 13,66; фенилаланин – 12,06; серин – 11,60; изолейцин – 11,30; пролин – 9,78; лизин – 8,78; тирозин – 8,25; аргинин – 8,17; цистин – 7,53; триптофан – 5,11; метионин – 4,82; гистидин – 1,51. Установлено, что в 100 г сухой хлореллы содержится 7-9 мкг витамина В12 и 100 мг витамина D. Как известно, в суспензии хлореллы имеются все известные на сегодняшний день витамины, к примеру в биомассе хлореллы витамина С столько же, сколько в лимоне, а витамин К имеет важное физиологическое значение для организма животных [6].

Таким образом, как видно из полученных результатов, при альголизации водоёмов с целью их очистки от органо-минеральных и бактериальных загрязнений, в качестве побочного продукта можно получить дешёвую и ценную биомассу, которая может применяться в качестве кормовой добавки в животноводстве, птицеводстве, рыбном хозяйстве, в качестве азотсодержащих препаратов в рисовых чеках и т.д. Эта технология позволяет, с одной стороны, проводить процесс эффективной биоочистки водоёмов от загрязнителей различного происхождения, а, с другой – использовать сточные воды в качестве

питательной среды для массового культивирования фототрофных микроорганизмов с целью получения дешёвой биомассы, богатой белками, углеводами и витаминами, которая является кормовой добавкой с лечебно-профилактическим действием и может быть рекомендована к применению в животноводстве, птицеводстве и других отраслях сельского хозяйства. При котором, как известно, достигается увеличение привеса животных, надоя молока, сбор яиц на 15-20% и более, так как в этой культуре содержится 60% растительного белка, полный набор микроэлементов и пищевых кислот [7].

Выводы

Проведена альголизация загрязненной сточной воды птицефабрики «Акса́й» с помощью *Chlorella vulgaris* Beij. Var. *Vulgaris* в лабораторных условиях.

Установлено, что развитие хлореллы в сточной воде птицефабрики приводит к улучшению его химического и санитарного состояния. При этом достигается понижение концентрации загрязняющих элементов более чем на 91,8 – 95,7%, а обеззараживание до 100%.

Изучен биохимический состав полученной в результате альголизации биомассы с целью использования ее в качестве кормовой добавки в сельском хозяйстве, животноводстве, птицеводстве и т.д.

Установлено, что сточная вода птицефабрики богатая не только азотом и фосфорсодержащими компонентами, но и многими другими химическими элементами и солями, в том числе и ми-

кроэлементами, является благоприятной средой культивирования для микроводорослей.

Использование штамма *Chlorella vulgaris* Beij. Var. *Vulgaris* с заложенными в нем возможностями биологической реабилитации сточных вод позволяет изменить экологическую обстановку и создать надежную систему оздоровле-

ния окружающей среды. При этом дополнительно появляется возможность получения биомассы микроводорослей, которая является кормовой добавкой с лечебно-профилактическим действием и может быть рекомендована к применению в животноводстве, птицеводстве и других отраслях сельского хозяйства.

Литература

- 1 Богданов Н.И. Хлорелла повышает продуктивность птицы // Птицеводство. – 2002. – № 3. – С.5-9.
- 2 Сопрунова О.Б. Особенности функционирования альго-бактериальных сообществ техногенных экосистем: автореф. дисс....д-ра биол. наук. – М., 2005. – 47 с.
- 3 Коробкин В.А., Лященко Л.В., Грановский Э.И. и др. Токсикологические свойства сточных вод г. Алматы // Вопросы гигиены окружающей среды. – Алматы, 1999. – С. 45-54.
- 4 Заядан Б.К. Фототрофные микроорганизмы в экологическом мониторинге и биоремедиации загрязненных водных экосистем. Монография. – Алматы, Арыс, 2010. – С. 380
- 5 Сиренко Л.А., Сакевич А.И., Осипов Л.Ф., Лукина Л.Ф. и др. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике. – Киев: Наукова думка, 1975. – 247с.
- 6 Буриев С.Б. Микроводоросли как очистители сточных вод и объекты для разработки эффективных водоохранных биотехнологий: автореф. дисс....д-ра биол. наук. – Ташкент, 1993. – 43 с.
- 7 Плутахин Г., Мачнева Н., Кошцаев А., Пятиконов И., Петенко А. **Хлорелла и ее применение в птицеводстве**// Журнал «Кормление». – №5. – М., 2011. – С.45-48.

References

- 1 Bogdanov N.I. Hlorella povyshayet produktivnost' pticy. // Zhur. Pticevodstvo. – 2002. – № 3. – S.5-9.
- 2 Soprunova O.B. Osobennosti funkcionirovaniya al'go-bakterial'nyh soobshhestv tehnogennyh jekosistem: avtoref. diss....d-ra biol. nauk. – Moskva, 2005. – 47 s.
- 3 Korobkin V.A., Ljashhenko L.V., Granovskij Je.I. i dr. Toksikologicheskie svojstva stochnyh vod g. Almaty // Voprosy gigieny okruzhajushhej sredy. – Almaty, 1999. -S. 45-54.
- 4 Zajadan B.K. Fototrofnye mikroorganizmy v jekologicheskom monitoringe i bioremediacii zagriznennyh vodnyh jekosistem. Monografija.–Almaty, Arys – 2010 g. s. 380
- 5 Sirenko L.A., Sakevich A.I., Osipov L.F., Lukina L.F. i dr. Metody fiziologo-biohimicheskogo issledovaniya vodoroslej v gidrobiologicheskoy praktike. – Kiev: Naukova dumka, 1975. -247s.
- 6 Buriev S.B. Mikrovodorosli kak ochistiteli stochnyh vod i ob#ekty dlja razrabotki jeffektivnyh vodoohrannyh biotekhnologij: avtoref. diss....d-ra biol. nauk. – Tashkent, 1993. – 43 s.
- 7 G.Plutahin, N.Machneva, A.Koshhaev, I.Pjatikonov, A.Petenko. Hlorella i ee primenenie v pticevodstve. Zhurnal «Kormlenie» №5, 2011 g., Moskva. S.45-48.