

зяйственной ценности 21 вид – декоративные, 6 – лекарственные, 9 – медоносы, 6 – кормовые. По интродукционной устойчивости виды разделены: высокоустойчивые – 17, устойчивые – 3, слабоустойчивые – 1, у 4 видов интродукционная устойчивость не определена (в культуру введены недавно).

Библиографический список

1. Кузнецова Л.В. Конспект флоры Якутии: сосудистые растения. – Новосибирск: Наука, 2012. – 272 с.
2. Гаврилова М.К. Климат Центральной Якутии. – Якутск: Якут. кн. изд-во, 1973. – 120 с.
3. Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. – Новосибирск: Наука, 1974. – 154 с.
4. Данилова Н.С. Интродукция многолетних травянистых растений флоры Якутии. – Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1993. – 164 с.
5. Данилова Н.С. Основные закономерности интродукции травянистых растений местной флоры в Центральной Якутии // Бюлл. ГБС. – 2000. – Вып. 179. – С. 3-8.
6. Серебряков И.Г., Серебрякова Т.И. Экологическая морфология высших растений в СССР // Бот. журн. – 1967. – Т. 52. – № 10. – С. 1449-1471.

7. Безделев А.Б., Безделева Т.А. Жизненные формы семенных растений Российского Дальнего Востока. – Владивосток: Дальнаука, 2006. – С. 161.

References

1. Kuznetsova L.V. Konspekt flory Yakutii: Sosudistye rasteniya. – Novosibirsk: Nauka, 2012. – 272 s.
2. Gavrilova M.K. Klimat Tsentral'noi Yakutii. – Yakutsk: Yakut. kn. izd-vo, 1973. – 120 s.
3. Beideman I.N. Metodika izucheniya fenologii rastenii i rastitel'nykh soobshchestv. – Novosibirsk: Nauka, 1974. – 154 s.
4. Danilova N.S. Introduktsiya mnogoletnikh travyanistykh rastenii flory Yakutii. – Yakutsk: YaNTs SO RAN, 1993. – 164 s.
5. Danilova N.S. Osnovnye zakonomernosti introduktsii travyanistykh rastenii mestnoi flory v Tsentral'noi Yakutii // Byull. GBS. – 2000. – Vyp. 179. – S. 3-8.
6. Serebryakov I.G., Serebryakova T.I. Ekologicheskaya morfologiya vysshikh rastenii v SSSR // Bot. Zhurn. – 1967. – T. 52. – № 10. – S. 1449-1471.
7. Bezdelev A.B., Bezdeleva T.A. Zhiznennye formy semennykh rastenii Rossiiskogo Dal'nego Vostoka. – Vladivostok: Dal'nauka, 2006. – S. 161.



УДК 628.312:574,5

Ю.М. Субботина, И.Р. Смирнова, К.А. Кутковский
 Yu.M. Subbotina, I.R. Smirnova, K.A. Kutkovskiy

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ
 К ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД КОМПОНЕНТАМИ ВОДНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ**

**THEORETICAL AND METHODOLOGICAL APPROACHES TO SEWAGE TREATMENT
 BY THE ELEMENTS OF AQUATIC ECOSYSTEM**

Ключевые слова: чистая вода, предельно-допустимые концентрации, эвтрофикация, энерго- и ресурсопотребление, водооборот, микрогидробиоценоз, зеленые водоросли, диатомовые, протококковые, лимитированный сброс, животноводческий комплекс, токсические нагрузки, микробиологическое загрязнение, фотоавтотрофы, экстремально высокое загрязнение, гидроценозы.

Рассматривается актуальная проблема дефицита пресной воды. Анализируются теоретические и методологические проблемы очистки сточных вод животноводческих комплексов с точки зрения гидробиологии и их влияния на естественные водоисточники. Обозначены злободневные вопросы использования экологически несовершенных технологий в промышленности и в сельском хозяйстве. Приводятся цифровые данные загрязнения поверхностных и водных источников, отмечается

необоснованное качество сбрасываемых сточных вод с точки зрения не только органического и минерального, но и микробного загрязнения водных объектов. Анализируются причины не только загрязнения, но эвтрофирования естественных водоемов и водотоков, прежде всего неудовлетворительное состояние очистных сооружений и их эксплуатации. Подробно представлены виды микроводорослей, активно участвующих в очистке высокозагрязненных сточных вод животноводческих комплексов и птицефабрик. Значительное место уделяется проблеме сохранения водного ресурса, предлагаются способы сохранения путем очистки сточных вод микрогидробиоценозом на примере зеленых, протококковых и диатомовых микроводорослей. Приводятся положительные результаты лабораторных экспериментов, суть которых сводится к тому, что использованные компоненты экосистемы (микроводоросли) очищают и обеззараживают сточные воды, воз-

вращая ценный ресурс в водооборот. В целом, в основу изучения проблемы положен принцип неразрывности пищевой цепи начиная от микроорганизмов до высшей водной растительности и рыбы. Реализация положительных результатов многолетних исследований обеспечивается в первую очередь фотосинтезирующей работой комплекса микроорганизмов, бактерий и водорослей, с последующей очисткой зоопланктоном, высшей водной растительностью и, наконец, рыбопосадочным материалом. Подчеркивается, что экспериментальные исследования и внедренческий опыт наглядно показали возможность использования диатомовых, зеленых и протококковых микроводорослей в определенном соотношении для очистки и обеззараживания органо-минеральных сточных вод и загрязненных водоемов.

Keywords: *clean water, maximum allowable concentration, eutrophication, energy and resource consumption, water cycle, micro- and hydrobiocenosis, green algae, diatomic algae, profococci, limited discharge, livestock facility, toxic load, microbiological pollution, photoautotrophs, extreme pollution, hydrocenosis.*

An urgent issue of fresh water deficiency is discussed. The theoretical and methodological issues of livestock breeding facilities' sewage treatment are analyzed in the context of hydrobiology and their impact on natural water sources. The urgent issues of ecologically inadequate technologies usage in the

production and agriculture sectors are considered. The numerical data on the pollution of surface water sources is presented and the poor quality of waste water is pointed out in the context of organic, mineral and microbial contamination of water resources. The reasons of pollution and eutrophication of natural water sources and water streams are analyzed; the reasons of poor quality of water and wastewater treatment facilities and their maintenance are considered. The detailed data on the microalgae species used in sewage treatment at livestock breeding and poultry facilities is presented. Special attention is paid to the issue of water sources conservation; different methods of conservation are proposed: the usage of micro- and hydrobiocenosis of green, protococcus and diatomic algae. The positive results of laboratory experiments are presented. The experiments have shown that the ecosystem elements (microalgae) being used clean and decontaminate waste water and renew the water cycle. As a whole, this research is based on the principle of continuity of food chain from microorganisms to higher aquatic vegetation and fish. The implementation of the positive results of the long-term research is ensured by the photosynthesis of microorganisms, bacteria and algae followed by water reclamation by zooplankton, higher aquatic vegetation and fish seed. The experimental studies and promotional expertise proved the possibility of using green, protococcus and diatomic algae in certain ration for cleaning and decontamination of organo-mineral waste water and polluted reservoirs.

Субботина Юлия Михайловна, к.с.-х.н., доцент, Российский государственный социальный университет, г. Москва. E-mail: mu_beard@mail.ru.

Смирнова Ирина Робертовна, д.в.н., проф., Московский государственный университет пищевых производств. E-mail: mu_beard@mail.ru.

Кутковский Константин Александрович, аспирант, Российский государственный социальный университет, г. Москва. E-mail: mu_beard@mail.ru.

Subbotina Yuliya Mikhaylovna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Russian State Social University, Moscow. E-mail: mu_beard@mail.ru.

Smirnova Irina Robertovna, Dr. Vet. Sci., Prof., Moscow State University of Food Production. E-mail: mu_beard@mail.ru.

Kutkovskiy Konstantin Aleksandrovich, Post-Graduate Student, Russian State Social University, Moscow. E-mail: mu_beard@mail.ru.

Актуальнейшей стала проблема «чистой воды», т.е. совершенствование способов охраны водных ресурсов, в первую очередь малых рек и рыбохозяйственных водоемов, от органического и химического загрязнения с целью сохранения происходящих в них естественных биологических процессов, обеспечивающих качество как поверхностных, так и артезианских и почвенных вод.

Использование экологически несовершенных технологий в промышленности и сельском хозяйстве, сброс недостаточно очищенных промышленных, коммунальных и сельскохозяйственных стоков, поступление загрязнений с рассредоточенным стоком с водосборных территорий ведут к повсеместному загрязнению водных ресурсов [1].

Цель исследования – оценить теоретические и методологические подходы к очистке сточных вод компонентами водной экосистемы.

Научная новизна. Проведено углубленное изучение очищающей способности микроводорослей в лабораторных и производственных условиях. Разработан универсальный способ очистки и санации животноводческих сточных вод с помощью агрогидроценозов. Приоритет разработок в изучаемой области защищен патентом и авторским свидетельством на изобретение РФ.

В настоящее время наука располагает различными методами и способами очистки сточных вод, но все они не универсальны и постоянно требуют усовершенствования. Предлагаем, на наш взгляд, универсальный способ очистки и обеззараживания с помощью бактериоценозов, альгоценозов. Данный метод апробирован и внедрен во многих хозяйствах не только Московской области, но и во многих хозяйствах России, а также в ближнем и дальнем зарубежье.

В основу изучения проблемы положен принцип неразрывности пищевой цепи начиная от микроорганизмов до высшей водной растительности и рыбы. Реализация полученных результатов многолетних исследований обеспечена в первую очередь фотосинтезирующей работой комплекса микроорганизмов, бактерий и водорослей, с последующей очисткой зоопланктоном, высшей водной растительностью и, наконец, рыбопосадочным материалом.

Целый ряд международных организаций и правительств в течение последних 10-15 лет предпринимают усилия по реализации мер, направленных на предотвращение загрязнения естественных водоемов, на их защиту от загрязнения продуктами человеческой жизнедеятельности [1, 2]. Существенную долю в загрязнение водных объектов в большинстве стран вносят промышленные и сельскохозяйственные объекты, сточные воды которых содержат специфические загрязнения, не удаляемые на сооружениях коммунальной канализации.

Генеральный путь решения проблемы «чистой воды» – снижение органических и токсических нагрузок на реки, водохранилища, рыбохозяйственные водоемы, где производят естественное и искусственное рыбозаведение путем форсированного строительства очистных сооружений и повышения их эффективности, лимитирования сброса сточных вод сельскохозяйственных и промышленных предприятий, сточных вод хозяйственно-бытового назначения.

Для многих регионов России характерно загрязнение поверхностных водоемов на уровне многих десятков ПДК, не редки случаи «высокого» и «экстремально высокого» загрязнения. 36,1% сбрасываемых сточных вод, поступающих в водоемы и на рельеф, загрязненные (в том числе 7,4% – не очищенные вообще). Качество воды в большинстве водных объектов России не отвечает нормативным требованиям. Лишь 12-14% озер и рек России экологически здоровы [3, 4].

Повсеместно ухудшается качество подземных вод, 30% которых опасно загрязнены. В водах внутренних и окраинных морей РФ по некоторым видам загрязнителей ПДК устойчиво превышены в 3-5 раз [1].

Бесконтрольный сброс неочищенных стоков способствует эвтрофикации водоемов, вызывает массовую гибель рыбы в результате отравления ее неочищенными сточными водами.

Во многих странах реализуется политика, направленная на предотвращение специфических загрязнений посредством применения наилучших доступных технологий, которые характеризуются наименьшими значениями

показателей энерго- и ресурсопотребления. Основанием такой политики служит законодательство, устанавливающее требования по применению лучших и доступных технологий, получивших преимущественное распространение в странах Европейского союза, США и других развитых странах [1-5].

Качественное состояние водных ресурсов напрямую зависит от техногенной нагрузки на водные объекты и от уровня очистки использованной воды по бассейнам рек и бассейновым округам. Общее состояние в области очистки сточных вод перед сбросом в водные объекты признается на настоящий момент неудовлетворительным [3].

Продолжает представлять опасность для здоровья человека всё возрастающий фактор микробиологического загрязнения воды водных объектов. Основными причинами создавшегося неудовлетворительного положения с загрязнением воды водных объектов являются состояние сточных вод, сбрасываемых в водные объекты, и их объемы. В водные объекты Российской Федерации сбрасывается до 52 км³/год сточных вод, из которых 19,2 км³/год, что составляет 36,9% неочищенные. Нельзя не учитывать то, что недостаточно очищенные сточные воды могут представлять в ряде случаев не меньшую опасность, чем сбрасываемые без очистки [3, 5].

По данным Росстата за 2006 г., численность поголовья свиней в промышленных животноводческих предприятиях составила 7,3 млн гол., соответственно, количество жидких отходов – продуктов гидросмыва свиноводческих комплексов (ГСК) – 18,7 млн т в год. Несмотря на высокий агрохимический потенциал, утилизация продуктов ГСК в сельскохозяйственном производстве сдерживается вследствие возможного вторичного загрязнения окружающей среды компонентами отхода. Изучение и реализация природоохранных мероприятий, направленных на снижение антропогенного воздействия агропромышленного комплекса на окружающую среду, проводится российскими учеными в рамках «Национального проекта развития АПК России» [6].

К числу причин эвтрофирования водных источников, как мы неоднократно отмечали, относятся сброс недостаточно очищенных сточных вод, слабый производственный контроль, неудовлетворительная эксплуатация морально и физически устаревших и несоответствующих по своей мощности и объему сброса сточных вод очистных сооружений. Практически более 8000 очистных сооружений требуют реконструкции в целях более глубокой очистки сточных вод [1, 5].

Доподлинно известно, что состояние водных ресурсов в значительной мере зависит от уровня очистки сбрасываемых сточных вод. Сточные воды – это воды, сброс которых в водные объекты осуществляется после их использования, или сток, сброс которых осуществляется с загрязненной территории [2, 7].

«Итак, мир идет к концу, а человек своей деятельностью даже способствует приближению конца, ибо цивилизация эксплуатирующая, а не восстанавливающая, не может иметь иного результата кроме ускорения конца» – писал один из основоположников космизма Н.Ф. Федоров (1829-1903) [8].

В России с 50-60-х годов прошлого столетия ведутся работы по использованию микроводорослей для очистки хозяйственно бытовых сточных вод, в 70-е годы на гидроценозы обратили внимание ученые, занимающиеся очисткой сточных вод животноводческих комплексов [4, 5].

Основное внимание российских ученых было обращено на бактерии и микроводоросли, фотоавтотрофы рода *Scenedesmus*, *Chorella*, *Bacillariophyta*, *Ankistrodesmus* и *Lagerheimia*, широко используемых для очистки сточных вод. Мы в своих исследованиях остановились на зеленых, диатомовых и протококковых водорослях, которые использовались нами в экспериментальных и производственных целях [4].

Зеленые водоросли – это самый крупный отдел водорослей, для которых характерен хлорофилл, который преобладает над другими пигментами. Яркие представители хламидомонада, хлорелла вольвокс и другие – пресноводные водоросли. Зелёные водоросли (*Chlorophyta*) – тип низших растений, характеризующихся зелёной окраской в связи с преобладанием в их клетках хлорофилла. Зеленые водоросли содержат те же пигменты, что и высшие растения (хлорофиллы А и В, каротин и ксантофилл), и почти в таком же соотношении. Есть одноклеточные, колониальные и многоклеточные зеленые водоросли, последние большей частью нитевидной, реже пластинчатой формы.

Некоторые зеленые водоросли имеют неклеточное строение, т.е. тело их, несмотря на крупные размеры и иногда сложное внешнее расчленение, не разделено на клетки [9].

Подвижные одноклеточные и колониальные формы, а также зооспоры и гаметы зеленых водорослей имеют 2-4, редко больше, жгутика и светочувствительный глазок. Клетки зеленых водорослей одноядерные или реже многоядерные, в большинстве случаев одеты оболочкой преимущественно из целлюлозы. Хроматофоры часто с пиреноидами. Размножение бесполое (зооспорами и неподвижными спорами), половое (изогамия, ге-

терогамия, оогамия, конъюгация) и вегетативное (одноклеточные – делением тела надвое, многоклеточные нитевидные – участками таллома). Функцию органов полового и бесполого размножения выполняют вегетативные клетки. Спорангии как особые образования известны лишь у некоторых дазикладовых, гаметангии – у части дазикладовых и сифоновых. У одних зеленых водорослей одна и та же особь может давать, в зависимости от внешних условий, органы либо бесполого, либо полового размножения, у других – существуют спорофиты и гаметофиты, которые могут быть одинакового или разного строения. Мейоз у зеленых водорослей происходит в зиготе [9].

Зеленые водоросли делят на 2 подотдела: собственно зелёные (*Chlorophytina*) – половой процесс в виде слияния гамет, и конъюгаты (*Conjugatophytina*). Первый подотдел делят на 6 классов: протококковые, или хлорококковые (*Protococcosphyceae* или *Chlorococcosphyceae*), вольвоксовые (*Volvocosphyceae*), улотриковые (*Ulotrichosphyceae*), сифонклатовые (*Siphonocladosphyceae*), дазикладовые (*Dasycladosphyceae*), сифоновые (*Siphonosphyceae*). Известно около 5700 видов зеленых водорослей, объединяемых в 360 родов. Распространены водоросли преимущественно в пресных водах, встречаются и в морях. Немногие зеленые водоросли приспособились к существованию на стволах деревьев, в почве и т.п. (плеврококк, трентеполия и др.). Одноклеточные и колониальные зеленые водоросли входят в состав планктона и, развиваясь в большом количестве, вызывают цветение воды [9]. Диатомовые водоросли (*Bacillariophyta*), к этому отделу относятся одноклеточные и колониальные микроскопические водоросли от светло-желтого до темно-бурого цвета, исключительно коккоидной структуры тела. Диатомовые водоросли – обширная группа организмов, насчитывающая, по данным разных авторов, от 12 до 25 тыс. видов [10].

Диатомовые водоросли характеризуются особым клеточным покровом – панцирем из аморфного кремнезема, напоминающего по составу опал, с примесью металлов (алюминия, железа, магния) и органического компонента. Диатомеи – основное звено в общей трофической цепи водных биоценозов. Планктонные диатомовые водоросли служат кормом для беспозвоночных, последние – для рыб и других водных животных.

Многие рыбы питаются непосредственно диатомовыми водорослями. Велика роль диатомовых в самоочищении водоемов от загрязнений. Многие диатомеи используются как индикаторы загрязненных водоемов. Отмершие диатомовые образуют диатомовые илы и сапропели [7, 10].

Протококковые водоросли (Protococophyceae, или Chlorococophyceae) – класс зелёных водорослей, объединяющий одноклеточные и колониальные формы, лишённые жгутиков в вегетативном состоянии. Бесполое размножение посредством двух жгутиковых зооспор или автоспор. У колониальных протококковых водорослей споры в материнской клетке складываются в дочернюю колонию. Половой процесс – чаще изогамия. Протококковые распространены повсеместно в пресных водоёмах, в почве и на её поверхности, редки в морях. Одни протококковые водоросли живут в слоевищах многоклеточных водорослей и в листьях наземных растений, другие – сожительствуют с грибами в лишайниках. В бывшем Союзе насчитывали около 400 видов из 150 родов [10].

В водоёмах протококковые водоросли распространены чрезвычайно широко, но наиболее богато они представлены в прудах, в частности в рыбоводных прудах, отстойниках сахарных заводов, биологических прудах и картах полей фильтрации городских очистных сооружений. Самыми распространёнными являются хлорелла (*Chlorella*), сценедесмус (*Scenedesmus*), анкистродесмус (*Ankistrodesmus*), ооцистис, педиаструм, круцигения, но «цветение» воды могут вызывать лишь некоторые виды. Почти все протококковые водоросли относятся к эвригалинным и эвритермным формам, стеногалинных и стенотермных видов среди них немного. С другой стороны, многие из протококковых водорослей являются типичными сфагнофилами. Известны также представители альпийско-арктической флоры, вызывающие образование «зеленого» и «красного» снега. Физиологические особенности протококковых водорослей недостаточно изучены. Исключение составляют только виды родов *Chlorella*, отчасти *Scenedesmus*, *Ankistrodesmus* и *Lagerheimia*. На этих объектах, ставших классическими моделями растительной клетки, ученые разных стран изучали процесс фотосинтеза и минерального питания зеленых растений, обмен веществ и влияние на растительный организм различных ядов, пестицидов, радиоактивных изотопов и т.д. [10, 11].

Велись также исследования по выяснению влияния различных химических, световых и температурных режимов на развитие кормовых протококковых водорослей для рыбного хозяйства и животноводства. Полученные данные используются в опытах по интенсификации процессов очистки воды от загрязнений биогенного происхождения и по массовому культивированию водорослей на сточной жидкости с целью производства белкового и витаминного корма [11, 12].

По количеству видов в водоёмах и интенсивности развития протококковые водоросли

в целом уступают лишь диатомовым водорослям и то не всегда. Поэтому так велико их значение в общем круговороте веществ и как продуцентов кислорода в водоёмах, а значит, велика и их роль в жизни человека и планеты в целом. Объем протококковых водорослей как систематической группы и номенклатуру их систематических подразделений понимают по-разному. Некоторые систематики рассматривают их как порядок в пределах класса собственно зеленых водорослей (*Chlorophyceae*), именуя то протококковыми (*Protococcales*), то хлорококковыми (*Chlorococcales*); в группу либо включают так называемые тетраспоровые (*Tetrasporales*), либо не включают. Другие считают их подклассом или классом. Большинство ученых рассматривают протококковые водоросли как класс и сохраняют за ними латинское название *Protococophyceae*. Кроме двух ранее известных порядков – вакуольных (*Vacuolales*) и хлорококковых (*Chlorococcales*) – некоторые ученые устанавливают в пределах этого класса еще и третий порядок – прототриховых (*Prototrichales*), включая в него представителей, обладающих способностью образовывать примитивные, иногда лишь кратковременно существующие талломы в виде нитей или паренхиматозных пластинок, т.е. представителей с примитивными нитчатой, разноритчатой и пластинчатой [9].

Микроводоросли являются важными компонентами в системе биологической очистки и доочистки, способны полно утилизировать сложные соединения, входящие в состав животноводческих стоков, стоков предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности, текстильной, химической, угольной и металлургической промышленности, о чем свидетельствуют многочисленные результаты современных исследований [8, 12, 13]. Обогащая водную среду кислородом, микроводоросли способствуют ускорению окислительных процессов и минерализации органических примесей в сточных водах. При массовом развитии микроводорослей вода в загрязненных водоёмах достигает высоких показателей чистоты как в химическом, так и бактериологическом отношении [4, 5, 12].

Результаты исследований

Механизма действия компонентов гидроценоза на процессы очистки и обеззараживания сточных вод в моделируемых лабораторных и полупроизводственных условиях производился в аквариумах.

Изучалось влияние альгологического комплекса (АК) микроводорослей на выживаемость условно-патогенной и санитарно-показательной микрофлоры в сточных водах различного происхождения (свиноводческих, птицеводческих, сточных водах мясокомбина-

та, сточные воды тонкосуконной Купавинской фабрики и пр.).

В лабораторных условиях проводились экспериментальные работы в 20-литровых круглых аквариумах, куда вносился адаптированный альгологический комплекс микроводорослей, состоящий из диатомовых, зеленых и протококковых водорослей в соотношении 1:3:1, в аквариумы внедряли также условно-патогенную микрофлору. Используемый комплекс микроводорослей [4] (табл. 1, 2) обеспечил стабилизацию санитарно-бактериологических и санитарно-гидрохимических показателей сточных вод [2-6, 15]. Гидрохимические исследования высокоминерализованных сточных вод в условиях модельного эксперимента представлены в таблице 1.

Из данных таблицы гидрохимического и санитарно-бактериологических анализов видно, что под влиянием АК микроводорослей происходило изменение гидрохимических показателей.

Из данных таблицы 1 следует, что в исходном стоке ХПК было очень высоким – 3520,0 мг/л, БПК₅ составляла 840,0 мг/л, содержание взвешенных веществ колебалось от 226,0 до 204,0 мг/л, азота – 369,0 мг/л, рН 6,2.

Под влиянием АК микроводорослей происходило снижение: ХПК – до 45,6 мг/л, БПК₅ – до 4,0 мг/л, одновременно рН среды приобретала щелочную реакцию (рН 8,5), возрастало количество растворенного кислорода до 16,0-17,6 мг/л при полном отсутствии в начале исследований.

Из данных таблицы 2 следует, что и во II пробе исходный титр в E. Coli составил 10⁻⁵, титр стафилококка 10⁻⁴. В III пробе с внесенными тест-микроорганизмами и АК в объеме 259,0 мл/л обеззараживание стоков достигалось на 3-5-и сут.

При увеличении вносимого объема АК до 500 мл/л энтеропатогенная микрофлора теряла жизнеспособность через 13-20 сут. (табл. 2). Дальнейшее увеличение вносимого объема АК до 700,0 мл/л способствовало

ускорению процесса обеззараживания сточных вод: сальмонеллы не выделялись уже на 5-е сут., кишечная палочка и золотистый стафилококк не обнаруживали в объеме 10,0 мл через 7 сут., а микобактерии (штамм В-5) – через 20 сут.

Условно-патогенную и санитарно-показательную микрофлору не выделяли из 10,0 мл через 5 сут., а микобактерии туберкулеза (штамм В-5) – через 13 сут.

Из анализа полученных данных по санитарно-гидрохимическим и санитарно-бактериологическим показателям становится ясным, что в системе рыбоводно-биологических прудов, функционирующих в проточном и контактном режиме, происходят очистка и обеззараживание поступающих сточных вод до стабилизационного уровня. Это позволяет использовать их на рециркуляцию, технические нужды, сохраняя при этом водные ресурсы и ограждая окружающую среду от загрязнения [4, 5, 7, 14, 15].

Проведенные нами экспериментальные исследования и внедренческий опыт подтвердили возможность использования диатомовых, зеленых и протококковых микроводорослей в определенном соотношении для очистки высокоминерализованных сточных вод и загрязненных водоемов [4].

Микроводоросли являются важными компонентами в системе биологической очистки и доочистки, способны полностью утилизировать сложные соединения, входящие в состав животноводческих стоков, стоков предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности, текстильной, химической, угольной и металлургической промышленности, о чем свидетельствуют многочисленные результаты современных исследований. Обогащая водную среду кислородом, микроводоросли способствуют ускорению окислительных процессов и минерализации органических примесей в сточных водах. При массовом развитии микроводорослей вода загрязненных водоемов достигает высоких показателей чистоты как в гидрохимическом, так и бактериологическом отношениях.

Таблица 1

Результаты гидрохимического анализа высокоминерализованных сточных вод в условиях модельного эксперимента, мг/л

Исследуемые пробы	ХПК	БПК ₅	Взвешен. в-ва	Азот аммиачный	Растворенный O ₂	рН	Объем АК водорослей, мл	
							начало опыта	конец опыта
Исходная сточная вода из прудонакопителя	3520 2050	840 378	226 115	369 54	-	6,2 7,0	-	-
Исходная сточная вода + тест-микроорганизмы	3520 1710	800 360	204 87	367,9 51,0	-	6,2 7,0	-	-
Исходная сточная вода + АК микроорганизмы	3520 45,6	800 4,0	-	378 0,5	16,0	6,2 8,0	700	950
Исходная сточная вода + АК микроорганизмы + тест-микроорганизмы	3520 30,0	800 6,0	-	364 0,3	- 17,6	6,2 8,5	700	1050

Примечание. Числитель – исходная сточная жидкость; знаменатель – прошедшая очистку.

Влияние альгологического комплекса микроводорослей на выживаемость условно-патогенной и санитарно-показательной микрофлоры высокоминерализованных сточных вод в моделируемых лабораторных

Исследуемые пробы	Объем /водорослей	Микробиологические показатели	Время исследования, сут.								
			0	5	7	10	13	20	30	50	60
Исходный сток (контроль)		МАФАиМ(КОЕ/мл) Коли-титр титр стафилококка	8,25 10 ⁻⁵ 10 ⁻⁴	8,15 10 ⁻⁵ 10 ⁻⁴	8,0 10 ⁻⁵ 10 ⁻⁴	7,52 10 ⁻⁵ 10 ⁻⁴	7,0 10 ⁻⁵ 10 ⁻⁴	6,32 10 ⁻⁴ 10 ⁻³	3,10 10 ⁻³ 10 ⁻²	1,54 10 ⁻² 10 ⁻¹	0,76 10 ⁻¹ 10 ⁻¹
Исходный сток+АК (контроль)	200-250 с/вес 146 мг/л	МАФАиМ(КОЕ/мл) Коли-титр титр стафилококка	8,30 10 ⁻⁵ 10 ⁻⁴	7,00 10 ⁻⁵ 10 ⁻⁴	6,75 10 ⁻⁵ 10 ⁻⁴	6,0 10 ⁻⁴ 10 ⁻⁴	4,20 10 ⁻³ 10 ⁻³	1,85 10 ⁻² 10 ⁻⁴²	1,25 10,0 10,0	1,00 10,0 10,0	0,52 - -
Исходный сток+АК+ тест-микро-организмов	250 с/вес 146-184 мг/л	МАФАиМ(КОЕ/мл) Коли-титр титр стафилококка E.coli 0142 St.aureus P-209 S.dublin Микобактерии В-5	9,00 10 ⁻⁶ 10 ⁻⁵ + + + +	6,11 10 ⁻⁵ 10 ⁻³ + + + +	5,70 10 ⁻⁵ 10 ⁻³ + + + -	5,45 10 ⁻⁵ 10 ⁻³ + + + -	4,10 10 ⁻³ 10 ⁻³ + + + -	3,25 10 ⁻² 10 ⁻² + + + -	1,12 10 10 - + - +	0,72 10 10 - - - -	- - - - - -
Исходный сток+АК+ тест-микро-организмов	500 с/вес 350 мг/л	МАФАиМ(КОЕ/мл) Коли-титр титр стафилококка E.coli 0142 St.aureus P-209 S.dublin Микобактерии В-5	8,40 10 ⁻⁶ 10 ⁻⁵ + + + +	7,00 10 ⁻³ 10 ⁻² + + + +	6,11 10 ⁻¹ 10 ⁻¹ + + + +	4,01 1 1 - - - -	2,27 10 10 - - - -	1,15 - - - - - +	0,75 - - - - - -		
Исходный сток+АК+ тест-микро-организмов	700 с/вес 515-520 мг/л	МАФАиМ(КОЕ/мл) Коли-титр титр стафилококка E.coli 0142 St.aureus P-209 S.dublin Микобактерии В-5	8,56 10 ⁻⁵ 10 ⁻⁴ + + + +	6,15 10 10 - - - +	4,00 - - - - - +	3,21 - - - - - -	1,26 - - - - - -	0,64 - - - - - -			
Исходный сток фильтрован разбавлен 1:1 + АК+ тест-микро-организмов	700с/вес 515-520 мг/л	МАФАиМ(КОЕ/мл) Коли-титр титр стафилококка E.coli 0142 St.aureus P-209 S.dublin Микобактерии В-5	8,20 10 ⁻⁵ 10 ⁻⁴ + + + +	3,11 10 10 - - - -	1,74 - - - - - -	0,24 - - - - - -	0,11 - - - - - -				

Примечание. (-) – микроорганизмы не выделены; (-+) – микроорганизмы выделены.

Библиографический список

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2009 году». – М.: НИА – Природа, 2009. – 457 с.
 2. ГОСТ 17.1.1.01-77: Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения. Docb.cntd.ru (дата обращения 22.12.2013).
 3. Онищенко Г.Г., Кармазинов Ф.В., Кирилов В.В., Грачев В.А., Рахманин Ю.А., Рублевская О.Н., Кирилов Д.М., Волкова И.И., Плямина О.В., Жолдакова З.И., Синицына О.О. Системный бенчмаркинг канализования, комплексная оценка и обеспечение безопасности водных источников: в 2 т. – СПб.: Новый журнал, 2011. – Т. 1. – С. 17-12.
 4. Способ очистки сточных вод животноводческих комплексов, ферм и птицефабрик с помощью адаптированного комплекса микроводорослей, высшей водной растительности, зоопланктона и рыбы: пат. на изобре-

ние PV CI 6A 01 K 61/00 C 02 F 3/32 10.11.99 / Субботина Ю.М., Смирнова И.Р., Виноградов В.Н., Мазур А.В., Чистова Л.С., Лесина Т.Н. – № 2140735; Бюл. № 32; при-ор. 13.01.98.
 5. Субботина Ю.М. Эколого-социальные аспекты использования и охраны водных ресурсов // Междисциплинарный научно-практический журнал. Социальная политика и социология. – 2012. – № 5 (83). – С. 166-176.
 6. Домашенко Ю.Е. Экологическое совершенствование технологии обработки продуктов гидросмыва свиноводческих комплексов с применением фосфогипса: автореф. дис. ... канд. тех. наук. – Краснодар, 2009. – 24 с.
 7. Смирнова И.Р., Субботина Ю.М. Санитарно-бактериологическая оценка очистки животноводческих стоков в системе рыбо-водно-биологических прудов // Сб. научных трудов ВНИИССВ. – М.: ВНИИССВ, 1991. – С. 56-57.

8. Субботина Ю.М., Львов Ю.Б. Учение о биосфере: учебное пособие. – М.: Изд-во РГСУ, 2010. – Ч. 1. – 116 с.

9. Зеленые водоросли (Chlorophyta) <http://biofile.ru/bio/16367.html>. Интернет ресурс. Дата обращения 28.11.2014.

10. Протококковые водоросли / [folk.in.ua... solovar/pade/protokokkovije_vodorosli](http://folk.in.ua/solovar/pade/protokokkovije_vodorosli). Интернет ресурс. Дата обращения 16.11.2014.

11. Загрязнение водоемов aquatoria.net.ru.>Что такое пруд. Интернет-ресурс. Дата обращения 16.11.2014.

12. Горбунова С.Ю., Жондарева Я.Д. Об эффективности использования микроводорослей в промышленной биотехнологии с целью мелиорации водной среды и получения кормов для различных отраслей сельского хозяйства // Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азовско-Черноморского региона. – Керчь: ЮГНИРО, 2012. – Т. 2. – С. 114-119.

13. Остроумов С.А. О биотическом самоочищении водных экосистем. Элементы теории // Доклады Академии наук. – 2004. – Т. 396. – № 1. – С. 136-141.

14. Смирнова И.Р. Теоретическое обоснование, усовершенствование и разработка мероприятий, направленных на оптимизацию технологий естественной биологической очистки сточных вод с возможностью их использования на орошение и рыборазведение: автореф. ... докт. вет. наук. – М., 1997. – 48 с.

15. Субботина Ю.М. Технология выращивания молоди карпа в рыбоводно-биологических прудах: автореф. ... канд. с.-х. наук. 06.02.04. – М.: ТСХА, 1993. – 28 с.

References

1. Gosudarstvennyi doklad «O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy Rossiiskoi Federatsii v 2009 godu». – М.: NIA Priroda, 2009. – 457 с.

2. GOST 17.1.1.01-77: Okhrana prirody. Gidrosfera. Ispol'zovanie i okhrana vod. Osnovnye terminy i opredeleniya. Docb.cntd.ru (data obrashcheniya 22.12.2013).

3. Onishchenko G.G., Karmazinov F.V., Kirilov V.V., Grachev V.A., Rakhmanin Yu.A., Rublevskaya O.N., Kirilov D.M., Volkova I.I., Plyamina O.V., Zholdakova Z.I., Sinitsyna O.O. Sistemnyi benchmarking kanalizovaniya, kompleksnaya otsenka i obespechenie bezopasnosti vodnykh istochnikov. V 2 t. T. 1. – SPb.: Novyi zhurnal, 2011. – S. 17-12.

4. Subbotina Yu.M., Smirnova I.R., Vinogradov V.N., Mazur A.V., Chistova L.S., Lesina T.N. Sposob ochistki stochnykh vod zhivotnovodcheskikh kompleksov, ferm i

ptitsefabrik s pomoshch'yu adaptirovannogo kompleksa mikrovodoroslei, vysshei vodnoi rastitel'nosti, zooplanktona i ryby. Patent na izobretenie PV № 2140735 Cl 6A 01 K 61/00 C 02 F 3/32 10.11.99 Byul. № 32 prior. 13.01.98.

5. Subbotina Yu.M. Ekologo-sotsial'nye aspekty ispol'zovaniya i okhrany vodnykh resursov // Mezhdistsiplinarnyi nauchno-prakticheskii zhurnal. Sotsial'naya politika i sotsiologiya. – 2012. – № 5 (83). – S. 166-176.

6. Domashenko Yu.E. Ekologicheskoe sovershenstvovanie tekhnologii obrabotki produktov gidrosmyva svinovodcheskikh kompleksov s primeneniem fosfogipsa: avtoref. diss. ... k.t.n. – Krasnodar, 2009. – 24 s.

7. Smirnova I.R., Subbotina Yu.M. Sanitarno-bakteriologicheskaya otsenka ochistki zhivotnovodcheskikh stokov v sisteme rybovodno-biologicheskikh prudov // Sb. nauchnykh trudov VNISSV. – М.: VNISSV, 1991. – S. 56-57.

8. Subbotina Yu.M., L'vov Yu.B. Kurs lektsii «Uchenie o biosfere». Uchebnoe posobie. Ch. 1. – М.: Izd-vo RGSU, 2010. – 116 с.

9. Zelenye vodorosli (Chlorophyta) <http://biofile.ru/bio/16367.html>. Internet resurs. Data obrashcheniya 28.11.2014.

10. Protokokkovye vodorosli / [folk.in.ua... solovar/pade/protokokkovije_vodorosli](http://folk.in.ua/solovar/pade/protokokkovije_vodorosli) Internet resurs. Data obrashcheniya 16.11.2014

11. Zagryaznenie vodoemov. aquatoria.net.ru. Chto takoe prud. Internet resurs. Data obrashcheniya 16.11.2014.

12. Gorbunova S.Yu., Zhondareva Ya.D. Ob effektivnosti ispol'zovaniya mikrovodoroslei v promyshlennoi biotekhnologii s tsel'yu melioratsii vodnoi sredy i polucheniya kormov dlya razlichnykh otraslei sel'skogo khozyaistva // Sovremennye rybokhozyaistvennye i ekologicheskie problemy Azovsko-Chernomorskogo regiona. – Kerch': YugNIRO, 2012. – Т. 2. – S. 114-119.

13. Ostroumov S.A. O bioticheskom samoochishchenii vodnykh ekosistemi. Elementy teorii // Doklady Akademii nauk. – 2004. – Т. 396. – № 1. – S. 136-141.

14. Smirnova I.R. Teoreticheskoe obosnovanie, usovershenstvovanie i razrabotka meropriyatii, napravlennykh na optimizatsiyu tekhnologii estestvennoi biologicheskoi ochistki stochnykh vod s vozmozhnost'yu ikh ispol'zovaniya na oroshenie i ryborazvedenie: avtoref. diss. ... d.v.n. – М., 1997. – 48 с.

15. Subbotina Yu.M. Tekhnologiya vyra-shchivaniya molodi karpa v rybovodno-biologicheskikh prudah: avtoref. diss. ... k.s.-kh.n. 06.02.04. – М.: TSKhA, 1993. – 28 с.

