

3
НОМЕР

БОИЦ

ISSN 2304-9081

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ

<http://www.elmag.uran.ru>

БЮЛЛЕТЕНЬ

ОРЕНБУРГСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА УРО РАН

Оренбургская область

Букобайские яры

Валиева Ж.А.



2023

УЧРЕДИТЕЛЬ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ОРЕНБУРГСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

© М.Н. Ненашева, М.Б. Цинберг, 2023

УДК 628.35:579.695

М.Н. Ненашева, М.Б. Цинберг

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СУКЦЕССИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ И ТРОФИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ ГИДРОБИОНТОВ КАК ОСНОВА БИОТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД «ТРОФАКТОР»

ООО «Инновационная компания «Экобиос», Оренбург, Россия

Цель. Научное обоснование микробиологического подхода к обезвреживанию высококонцентрированных сточных вод с применением авторской биотехнологии «Трофактор».

Материалы и методы. Селекция культур-деструкторов метанола, этиленгликоля и диэтаноламина проведена с получением накопительной культуры.

Результаты. Выделено две ассоциации культур. Одна из них состоит из деструкторов этиленгликоля (*Azotobacter vinelandii*) и диэтаноламина (*Arthrobacter paraffineus*). Вторая ассоциация культур *Azotobacter vinelandii* – *Arthrobacter paraffineus* состоит из высокоактивных штаммов-деструкторов этиленгликоля и диэтаноламина. В процессе очистки сточных вод формируется трофическая цепь: ксенобиотик – бактерии – гидробионты; тест-культурой на наличие основных загрязнителей сточных вод служит индикаторный организм рода *Colpoda*.

Заключение. Разработана инновационная биотехнология «Трофактор» на основе применения микроорганизмов-деструкторов ксенобиотиков.

Ключевые слова: ксенобиотики, штаммы-деструкторы, пространственная сукцессия микроорганизмов, трофическая цепь гидробионтов, биотехнология «Трофактор».

M.N. Nenasheva, M.B. Tsинberg

SPATIAL SUCCESSION OF MICROORGANISMS AND TROPHIC CHAIN OF AQUATIC ORGANISMS AS THE BASIS OF WASTEWATER TREATMENT BIOTECHNOLOGY "TROFACTOR"

Ecobios Innovation Company LLC, 4 Novaya St., 460022 Orenburg, Russia

Aim. The scientific substantiation of the microbiological approach to the disposal of highly concentrated wastewater using the author's biotechnology "Trofactor".

Materials and methods. Selection of methanol, ethylene glycol and diethanolamine destructor cultures was carried out to obtain a storage culture.

Results. Two associations of cultures were identified. One of them consists of ethylene glycol destructors (*Azotobacter vinelandii*) and diethanoamine (*Arthrobacter paraffineus*). The second association of *Azotobacter vinelandii* cultures – *Arthrobacter paraffineus* consists of highly active ethylene glycol and diethanolamine destructor strains. In the process of wastewater treatment, a trophic chain is formed: xenobiotic - bacteria - aquatic organisms, an indicator organism of the genus *Colpoda* serves as a test culture for the presence of the main wastewater pollutants.

Conclusion. An innovative biotechnology "Trofactor" has been developed based on the use of xenobiotic destructor microorganisms.

Key words: xenobiotics, strains-destructors, spatial succession of microorganisms, trophic chain of aquatic organisms, biotechnology "Trofactor".

Введение

Сегодня во всем мире очень остро стоит проблема предотвращения загрязнения гидросферы различными синтетическими соединениями, так называемыми ксенобиотиками [1-3].

Особую остроту этой глобальной проблеме придает то, что среди этих «чуждых жизни» веществ большинство имеют мутагенные свойства. К ним относятся такие химические реагенты, как метанол (Ме), этиленгликоль (ЭГ), диэтаноламин (ДЭА), применяемые при добыче углеводородного сырья и переработке сероводородсодержащего природного газа.

С вводом в эксплуатацию Оренбургского, Астраханского нефтегазоконденсатных месторождений (НГКМ), а также месторождений Средней Азии, Карачаганака и Тенгиза перед газовой промышленностью встала проблема эффективной очистки природного газа от сероводорода и сероорганических соединений [4].

Интенсификация процессов очистки и осушки сероводородсодержащего газа сопряжена с применением химических реагентов, их внедрение выдвигает на первый план проблему экологической безопасности с целью исключения негативного воздействия этих реагентов на окружающую среду [5].

Ужесточение нормативных требований к качеству очищенных сточных вод формирует новые подходы к разработке технологий очистки сточных вод, загрязненных растворенными органическими веществами (РОВ) и взвешенными органическими веществами.

С целью научного обоснования микробиологического подхода к обезвреживанию промышленных сточных вод, содержащих высокие концентрации органических загрязнений, с применением авторской биотехнологии «Трофактор» были решены следующие задачи: получение высокоактивных штаммов культур – деструкторов этиленгликоля, диэтанолamina, метанола, применяемых для интенсификации процессов очистки и осушки сероводородсодержащего газа, исследование симбиотических отношений бактерий, утилизирующих этиленгликоль и диэтанолamin, а также изучение формирования 2-х уровневой трофической цепи в биореакторе.

Материалы и методы

Селекция культур-деструкторов проведена с получением накопительной культуры методом периодического культивирования с дробным внесением органических загрязнений, являющихся ксенобиотиками. Чистые культу-

ры микроорганизмов получали из накопительной культуры методом поверхностного посева на среду с мясопептонным агаром (МПА).

Деструктивную активность бактерий определяли в условиях периодического культивирования в колбах Эрленмейера объемом 500 мл с 200 мл среды на качалках (220 об/мин) при температуре 28-30°C; интенсивность роста оценивали по оптической плотности культуральной жидкости на фотоэлектроколориметре ФЭК-56.

Идентификацию культур проводили по определителю Берги (1980) с учетом рекомендаций, приведенных в ряде оригинальных работ. Для идентификации гидробионтов использовали определитель Курдса (1969) и «Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР» (1977). Подсчет индикаторных организмов осуществляли под микроскопом «Биолам» на предметном стекле и в камере Горяева по общеизвестным методикам.

Результаты и обсуждение

Теоретические положения, открывающие стратегическую перспективу полной, надежной, эффективной биологической очистки воды заключаются в следующем:

- очистка воды от РОВ осуществляется пространственной сукцессией микроорганизмов;

- очистка воды от ВОВ - разделенной в пространстве трофической цепью.

Из идеи о пространственной сукцессии микроорганизмов и трофической цепи гидробионтов в очистке сточных вод вытекает ряд практически важных следствий, основные из которых следующие: система биологической очистки воды должна быть прямоточной, без отстаивания и возврата биомассы в биореактор; все участвующие в очистке гидробионты должны быть иммобилизованы на нерастворимых в воде насадках; следует создавать максимально возможную концентрацию микроорганизмов-деструкторов во всем объеме биореактора и обеспечивать надежный массообмен.

Таким образом, основные идеи новой биотехнологии очистки воды могут и должны быть использованы не только для очистки высококонцентрированных токсичных сточных вод, но и для глубокой очистки промышленных и бытовых сточных вод [6, 7].

Сукцессия (от. лат. *successio*) – последовательная смена во времени одних биоценозов другими на определенном участке земной поверхности. В природе много подобных сукцессий, одним из примеров которой может слу-

жить процесс естественного эвтрофирования (повышение концентрации биогенных элементов) водоемов, продолжающийся от нескольких тысяч до миллионов лет, при котором происходит постепенная смена биоценозов, населяющих данный водоем.

Путем уменьшения времени смены одного биоценоза другим до минимума и искусственным разделением сменяемых биоценозов в пространстве (в очистном сооружении) получаем пространственную сукцессию микроорганизмов в очистном сооружении, которая состоит в смене одних биоценозов другими в разных объемах очистных сооружений на пути воды, которая очищается.

Пространственная сукцессия микроорганизмов в очистке воды от растворенных органических веществ предусматривает использование на первых стадиях специализированных анаэробных и аэробных микроорганизмов-деструкторов тех или иных токсических труднорастворимых соединений, затем «обыкновенных» копиотрофов, и, наконец, олиготрофов, способных питаться органическими веществами в очень низких, следовых концентрациях и, таким образом, осуществлять глубокую очистку воды от растворенных органических веществ.

Разделенная в пространстве трофическая цепь гидробионтов создается для выедания микробов простейшими, последних – более высокоорганизованными существами – фильтраторами и хищниками различных трофических уровней.

Иммобилизация позволяет интенсифицировать процесс очистки при высоких субстратных и гидравлических нагрузках, повысить устойчивость системы к стрессовым ситуациям (резким изменениям состава и концентрации загрязнителей, гидравлического режима, температуры, pH и пр.), длительно удерживать в биореакторе штаммы микроорганизмов-деструкторов в отсутствии поступления соответствующих субстратов, создает благоприятные условия для спонтанной автоселекции штаммов, обмена генетической информацией. Прикрепленные клетки устойчивее к действию токсикантов, отличаются более высокими скоростями метаболических процессов [8-11].

Авторская биотехнология «Трофактор» (товарный знак № 139707 от 15.04.2020 [12]) – это процесс интенсивной биологической очистки сточных вод, основанный на таких природных явлениях, как самоочищение водоемов, адгезия клеток и трофическая цепь гидробионтов. Технология экологически чиста (используются только природные процессы), универсальна (удаляет практически любые вещества, используемые человеком в быту) и проста в эксплуатации.

Все необходимые для практической реализации технологии «Трофактор» элементы, такие как способ и устройство для очистки, штаммы микроорганизмов-деструкторов, насадка для их иммобилизации защищены 11 патентами Российской Федерации и авторскими свидетельствами СССР, имеют 13 зарубежных патентов (Англия, Индия, Италия, Германия, Франция и др.).

Результаты, полученные по селекции (рис. 1), идентификации и исследованию динамики роста культур, свидетельствуют, что было выделено 16 чистых культур, утилизирующих ЭГ, ДЭА, Ме. При их идентификации 5 штаммов отнесено к р. *Pseudomonas*, 6 - к р. *Arthrobacter*, 3 - к р. *Methylomonas* и по 1-му к родам *Azotobacter* и *Bacillus*.

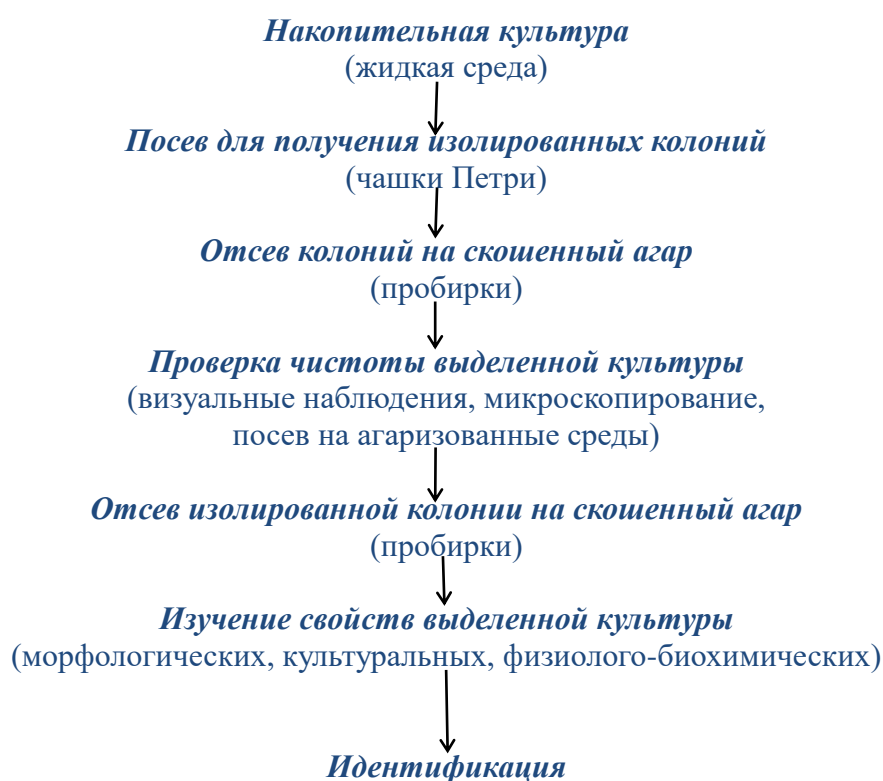


Рис. 1. Алгоритм выделения чистой культуры.

Наиболее активные из них определены до вида: деструкторами ЭГ являются штаммы *Azotobacter vinelandii*, *Pseudomonas aureofaciens*, *Arthrobacter picolnofillus*. Наиболее активными деструкторами ДЭА являются два штамма *Arthrobacter paraffineus* и *Arthrobacter terregens*. Активный штамм, усваивающий метанол, идентифицирован как *Methylomonas methanica*.

При проведении исследований выделено две ассоциации культур. Одна из них получена на колонке с почвой при орошении реальной сточной водой и состоит из деструкторов ЭГ (*Azotobacter vinelandii*) и ДЭА (*Arthrobacter paraffineus*).

Многokратные пересевы на МПА не приводили к разделению ассоциатов. Высев на искусственную питательную среду с индивидуальным ксенобиотиком позволил выделить каждый ассоциат по окраске колоний и микроскопии клеток. Другая ассоциация, выделенная из лабораторного аэробного биореактора и утилизирующая ЭГ, была разделена с помощью предпринятого нами приема путем культивирования на щелочном МПА. Указанный прием позволил получить деструктор ЭГ *Pseudomonas aureofaciens* в чистой культуре, отделив его от симбионта *Bacillus subtilis*.

Самой эффективной оказалась селекция микроорганизмов из почвы в условиях проточного культивирования при орошении реальной сточной водой методом двойной селекции, что позволило получить высокоактивные штаммы - деструкторы *Azotobacter vinelandii* (ЭГ), *Arthrobacter parafineus* (ДЭА), *Methylobacterium methanica* (Me).

Ассоциация, утилизирующая этиленгликоль, представляла интерес с точки зрения изучения симбиотических связей бактерий при усвоении одного соединения. Установлено, что ассоциация потребляет ЭГ быстрее, чем культура *P. aureofaciens*, являющаяся деструктором ЭГ.

Второй ассоциат – *B. subtilis* не использует ЭГ в качестве единственного источника углерода. Это дало нам основание предположить, что *B. subtilis* растет на промежуточных продуктах метаболизма этиленгликоля (табл. 1).

Таблица 1. Рост *P. aureofaciens* и *B. subtilis* на продуктах метаболизма этиленгликоля

| № п/п | Наименование | <i>P. aureofaciens</i> | <i>B. subtilis</i> |
|-------|-----------------|------------------------|--------------------|
| 1 | Этиленгликоль | + | - |
| 2 | Гликольальдегид | + | - |
| 3 | Гликолат | + | - |
| 4 | Ацетальдегид | - | - |
| 5 | Ацетат | + | + |
| 6 | Глиоксилат | + | + |
| 7 | Диэтаноламин | - | + |

Возможны два пути трансформации ЭГ: либо через гликольальдегид и гликолат, либо через ацетальдегид и ацетат, с образованием общего продукта метаболизма - глиоксилата. Для изучения механизма трансформации ЭГ ас-

социаты *P. aureofaciens* и *B. subtilis* культивировали в периодическом режиме на жидких средах, где источником углерода являлись возможные продукты метаболизма ЭГ (табл. 1).

Полученные результаты показали, что *P. aureofaciens* утилизирует ЭГ через гликольальдегид, гликолат и глиоксилат (рис. 2).

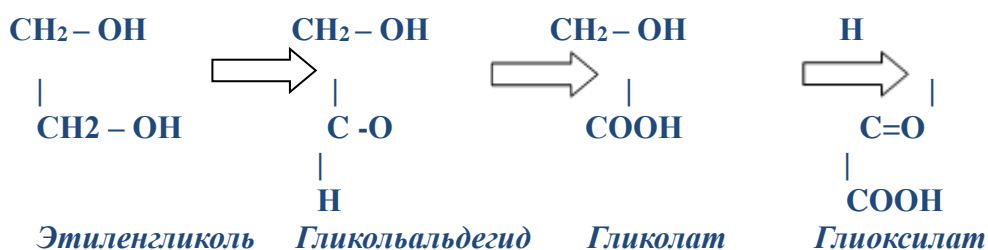


Рис. 2. Усвоение этиленгликоля микроорганизмом – деструктором *Pseudomonas aureofaciens*.

Ассоциат *B. subtilis* растет только на среде с глиоксилатом. Таким образом, роль *B. subtilis* в ассоциации заключается в том, что эта культура, усваивая глиоксилат, способствует более глубокому разрушению этиленгликоля.

Ассоциация культур *Azotobacter vinelandii* – *Arthrobacter paraffineus* вызвала особый интерес, так как она выделена из естественных условий обитания и состоит из высокоактивных штаммов-деструкторов ЭГ и ДЭА. Кроме того, известно, что бактерии родов *Azotobacter* и *Arthrobacter* хорошо переносят такие неблагоприятные внешние воздействия, как высушивание и голодание, что является преимуществом при использовании их в биотехнологии очистки сточных вод.

Установлено, что ассоциация культур может быть использована в очистке сточных вод с различным содержанием ЭГ и ДЭА и при различном соотношении этих ксенобиотиков с использованием дополнительного аммонийного азота или без него. Причем, при наличии в среде ЭГ и ДЭА и аммонийного азота соотношение культур в ассоциации коррелирует с отношением органических субстратов. В отсутствие аммонийного азота в ассоциации, в основном, наблюдается культура *A. paraffineus*, так как *A. vinelandii* использует ЭГ не на накопление биомассы, а на энергетические затраты, связанные с усвоением атмосферного азота.

В работе также показано, что ассоциация является стабильной, поскольку при многократной смене среды в культиваторе всегда определяются оба ассоциата, независимо от того один или оба субстрата присутствуют в

ется трофическая цепь: ксенобиотик - бактерии - гидробионты. Обнаружено, что тест-культурой простейших на наличие основных загрязнителей сточных вод ГПЗ может служить индикаторный организм рода *Colpoda*, выдерживающий нагрузку 300+600 мг/л органического вещества. При следовых количествах ксенобиотиков в Ш секции АБР наблюдается видовое многообразие простейших. Это дает возможность использовать гидробиологический анализ как экспресс-метод определения эффективности процесса очистки сточных вод.

Установлено, что гидробиологический анализ позволяет вести оперативный контроль и управлять процессом очистки сточных вод. Установлено, что сброс сточной воды, очищенной на установке микробной очистки, в аэротенк существующих очистных сооружений приводит к обогащению биоценоза активного ила микроорганизмами, утилизирующими основные загрязнители сточных вод ГПЗ, и способствует улучшению его состояния.

Применение биотехнологии «Трофактор» дает следующие преимущества по сравнению с традиционной биологической очисткой стоков в аэротенках:

- снижение количества избыточного ила в 5-7 раз;

- улучшение седиментационных свойств активного ила за счет повышенной зольности иммобилизованного активного ила;

- исключение из схемы насосного оборудования для перекачки рециркулируемого ила.

Разработанная биотехнология очистки высококонцентрированных сточных вод от этиленгликоля, диэтанолamina и метанола реализована на опытно-промышленной установке (производительностью 18 м³/сут Оренбургского ГПЗ, была включена в проект строительства 1 очереди ЦПС Тенгизского нефтяного месторождения и внедрена на Сургутском заводе стабилизации конденсата для очистки промышленных сточных вод от метанола.

Проект установки очистки аминовых стоков производительностью 120м³/сут (47-1232-03-62/30 ВК) выполнен институтом «ВНИПИГазпереработка» (г. Краснодар) в соответствии с «Технологическим регламентом на проектирование опытно-промышленной установки микробиологической очистки сточных вод от диэтанолamina», разработанным авторами работы. Установка очистки аминовых стоков была построена венгерской фирмой «Ведепсед».

Проект и строительство установки очистки метанольных сточных вод выполнены авторами данной работы и проектным институтом «Газпроект-инжиниринг» (г. Воронеж).



Установка микробной очистки аминных сточных вод на заводе Тенгизского ГКМ



Блочные сооружения биологической очистки сточных вод от метанола Сургутского ЗСК



КОС производительностью 100 м³/сут для базы отдыха ОАО «Гайский ГОК»



Бессточная система водоснабжения искусственного водоема производительностью 350 м³/сут для разведения рыбы

Рис. 4. Очистка бытовых и промышленных сточных вод до современных нормативных показателей с применением биотехнологии «Трофактор».

В городах и районных центрах Оренбургской области, а также России и ближнего зарубежья, запроектировано и построено более 30 канализационных очистных сооружений с внедрением авторской биотехнологии «Трофактор» [13] (рис. 4).

ЛИТЕРАТУРА

1. Барышников А.В., Цинберг М.Б., Боев В.М., Кряжев Д.А., Ненашева М.Н. Негребецких К.Л. Эколого-гигиеническая оценка риска для здоровья населения, проживающего в непосредственной близости от нефтепромыслов. Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2021. 3(300): 19-24.
2. Николаева Л.А., Исакова Р.Я. Биологическая очистка сточных вод предприятий нефтехимического комплекса и энергетики. Казань: КТЭУ. 2021. 90 с.
3. Цинберг М.Б., Ненашева М.Н. Фундаментальные и прикладные аспекты охраны окружающей среды на объектах нефтяной и газовой промышленности. Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2013:149-151.
4. Цинберг М.Б., Ненашева М.Н., Добрынина Л.Ф., Маслова О.Г. Микробиологическая очистка сточных вод от низкомолекулярных органических веществ при добыче и пере-

- работке сероводородсодержащего углеводородного сырья. Газовая промышленность. Сер. Природный газ и защита окружающей среды. Москва: ВНИИЭгазпром, 1992. 61 с.
5. Иваненко И.И., Власов В.Н., Лапатина Е.Я. Биологическая очистка производственных сточных вод. Вестник гражданских инженеров. СПб. 2019. 6 (77): 240-245.
 6. Ненашева М.Н. Микробная очистка сточных вод газоперерабатывающих заводов. Автореф. ...диссер. к.т.н. Оренбург, 1989. 23 с.
 7. Цинберг М.Б. Гигиенические аспекты микробиологии и биотехнологии очистки промышленных сточных вод при добыче и переработке высокосернистого углеводородного сырья Прикаспия. Диссер. ...д.м.н. в форме научного доклада. Оренбург, 1993. 50 с.
 8. Ненашева М.Н., Цинберг М.Б. Инновационные биотехнологии ООО «НПФ «Экобиос», применяемые при обустройстве нефтегазоконденсатных сероводородсодержащих месторождений. Интервал: передовые нефтегазовые технологии. 2009. 1: 76-78.
 9. Ненашева М.Н., Цинберг М.Б. Пространственная сукцессия микроорганизмов и трофическая цепь гидробионтов в организации искусственных экосистем очистки сточных вод. Вестник ОГУ. 2009: 473-475.
 10. Цинберг М.Б., Ненашева М.Н., Коробов В.Ю. Опыт работы ООО «НПФ «Экобиос» в области очистки бытовых и промышленных сточных вод. Информационно-аналитический каталог «Вода России». РЕАЛ-МЕДИА. Изд. дом «Губернский», 2010. 192 с.
 11. Ненашева М.Н., Цинберг М.Б. Микроорганизмы побеждают ксенобиотики: новые подходы и инновации в очистке сточных вод. ТехНАДЗОР. 2010. 5 (42): 38-41.
 12. Свидетельство ООО «Инновационная компания «Экобиос» № 139707 от 15.04.2020 на товарный знак «ТРОФАКТОР». Российское агентство по патентам и товарным знакам.
 13. Цинберг М.Б., Ненашева М.Н., Коробов В.Ю. Оптимизация строительства блочных сооружений по очистке сточных вод и подготовке питьевой воды. Чистый город. 2011. 1 (53): 63-66.

Поступила 11.09.2023 г.

(Контактная информация: **Ненашева Марина Николаевна** – вице-президент по науке и инновационному развитию-директор экологических проектов ООО «Инновационная компания «Экобиос», канд. тех. наук, адрес: г. Оренбург, ул. Новая, д. 4; тел. 8(3532) 52-84-80, e-mail: icecobios@list.ru; **Цинберг Марк Беньяминович** – президент ООО «Инновационная компания «Экобиос», д.м.н., профессор, академик РАЕН, ЕАЕН, адрес: г. Оренбург, ул. Новая, д. 4; тел.: 8(3532)52-84-80; e-mail: icecobios@list.ru.)

REFERENCES

1. Baryshnikov A.V., Tsinberg M.B., Boev V.M., Kryazhev D.A., Nenasheva M.N., Negrebetskikh K.L. Ecological and hygienic assessment of the health risk of the population living in close proximity to oil fields. Environmental protection in the oil and gas complex. 2021. 3(300): 19-24.
2. Nikolaeva L.A., Iskhakova R.Ya. Biological treatment of wastewater from petrochemical and energy complex enterprises. Kazan: KTEU. 2021. 90 p.
3. Tsinberg M.B., Nenasheva M.N. Fundamental and applied aspects of environmental protection at oil and gas industry facilities. Intelligence. Innovation. Investments. 2013:149-151.
4. Tsinberg M.B., Nenasheva M.N., Dobrynina L.F., Maslova O.G. Microbiological purification of wastewater from low-molecular organic substances during the extraction and processing of hydrogen sulfide-containing hydrocarbon raw materials // Gas Industry. Ser. Natural gas and environmental protection. Moscow: VNIIEgazprom, 1992. 61 p.
5. Ivanenko I.I., Vlasov V.N., Lapatina E.Ya. Biological treatment of industrial wastewater. Bulletin of Civil Engineers. St. Petersburg. 2019. 6 (77): 240-245.
6. Nenasheva M.N. Microbial treatment of wastewater from gas processing plants. Author's abstract. .. dissertation. Ph.D. Orenburg, 1989. 23 p.

7. Tsinberg M.B. Hygienic aspects of microbiology and biotechnology of industrial wastewater treatment during the extraction and processing of high-sulfur hydrocarbon raw materials in the Caspian region. Dissertation. ...D.Med.Sc. in the form of a scientific report. Orenburg, 1993. 50 p.
8. Nenasheva M.N., Tsinberg M.B. Innovative biotechnologies of NPF Ecobios LLC, used in the development of oil and gas condensate fields containing hydrogen sulfide. Interval: advanced oil and gas technologies. 2009. 1: 76-78.
9. Nenasheva M.N., Tsinberg M.B. Spatial succession of microorganisms and the trophic chain of aquatic organisms in the organization of artificial ecosystems for wastewater treatment. Bulletin of OSU. 2009: 473-475.
10. Tsinberg M.B., Nenasheva M.N., Korobov V.Yu. Experience of NPF Ecobios LLC in the field of domestic and industrial wastewater treatment. Information and analytical catalog "Water of Russia". REAL-MEDIA. Ed. House "Gubernsky", 2010. 192 p.
11. Nenasheva M.N., Tsinberg M.B. Microorganisms defeat xenobiotics: new approaches and innovations in wastewater treatment. Technical SUPERVISION. 2010. 5 (42): 38-41.
12. Certificate of LLC "Innovation Company "Ekobios" No. 139707 dated 04/15/2020 for the trademark "TROFACTOR". Russian Agency for Patents and Trademarks.
13. Tsinberg M.B., Nenasheva M.N., Korobov V.Yu. Optimization of the construction of block structures for wastewater treatment and drinking water preparation. Clean city. 2011. 1 (53): 63-66.

Образец ссылки на статью:

Ненашева М.Н., Цинберг М.Б. Пространственная сукцессия микроорганизмов и трофическая цепь гидробионтов как основа биотехнологии очистки сточных вод «ТРОФАКТОР». Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2023. 3: 12 с. [Электр. ресурс] (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2023-3/Articles/MNN-2023-3.pdf>). DOI: 10.24411/2304-9081-2023-13006