

**БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД С ПОМОЩЬЮ ШТАММОВ
МИКРООРГАНИЗМОВ**

Тыныкулов М.К.^{1*}, Садыков А.М.^{1,2}, Утаубаева А.У.³, Корнилова А.А.⁴, Кузнецова М.А.⁴, Дербуш С.Н.⁵, Косанов С.У.⁶

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

²ТОО «Научно-аналитический центр «Биомедпрепарат», Степногорск, Казахстан

³Западно-Казахстанский университет им. М. Утемисова, Уральск, Казахстан

⁴Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева, Петропавловск, Казахстан

⁵Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан

⁶Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан

*e-mail: tynukulov@list.ru

АБСТРАКТ

В статье представлены результаты биотехнологической очистки сточных вод с помощью штаммов жиродеструкторных микроорганизмов. **Актуальностью работы является** дефицит пресной воды и загрязнение водоемов сточными водами, что является глобальными проблемами. **Цель исследований:** изучение и использование штаммов микроорганизмов для биотехнологической очистки сточных вод. Для борьбы с загрязнением окружающей среды характерно использование биологических методов современной биотехнологии. Биологическая очистка сточных вод с использованием микроорганизмов - перспективное направление в решении этих проблем. Это способствует решению следующих прикладных вопросов: с помощью анаэробного сбраживания утилизация твердых бытовых отходов и твердой фазы сточной воды; биологической очистки сточных и природных вод от органических и неорганических соединений; микробного восстановления загрязненных почв, способных нейтрализовать тяжелые металлы в осадках сточных вод; компостирования, биологического окисления растительных отходов (опад листьев, соломы и др.); для очистки загрязненного воздуха изучение биологически активного сорбирующего материала. Были применены методы: отбор проб воды из стабилизационного пруда очистных сооружений г. Астаны, микробиологический анализ; определение ХПК, БПК₅, цветности, рН, мутности, взвешенных веществ, аммония и фосфатов, изучение условий культивирования штаммов микроорганизмов с целью повышения выхода липазы, проведение опытно-промышленных испытаний биопрепарата на базе канализационных сооружений г. Астаны. **По результатам проведенных исследований были подобраны** штаммы микроорганизмов с высокой липолитической активностью, а также был исследован биопрепарат на основе этих штаммов.

Ключевые слова: биологическая очистка, сточные воды, липаза, микроорганизмы, биопрепарат.

ВВЕДЕНИЕ

Вода является ценнейшим природным источником жизни на Земле. Огромное значение имеет в промышленном и сельскохозяйственном производстве. Для некоторых живых существ она является средой обитания, и нам просто необходимо использовать ее рационально. Из-за промышленной, сельскохозяйственной и бытовой деятельности человека постоянно происходили изменения физических, химических и биологических свойств окружающей среды, причем многие из этих изменений были весьма неблагоприятны [1-3].

Дефицит пресной воды сейчас стал глобальной проблемой. С каждым годом потребность в воде для сельского хозяйства и промышленности растет, и эта проблема становится одной из важнейших экологических и экономических проблем современности [5,6].

В настоящее время в связи с высокими темпами роста, развития городов и промышленных предприятий происходит увеличение объемов сточных вод. Такая ситуация приводит к тому, что существующие системы очистки сточных вод становятся недостаточно эффективными, а качество очищенных стоков зачастую не соответствует необходимым нормам. Метод биологической очистки с использованием органических и минеральных соединений

для жизнедеятельности живых организмов, является одним из основных способов очистки. Применение микроорганизмов для доочистки сточных вод является одним из перспективных направлений в настоящее время. При очистке сточных вод отделяют твердую фазу от жидкой; затем обрабатывают их в аэробных либо анаэробных условиях [7-9].

При аэробных процессах создается активный ил, активная пленка, а при анаэробных – септический или сброшенный осадок [10]. В обоих случаях скорость процесса минерализации зависит от массы, точнее, от поверхности участвующих микробов, от их контакта с загрязняющими воду веществами [11]. Жидкую фазу сточной воды очищают в аэробных условиях. Для этого строят: а) аэротенки; б) биофильтры различных конструкций; в) биологические пруды; г) поля орошения и поля фильтрации (почвенные методы очистки). Эти сооружения различны по своему техническому оформлению, но они рассчитаны на использование окислительного аэробного процесса, который протекает за счет кислорода воздуха, поступающего на активный субстрат [12].

Микроорганизмы способны расти, размножаться и перерабатывать органические вещества, используя их в качестве источника питания, при этом популярные ко-

нечные продукты в окружающей среде. Научный подход позволяет рассматривать этот процесс с точки зрения его полезного применения. Однако все эти процессы продолжают только в благоприятных условиях. Скорость и объемы минерализации органической материи, то есть ее преобразование в неорганическую форму, зависят от условий окружающей среды и вида наблюдений. По своему характеру воздухообмен проводится на две основные группы: аэробные и анаэробные. Аналогично, методы биологической очистки сточных вод классифицируются на два вида [13].

Липазы катализируют процесс гидролиза триацилглицеридов, в результате чего жирные кислоты и глицерин. Способность продуцировать липазы у бактерий многих родов, включая *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Staphylococcus*, *Streptomyces*, *Aeromonas*, *Serratia*, *Xenorhabdus*, *Moraxella*, *Propionibacterium*, *Chromobacterium*, а также грибы родов *Aspergillus*, *Fusarium*, *Mucor*, *Rhizopus* и дрожжи *Geotrichum*, *Thermomyces*, *Candida*, *Pichia*, *Lodderomyces*, *Jarrowia*, *Rhodotorula*, *Aureobasidium*. В настоящее время одной из актуальных задач является поиск новых штаммов микроорганизмов, способных синтезировать липазы, поскольку запасы пищевых предприятий, содержащих большое количество растительных и живых животных, являются значительными загрязнениями [14].

В технологических процессах широко применяются два типа биологической очистки воды: аэробная и анаэробная. В анаэробных портативных приборах работают в условиях постоянного доступа как к свободному растворённому кислороду, так и к другим акцепторам электронов [15-17].

Одним из важнейших требований современной водохозяйственной деятельности является повышение эффективности очистки сбрасываемых сточных вод, их обезвреживание и последующая утилизация образующихся на очистных сооружениях отходов. Особую актуальность приобретают биологические методы, основанные на использовании микроорганизмов, способных эффективно разлагать органические загрязнители.

В настоящее время наблюдается устойчивый интерес к применению биотехнологических подходов в очистке хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод. Особое внимание уделяется разработке и внедрению биопрепаратов на основе активных штаммов микроорганизмов, обладающих высокой липолитической активностью, что позволяет эффективно разрушать жировые и моющие загрязнения, включая нефтепродукты, дрожжевые остатки и другие трудноудаляемые соединения.

Согласно данным ряда исследований [18, 19], биологические методы очистки сточных вод позволяют значительно снизить техногенное воздействие на водные экосистемы. Применение микроорганизмов, способных к биодеградации жиров и других органических веществ, способствует полному или частичной минерализации загрязнителей и снижению токсичности сточных вод. Таким образом, биологические методы представляют собой экологически безопасный и экономически оправданный путь решения проблемы водоочистки.

В условиях нарастающей нагрузки на очистные со-

оружения промышленных и коммунальных предприятий важно разрабатывать новые эффективные средства биологической очистки. В качестве перспективного направления рассматривается использование биопрепарата «Ирилис», созданного на основе штаммов *Bacillus subtilis* РКМВ-0285 и *Bacillus licheniformis* РКМВ-0439. Эти микроорганизмы демонстрируют высокую липолитическую активность, что делает их применение целесообразным при очистке сточных вод, содержащих жиры и поверхностно-активные вещества.

Целью настоящей работы является изучение биотехнологической очистки сточных вод с использованием биопрепарата «Ирилис» на основе штаммов *Bacillus subtilis* РКМВ-0285 и *Bacillus licheniformis* РКМВ-0439, применяемого в условиях стабилизационного биопруда.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объект исследования: очистные сооружения, расположенные в 8 км к юго-западу от г. Астана, сданные в эксплуатацию в 1970 г.

Методы исследования: микробиологический анализ на чистоту (окраска по Граму); определение химического потребления кислорода (ХПК) и биохимического потребления кислорода (БПК₅); измерение рН, мутности, цвета; определение концентрации взвешенных веществ; определение липазной активности; спектрофотометрические измерения.

Очистные сооружения, предназначенные для очистки хозяйственно-бытовых, производственных и дождевых сточных вод, расположены в 8 км к юго-западу от центра города Астана. Они были введены в эксплуатацию в 1970 году и рассчитаны на проведение полной механической и биологической очистки сточных вод.

Накопитель-испаритель озеро Талдыколь - представляет собой искусственную водоемную емкость, сформированную кольцевой обвалкой в пределах урочища «Талдыколь». Площадь водоема составляет 2021 га, протяженность дамбы - 22,6 км, проектный объем - 65,2 млн. м³. Ранее вода из озера использовалась для полива сельскохозяйственных угодий, однако в последние десятилетия в связи с сокращением потребления встала проблема переполнения водоема.

На первоначальном этапе исследования был проведен отбор проб воды из стабилизационного пруда. Пробы направлялись в аккредитованную лабораторию при РГКП «Астана Су Арнасы» для анализа химических показателей качества воды, включая химическое потребление кислорода (ХПК) и биохимическое потребление кислорода (БПК).

Опытно-промышленные испытания биопрепарата проводились в лаборатории микробиологии РГП на ПХВ «Республиканская коллекция микроорганизмов» на базе канализационных очистных сооружений ГКП «Астана Су Арнасы», в частности в стабилизационном пруду комплекса «Талдыколь».

Целью эксперимента являлось изучение и оптимизация условий культивирования микроорганизмов с высокой липолитической активностью, а также повышение выхода биомассы и титра клеток (КОЕ), или накопления

метаболитов (например, антибиотиков или ростстимулирующих веществ), необходимых для разработки эффективных биопрепаратов.

Культивирование аэробных микроорганизмов осуществлялось на плотных питательных средах или в тонком слое жидких сред с доступом кислорода из воздуха. Для этого питательные среды наливались тонким слоем в чашки Петри или колбы Виноградского с широким дном. Поскольку растворимость кислорода в среде невысока, для роста аэробных бактерий требовалось постоянное аэрирование.

Бациллярные штаммы, включая *Bacillus acidocaldarius*, культивировались в питательном бульоне, используя готовые порошковые среды (например, Nutrient broth). В качестве компонентов среды использовались пептон (в количестве от 1–2 до 20 г/л) и другие питательные вещества. После корректировки pH до 7, среду кипятили и стерилизовали автоклавированием при давлении 1,1 Атм. После стерилизации среды становились более кислыми.

Культивирование осуществляли в пробирках объемом 30 мл, содержащих 5 мл питательной среды, при температуре 37 °С. Перед этим в пробирки вносили посевной материал - чистую культуру микроорганизмов, выделенную из чашек Петри. Инкубация длилась в течение суток.

Через 24 часа выросшую культуру пересевали в порции по 100 мл и еще через 24 часа переносили в стерильные колбы объемом 500 мл, содержащие 200 мл питательной среды с добавлением еще 100 мл. Культуры инкубировали на шейкере (Innova 44R, New Brunswick Scientific, США) при 150 об/мин в течение 24 часов для стимуляции роста микроорганизмов за счет аэрации.

На заключительном этапе переноса культуры инкубировали в 1-литровых колбах с 300 мл инокулята в каждой колбе. Через 24 часа культура либо становилась заметно мутной, либо образовывала на поверхности плотную белую биопленку, сопровождаемую резким неприятным запахом биогаза, как показано на рисунке 1.

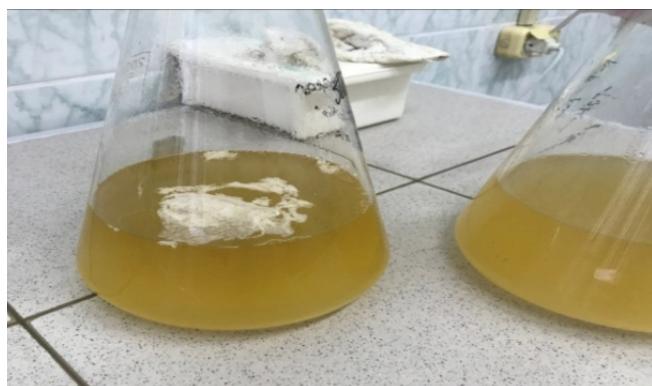


Рисунок 1. Получение бациллярной культуры

Отбор проб культуральной жидкости (КЖ) исследуемых микроорганизмов, культивируемых в аэробных условиях, проводился через 8, 16, 24, 36, 48 и 72 часа от начала культивирования.

Для определения численности бактериальных клеток применялся метод Коха [21], основанный на подсчете колоний, выросших на питательной среде.

Процедура включала три основных этапа:

Приготовление последовательных разведений исследуемой культуральной жидкости.

Посев разведений на плотную питательную среду в чашках Петри.

Инкубация и последующий подсчет выросших колоний (см. рисунок 4).

Количество жизнеспособных клеток в 1 мл исследуемой культуральной жидкости рассчитывали по следующей формуле:

Количество жизнеспособных клеток (КОЕ) в 1 мл исследуемой культуральной жидкости (КЖ) рассчитывали по следующей формуле:

$$T = a \cdot 10n/V; \quad (1)$$

где:

T - количество колониеобразующих единиц (КОЕ) в 1 мл культуральной жидкости;

a - среднее количество колоний, выросших после посева из определённого разведения;

V - объем суспензии (в мл), использованный для посева;

10n - коэффициент разведения.

Для каждого выделенного штамма измеряли средний уровень кислотности среды (pH) и оптическую плотность аэротенка. В динамике производства периодического роста микроорганизмов биомассу определяли с помощью биофилтров на основе формирования оптической плотности (ОП) взвеси сточных вод при 590 нм (спектрофотометр PD – 303 UV).

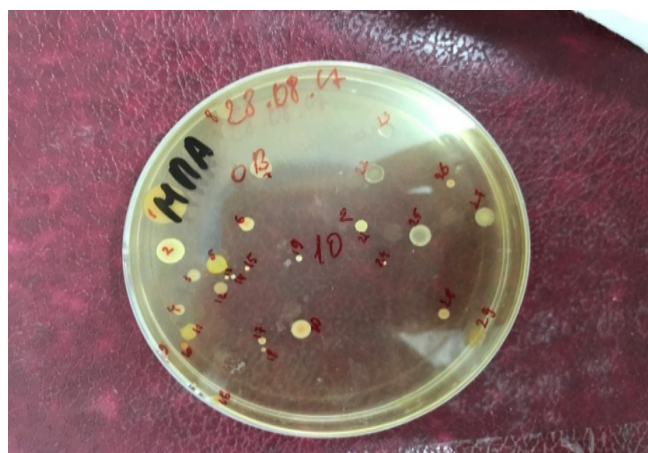


Рисунок 2. Подсчет выросших колоний

На рисунке 2 показано, что количество растущих колоний составило 29. Такой результат обусловил обеспечение оптимальных условий, включая подходящее освещение, температуру, а также правильную технику выращивания питательной среды МПА, основанную на сточных промышленных условиях.

Штаммы рода *Bacillus* культивировали в пептонсодержащей среде Nutrient broth при pH 7, поскольку именно при такой кислотности наблюдаются оптимальные условия для роста бактерий. При необходимости значение pH корректировали до требуемого уровня с использованием растворов кислот (HCl, H₂SO₄), щелочей (NaOH, KOH)

или солей, обладающих щелочной реакцией (Na_2CO_3 , NaHCO_3).

Для определения липолитической активности штаммов, выделенных из почвенных образцов, их высевали на питательную среду, содержащую твин — эфиры жирных кислот и сорбит [22]. Качественная оценка липолитической активности в отношении органических жиров проводилась при различных температурных режимах с использованием кусочков говяжьего, свиного и бараньего мяса, предварительно окрашенных 1% водным раствором нильского голубого (сернокислого) красителя. Признаком положительной реакции являлось образование голубого ореола вокруг колоний.

Липазную активность выражали в условных единицах, соответствующих количеству ферментной активности, приходящейся на 1 мг общего белка.

Для дальнейших исследований были отобраны штаммы *Bacillus subtilis* РКМВ-0285 и *Bacillus licheniformis* РКМВ-0439, находящиеся в коллекции Республиканской коллекции микроорганизмов (РКМ). Эти штаммы были выбраны благодаря высокой липолитической активности и простоте культивирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ

По результатам исследований штаммы *Bacillus subtilis* РКМВ-0285 и *Bacillus licheniformis* РКМВ-0439 показали следующие значения липолитической активности (липазной) при одинаковых условиях культивирования (таблица 1).

Исследуемые штаммы бактерий, при одинаковых условиях культивирования, продемонстрировали следующие показатели (таблица 2).

Анализ данных таблицы 2 показывает, что у штамма *Bacillus subtilis* РКМВ – 0285 диапазон липазной активности составляет 0,5–1,5 Е/мл; у штамма *Bacillus licheniformis* РКМВ - 0439 этот показатель выше - 1,0–

2,0 Е/мл.

Проводили микробиологический анализ на чистоту, для этого приготовили мазок по Грамму окраску (рисунок 3).

Через 10 суток после внесения биопрепарата был про-

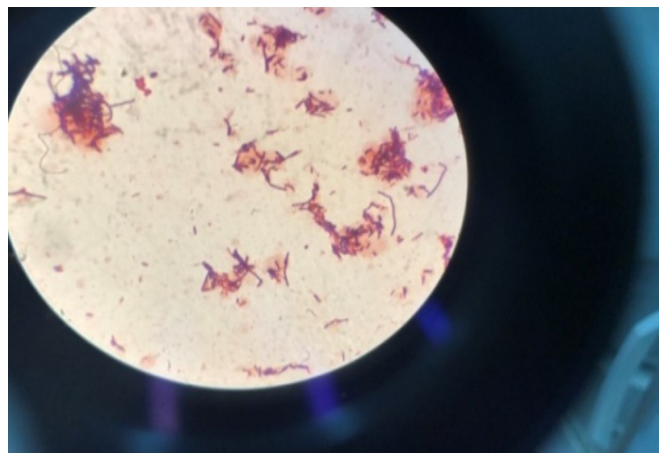


Рисунок 3 - Грамотрицательные палочки бацилл

ведён забор проб воды для проведения комплексного анализа её качества. Результаты исследований показали, что отобранные образцы характеризовались низкими значениями ХПК и БПК₅, что свидетельствует о снижении содержания органических веществ, на окисление которых затрачивается растворённый в воде кислород.

Соотношения указанных показателей до применения биопрепарата значительно различаются. Идеальной для биологической очистки считается вода, у которой значение БПК₅ максимально приближено к ХПК, что и было зафиксировано в ходе испытаний после применения биопрепарата.

Таблица 1. Условия культивирования микроорганизмов для определения липолитической активности

Характеристика	Описание
Штамм	<i>Bacillus subtilis</i> РКМВ - 0285, <i>Bacillus licheniformis</i> РКМВ - 0439
Питательная среда	МПА (пептон-дрожжевой агар)
pH	7
Температура культивирования	37 °С
Продолжительность культивирования	72 часа
Метод определения липазной активности	Турбидиметрический (измерение степени мутности)
Длина волны	400 нм
Единицы измерения	Ед/мг белка

Таблица 2. Определение липолитической активности штаммов бактерий

Вид штамма	Липазная активность (Е/мл)	Субстрат	Условия культивирования
<i>Bacillus subtilis</i> РКМВ - 0285	0.5 - 1.5	Твин 80	30 °С, 24 часа, pH 7.0
<i>Bacillus licheniformis</i> РКМВ - 0439	1.0 - 2.0	Твин 80	30 °С, 24 часа, pH 7.0

Таблица 3. Основные показатели качества воды

Показатель	До очистки	После очистки	Масса загрязняющих веществ после очистки, кг/т
Цветность, градусы	12500	-	-
pH	6.4	7.2	-
Мутность, мг/дм ³	348	<0.5	-
Взвешенные вещества, мг/дм ³	160	12	-
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	3804	40	-
ХПК, мгО ₂ /дм ³	15840	180	34
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	н/о	<4×10 ⁻⁴	-
PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	н/о	1.5	0.05

ОБСУЖДЕНИЕ

Показатель взвешенных веществ используется для расчёта эффективности работы первичных отстойников и определения объёма образующегося осадка. Согласно нормативам, предельно допустимая концентрация взвешенных веществ в сточных водах при сбросе в водоём составляет 10 мг/л. Этот показатель определяется по содержанию частиц диаметром более 10⁻⁴ см, задерживаемых бумажными фильтрами. В стабилизационном пруду «Талдыколь» содержание взвешенных веществ превышало норматив и составляло 13 мг/л, что обусловлено загрязнением песком и силикатными породами. Однако после применения биопрепарата удалось снизить данный показатель до 8 мг/л.

Согласно нормативным требованиям, мутность воды не должна превышать 1,5–2,6 мг/дм³. До внесения биопрепарата мутность воды в пруду составляла 4,3 мг/дм³, что почти в два раза превышало предельно допустимые значения. Спустя 10 суток после внесения биопрепарата и проведения анализа воды показатель мутности стабилизировался на уровне 0,5 мг/дм³. Показатели качества воды до очистки были БПК₅ – 3804, ХПК – 15840 мгО₂/дм³, после очистки снизились до уровня: 40 мгО₂/дм³ и 180 мгО₂/дм³, соответственно.

В целом, применение биопрепаратов значительно ограничивает качество воды, особенно в отношении показателей мутности и содержания взвешенных веществ. Мутность воды снизилась с 4,3 мг/дм³ (почти в 2 раза выше нормы) до 0,5 мг/дм³, что значительно ниже нормативного предела (1,5–2,6 мг/дм³). Взвешенные вещества снижаются с 13 мг/л до 8 мг/л, что соответствует нормативам (<10 мг/л). Для очистки показателей качества воды (БПК₅ – 3804 мгО₂/дм³, ХПК – 15840 мгО₂/дм³) указывали на сильное загрязнение органическими веществами. После обработки наблюдается снижение этих показателей (данные после обработки не упоминаются, но тенденция очевидна). Штаммы *Bacillus subtilis* RKMB-0285 и *Bacillus licheniformis* RKMB-0439 перспективны для биодеградации твердых веществ и масел. Они могут найти применение в очистке сточных вод, а также в производстве моющих средств, пищевой и фармацевтической промышленности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Штаммы *Bacillus subtilis* RKMB-0285 и *Bacillus subtilis* RKMB-0439 показали липазную активность. *Bacillus licheniformis* RKMB-0439 имеет более высокую липазную активность на МПА. *Bacillus licheniformis* RKMB-0439 обладает более высокой липазной активностью (на 0,5 - 1,0 Ед/мл) по сравнению с *Bacillus subtilis* RKMB-0285 при одинаковых условиях культивирования. *Bacillus licheniformis* RKMB-0439 может быть перспективным штаммом для получения липаз с более высокой активностью.

Биопрепарат «Ирилис» продемонстрировал высокую эффективность в снижении мутности, содержания взвешенных веществ и органических загрязнений (БПК₅, ХПК), что делает их пригодными для использования в биологической очистке воды.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы выражают признательность сотрудникам лабораторий РГП на ПХВ «Республиканская коллекция микроорганизмов» и ТОО «Научно-аналитический центр «Биомедпрепарат» за сотрудничество и помощь в проведении исследований.

ЛИТЕРАТУРА

- Новиков Ю.В. Охрана окружающей среды: учебное пособие для тех-ов // Ю.В. Новиков. - М.: Высшая школа. – 1987. – С. 287.
- Карелин Я. А., И.А., Евсеева Л. А. Очистка «вод нефтеперерабатывающих // М.: Стройиздат. – 1982. – С. 184.
3. Пономарев В. Г. Очистка сточных вод.
- <http://www.ngpedia.ru/id3290p3.html>
- Тимонин А. С. Инженерно-экологический справочник. Т.2. // Калуга: Изд. Н.Бочкаревой. – 2003. – С. 884.
- Черепенников А.А. Химия и микробиологии Изд. номер 546 – 1967. – С. 212.
- Дж., Оллис Д. Основы инженерии // М. Мир – 1989. – Т2.
- Н. Г. Биохимическая очистка вод предприятий промышленности // М.: Химия – 1987. – С. 160.
- Кнорре Д. Г., Мызина С. Д. химия: . для хим.,

биол. и мед. спец. - 3-е изд., испр. // М.: Высш. шк., – С. 479.

10. **Егоров Н. С., Олескин А.В., Самуилов В. Д.** Биотехнология: Учеб. пособие для вузов. В 8 кн. Кн. 1: Проблемы и перспективы // Под ред. Н. С. Егорова, В. Д. Самуилова. – М.: Высш. Школа. – 1987. – С. 159.

11. Мосичев М. С., Складнев А.А., Котов В. Б. Общ. технология микробиологических производств // М., – 1982. – С. 264.

12. **Judd S.** The MBR book: Principles and application of membrane bioreactors for water and wastewater treatment // Elsevier. – 2011. – P. 344. doi: 10.1016/B978-0-08-096682-3.00001-1

13. **Gikas P., Tsikhrintsis V.A.** Water resources management: methods, applications and problems // Springer. – 2020. – P. 680. doi: 10.1007/978-3-030-32767-2

14. **Wu T.Y., Mohammad A.W., Lim S.L., Lim P.N.** Advanced biological processes for industrial wastewater treatment // Springer. – 2016. – P. 362. doi: 10.1007/978-3-319-17133-3

15. **Silva J.A.** Wastewater Treatment and Reuse for Sustainable Water Resources Management: A Systematic Literature Review // Sustainability. – 2023. – Vol. 15, №14. – P. 10940. doi: 10.3390/su151410940

16. **Aguado J., Rosales E.** Advanced oxidation processes in water and wastewater treatment // CRC Press. – 2017. – P. 220. doi: 10.1201/9781315153291

17. **Rout P.R., Zhang T.C., Bhunia P., Surampalli R.Y.** Treatment technologies for emerging contaminants in wastewater treatment plants: A review // Science of the Total Environment. – 2021. – Vol. 753. – P. 141990. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.141990

18. **Saima, Fazal, Zhang B., Zhong Z., Gao L., Lu X.** Membrane Separation Technology on Pharmaceutical Wastewater by Using MBR (Membrane Bioreactor) // Journal of Environmental Protection. – 2015. – Vol. 6, №4. – P. 13. doi: 10.4236/jep.2015.64030

19. **Kuokkanen V., Kuokkanen T., Rämö J., Lassi U.** Recent Applications of Electrocoagulation in Treatment of Water and Wastewater – A Review // Green and Sustainable Chemistry. – 2013. – Vol. 3, №2. – P. 27. doi: 10.4236/gsc.2013.32013

20. **Senhadji-Kebiche O., Belaid T., Benamor M.** Polymer Inclusion Membrane (PIM) as Competitive Material for Applications in SPE for Water Treatment Process // Open Access Library Journal. – 2014. – Vol. 1, №5. – P. 1. doi: 10.4236/oalib.1100758

21. **He D., Zhou H., Liu L., Liang D., Lu L.** Treatment and Recycling of Wastewater by Submerged Hollow Fiber Membrane // Natural Resources. – 2011. – Vol. 2, №2. – P. 17. doi: 10.4236/nr.2011.22009

22. **Es-Safi N.-E.** Book Review of Green Materials for Sustainable Water Remediation and Treatment // Green and Sustainable Chemistry. – 2014. – Vol. 4, №3. – P. 21. doi: 10.4236/gsc.2014.43022

23. Нетрусов Ф.И., Егорова М.А., Захарчук Л.М. Практикум по микробиологии. - М, 2005. - 608 с.

REFERENCES

1. **Novikov Yu.V.** Okhrana okruzhayushchey sredy // М.: Vysshaya shkola, –1987. – P. 202.

2. **Karelin Ja.A., Popova I.A., Evseeva L.A. i dr.** Ochistka stochnyh vod neftepererabatyvajushhij zavodov // М.: Strojizdat. – 2002. – P. 184.

3. **Ponomarev V.G.** Ochistka stochnyh vod. – 1985. – P. 184. <http://www.ngpedia.ru/id3290p3.html>

4. **Timonin A.S.** Inzhenerno-jekologicheskij spravochnik. T. 2. // Kaluga: Izd. N. Bochkarevoj. – 2003. – P. 884.

5. **Cherepennikov A.A.** Himija sloev vody i mikrobiologii // 1967. – № 546. – P. 212.

6. **Bejlli Dzh., Ollis D.** Osnovy probirok biohimicheskoy inzhenerii // М.: Mir. – 1989, 2Т.

7. **Kovaleva N.G., Kovalev V.G.** Biohimicheskaja ochistka stochnyh vod predpriyatij himicheskoy promyshlennosti // М.: Himija. – 1987. – P. 160.

8. **Knorre D.G., Myzina S.D.** Biologicheskaja himija: Ucheb. dlja him., biol. i med. spec. vuzov, 3 edition // М.: Vyssh. Shk. – 2000. – P. 479.

9. Биотехнология: Ucheb. Posobie dlja vuzov. V 8 kn./ Pod red. N.S. Egorova, V.D. Samuilova. Kn. 1: Problemy i perspektivy/N.S. Egorovtochnye, A.V. Oleskin, V.D. Samuilov. — М.: Vyssh. shk. 1987. - 159 s.

10. **Mosichev M.S., Skladnev A.A., Kotov V.B.** Obshhaja tehnologija mikrobiologicheskij proizvodstv // 1982. – P. 264.

11. **Judd S.** The MBR book: Principles and application of membrane bioreactors for water and wastewater treatment // Elsevier. – 2011. – P. 344. doi: 10.1016/B978-0-08-096682-3.00001-1

12. **Gikas P., Tsikhrintsis V.A.** Water resources management: methods, applications and problems // Springer. – 2020. – P. 680. doi: 10.1007/978-3-030-32767-2

13. **Wu T.Y., Mohammad A.W., Lim S.L., Lim P.N.** Advanced biological processes for industrial wastewater treatment // Springer. – 2016. – P. 362. doi: 10.1007/978-3-319-17133-3

14. **Silva J.A.** Wastewater Treatment and Reuse for Sustainable Water Resources Management: A Systematic Literature Review // Sustainability. – 2023. – Vol. 15, №14. – P. 10940. doi: 10.3390/su151410940

15. **Aguado J., Rosales E.** Advanced oxidation processes in water and wastewater treatment // CRC Press. – 2017. – P. 220. doi: 10.1201/9781315153291

16. **Rout P.R., Zhang T.C., Bhunia P., Surampalli R.Y.** Treatment technologies for emerging contaminants in wastewater treatment plants: A review // Science of the Total Environment. – 2021. – Vol. 753. – P. 141990. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.141990

17. **Saima, Fazal, Zhang B., Zhong Z., Gao L., Lu X.** Membrane Separation Technology on Pharmaceutical Wastewater by Using MBR (Membrane Bioreactor) // Journal of Environmental Protection. – 2015. – Vol. 6, №4. – P. 13. doi: 10.4236/jep.2015.64030

18. **Kuokkanen V., Kuokkanen T., Rämö J., Lassi U.** Recent Applications of Electrocoagulation in Treatment of Water and Wastewater – A Review // *Green and Sustainable Chemistry*. – 2013. – Vol. 3, №2. – P. 27. doi: 10.4236/gsc.2013.32013
19. **Senhadji-Kebiche O., Belaid T., Benamor M.** Polymer Inclusion Membrane (PIM) as Competitive Material for Applications in SPE for Water Treatment Process // *Open Access Library Journal*. – 2014. – Vol. 1, №5. – P. 1. doi: 10.4236/oalib.1100758
20. **He D., Zhou H., Liu L., Liang D., Lu L.** Treatment and Recycling of Wastewater by Submerged Hollow Fiber Membrane // *Natural Resources*. – 2011. – Vol. 2, №2. – P. 17. doi: 10.4236/nr.2011.22009
21. **Es-Safi N.-E.** Book Review of *Green Materials for Sustainable Water Remediation and Treatment* // *Green and Sustainable Chemistry*. – 2014. – Vol. 4, №3. – P. 21. doi: 10.4236/gsc.2014.43022
22. **Netrusov F.I., Egorova M.A., Zaharchuk L.M.** Praktikum po mikrobiologii // *M*. – 2005. – P. 608.

ӨОК 579.695; 574.635

МИКРООРГАНИЗМДЕР ШТАММДАРЫ АРҚЫЛЫ САРҚЫНДЫ СУДЫ БИОТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ
ТАЗАРТУТыныкулов М.К.^{1*}, Садыков А.М.^{1,2}, Утаубаева А.У.³, Корнилова А.А.⁴, Кузнецова М.А.⁴, Дербуш С.Н.⁵, Косанов С.У.⁶¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан²«Биомедпрепарат» ғылыми-талдау орталығы» ЖШС, Степногорск, Қазақстан»³М. Өтемисов атындағы Батыс Қазақстан Университеті, Орал, Қазақстан⁴М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Петропавл, Қазақстан⁵А. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан⁶Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан*e-mail: tynkulov@list.ru

ТҮЙІН

Мақалада сұйық деструктивті микроорганизмдердің штамдары арқылы ағынды суларды биотехнологиялық тазарту нәтижелері келтірілген. Жұмыстың өзектілігі-тұщы судың жетіспеушілігі және су объектілерінің ағынды сулармен ластануы, бұл жаһандық проблемалар. Зерттеудің мақсаты: Ағынды суларды биотехнологиялық тазарту үшін микроорганизмдердің штамдарын зерттеу және пайдалану. Қоршаған ортаның ластануымен күресу қазіргі биотехнологияның биологиялық әдістерін қолданумен сипатталады. Микроорганизмдерді қолдана отырып, ағынды суларды биологиялық тазарту - бұл мәселелерді шешудің перспективалы бағыты. Бұл келесі қолданбалы мәселелерді шешуге ықпал етеді: анаэробты ашыту арқылы тұрмыстық қатты қалдықтар мен ағынды сулардың қатты фазасын жою; ағынды және табиғи суларды органикалық және бейорганикалық қосылыстардан биологиялық тазарту; ағынды сулардың жауын-шашынындағы ауыр металдарды бейтараптандыруға қабілетті ластанған топырақты микробтық қалпына келтіру; компосттау, өсімдік қалдықтарының биологиялық тотығуы (жапырақ қоқысы, сабан және т. б.); ластанған ауаны тазарту үшін биологиялық белсенді сорбциялық материалды зерттеу. Қолданылған әдістер: Астана қ. тазарту құрылыстарының тұрақтандыру тоғанынан су сынамаларын алу, микробиологиялық талдау; КПК, БПК₅, хромдылығын, рН, лайлылығын, өлшенген заттарды, аммоний мен фосфаттарды анықтау, липазаның шығуын арттыру мақсатында микроорганизмдер штамдарын өсіру жағдайларын зерттеу, Астана қ.кәріз құрылыстарының базасында биопрепаратқа тәжірибелік-өнеркәсіптік сынақтар жүргізу. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша липолитикалық белсенділігі жоғары микроорганизмдердің штамдары таңдалды, сондай-ақ осы штамдар негізінде биологиялық препарат зерттелді.

Кілтгі сөздер: биологиялық тазарту, ағынды сулар, липаза, микроорганизмдер, биопрепарат.

UDC 579.695; 574.635

BIOTECHNOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT USING STRAINS OF MICROORGANISMS

Tynkulov M.K.^{1*}, Sadykov A.M.^{1,2}, Utaubayeva A.U.³, Kornilova A.A.⁴, Kuznecova M.A.⁴, Derbush S.N.⁵, Kosanov S.U.⁶¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan²«Scientific and Analytical Center «Biomedpreparat» LLP, Stepnogorsk, Kazakhstan³M. Utemisov West Kazakhstan University, Uralsk, Kazakhstan⁴M. Kozybaev North Kazakhstan State University», Petropavlovsk, Kazakhstan⁵Abylka Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan⁶Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan*e-mail: tynkulov@list.ru

ABSTRACT

The article presents the results of biotechnological wastewater treatment using strains of fat-destructive microorganisms. The urgency of the work is the shortage of fresh water and pollution of reservoirs with sewage, which are global problems. The purpose of the research is to study and use microbial strains for biotechnological wastewater treatment. The use of biological methods of modern biotechnology is typical for combating environmental pollution. Biological wastewater treatment using microorganisms is a promising direction in solving these problems. This contributes to solving the following application issues: using anaerobic digestion, disposal of solid household waste and the solid phase of wastewater; biological purification of wastewater and natural waters from organic and inorganic compounds; microbial restoration of contaminated soils capable of neutralizing heavy metals in wastewater sediments; composting, biological oxidation of plant waste (leaf litter, straw, etc.); for the purification of polluted air, the study of biologically active sorbent material. The following methods were applied: sampling of water from the stabilization pond of Astana sewage treatment plants, microbiological analysis; determination of COD, BOD₅, chromaticity, pH, turbidity, suspended solids, ammonium and phosphates, study of the conditions of

cultivation of strains of microorganisms in order to increase lipase yield, conducting pilot tests of biological products on the basis of sewage facilities in Astana. Based on the results of the studies, strains of microorganisms with high lipolytic activity were selected, and a biological product based on these strains was also studied.

Keyword: biological treatment, wastewater, lipase, microorganisms, biological product.