



Москва, 2019

Международная научная конференция  
теоретических и прикладных  
разработок

**НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ:  
ЕВРАЗИЙСКИЙ РЕГИОН**

Коллектив авторов

Международная  
научная конференция теоретических и  
прикладных разработок  
«Научные разработки: евразийский регион»

Москва, 2019

УДК 330  
ББК 65  
С56

ISBN 978-5-905695-30-8



Научные разработки: евразийский регион: материалы  
международной научной конференции теоретических и  
прикладных разработок (г. Москва, 20 мая 2019 г.) / отв. ред. Д.Р.  
Хисматуллин. – Москва: Издательство Инфинити, 2019. – 292 с.

У67

ISBN 978-5-905695-30-8

Сборник материалов включает в себя доклады российских  
и зарубежных участников, предметом обсуждения которых стали  
научные тенденции развития, новые научные и прикладные  
решения в различных областях науки.

Предназначено для научных работников, преподавателей,  
студентов и аспирантов вузов, государственных и муниципальных  
служащих.

УДК 330  
ББК 65

ISBN 978-5-905695-30-8

© Издательство Инфинити, 2019  
© Коллектив авторов, 2019

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ  
ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД  
ОТ ОТРАБОТАННЫХ СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ ПРЕДПРИЯТИЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДО НОРМ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

**Морозов Николай Васильевич**

*д.б.н, профессор*

**Ганиев Ильнур Махмутович**

*канд. биол. наук, научный сотрудник*

**Галлямова Илюза Наилевна**

*магистрант*

*Казанский Национальный Исследовательский Технологический  
Университет, г. Казань*

*Аннотация.* Испытана биотехнологическая схема очистки маслосодержащих сточных вод отдельных предприятий вновь созданным для этой цели биореакторе с консорциумом углеводородокисляющих микроорганизмов. Показано, что при нагрузках нефтепродуктов и масел в очищаемом стоке в пределах 640-1960 мг/дм<sup>3</sup> (по ХПК), БПК<sub>5</sub>-340-712 мгО<sub>2</sub>/л, численности, участвующей в процессе окисления микрофлоры 102.10<sup>6</sup>-106.10<sup>6</sup> кл/дм<sup>3</sup>, при непрерывном режиме очистки, длительностью 1,5-3,5 часа, степень обезвреживания стока достигает 96,4 %. Это соответствует норме использования очищенных вод в оборотном водоснабжении.

*Ключевые слова:* нефть и нефтепродукты, консорциум, биодegradация, сточная вода, углеводородокисляющие микроорганизмы, установка, биотехнологическая схема, распылительно-отстойный аппарат, биогеенные элементы, индуцирующие вещества.

Масляные отходы, зачастую в качестве основного компонента, присутствуют в стоках предприятий различного профиля. Как продукт переработки мазута, нефтяные масла представляют собой сложную смесь высокомолекулярных углеводородов. Являясь крайне инертными и опасными загрязнителями сточных вод, масла оказывают вредное воздействие на биосферу, что требует разработки современных и надежных способов обезвреживания подобных отходов [5].

Применяемые в настоящее время сооружения по очистке воды представляют собой большие, массивные строительные объекты, имеют очистные установки с большой открытой площадью испарения, обременительны в обслуживании, что удорожает, усложняет очистку сточных вод от различных загрязнений. Для эффективной очистки нефте- и маслосодержащих (минеральные, полусинтетические и синтетические) сточных вод используются многоступенчатые установки, насыщенные дорогами фильтровальными, сорбционными материалами, коагулянтами, флокулянтами. Одним из важнейших направлений для обеспечения экологической безопасности и экономии водных ресурсов является освоение передовых технологий и новых конструкций очистных сооружений.

Из многочисленных методов (механических, физико-химических и др.) наиболее перспективными считаются биологические методы, основанные на естественных процессах разложения нефтепродуктов в природе, участие в которых принимают углеводородокисляющие микроорганизмы: бактерии, микроскопические грибы и дрожжи [6].

Использование микробиологического метода в узлах локальной очистки маслосодержащих сточных вод позволит эффективно утилизировать масляные отходы. К достоинствам этого способа следует отнести значительное сокращение финансовых затрат на очистку, за счет самовоспроизводства биокатализатора и других факторов, обуславливающих усовершенствование технологий очистки. Реализация этого подхода требует не только выделения новых бактерий с нефтеокисляющей активностью, но и изучения их свойств, детальной характеристики, способности их участия в биотрансформации углеводородов нефти и других сопутствующих веществ [1, 2].

Наиболее перспективными в области очистки нефтезагрязненных производственных сточных вод, включая минеральные, полусинтетические и синтетические масла, является применение чистых биотехнологий с вселением отселектированных углеводородокисляющих микроорганизмов (УОМ), обеспечивающих высокие показатели очистки воды в управляемом режиме [4, 7, 8, 9].

Достижение высокоэффективной биodeградации нефти и смазочных масел УОМ, как показывает наш опыт, возможно в специальной, созданной для этой цели установке, а на его базе биотехнологической схеме очистки и доочистки стоков до норм оборотного водоснабжения или отвода в открытые водные источники без ущерба их экологическому состоянию.

Целью настоящих исследований является проведение работ по отработке технологии обезвреживания производственных сточных вод от отработанных смазочных масел ассоциативной культурой углеводородокисляющих микроорганизмов в специально созданной для этой цели установке, а на его базе биотехнологической схеме очистки и доочистки производственных стоков до норм оборотного водоснабжения.

Для достижения поставленной цели были определены следующие конкретные задачи исследований:

1. Создать, сконструировать и смонтировать распылительно-отстойную установку по очистке маслосодержащих сточных вод, производительностью 100 л/ час и более;

2. Опыты по выбору биотехнологической схемы очистки и доочистки маслосодержащих сточных вод с использованием консорциума углеводородокисляющих микроорганизмов в изменяющихся условиях среды (нагрузке по органике, температуре, кислородному режиму и тд.);

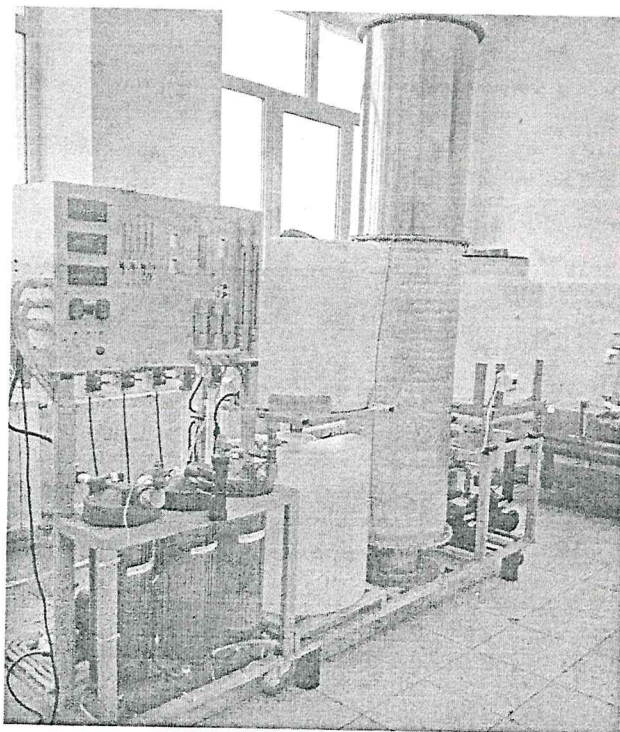
3. Полупроизводственные испытания технологической схемы очистки маслосодержащих сточных вод с определением параметров и режимов очистки сточных вод отдельного производства (на примере отработанного смазочного масла Shell Helix Diesel 10W-40).

Для очистки и глубокой доочистки нефтесодержащих сточных вод предприятий малой канализации (заправочные автотранспортные станции, автомойки, мойки нефтяных цистерн, локальные стоки предприятий местной промышленности и др.) предложен распылительно-отстойный аппарат (РОА) (рис. 1).

Установка - распылительно-отстойный аппарат (РОА) - выбрана на основе модульного принципа, позволяющего формировать основные сооружения, включенные в технологическую схему очистки и глубокой доочистки, из типового оборудования химических производств. РОА изготовлен в виде колонны цилиндрической формы, диаметром от 500-1200 мм и высотой до 420 мм. В верхней части колонны располагается струйный элемент, служащий для подачи смеси сточной жидкости с углеводородокисляющими микроорганизмами и соединениями, обеспечивающих управляемую биодеструкцию нефти и нефтепродуктов вплоть до конечных продуктов -  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Это подтверждено нами в серии испытаний технологической схемы очистки сточных вод различных производств, загрязненных разнообразными углеводородами, отработанными смазочными минеральными, полусинтетическими, синтетическими маслами:

1. Смешанного потока ОАО «Казаньоргсинтез» со следующими показателями ( $\text{мг/дм}^3$ ): рН - 6,5 - 9; ХПК - 780,4 - 1048;  $\text{O}_2$  (растворенный) в пределах 1,0 - 5,6; форма неорганических форм азота ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ) - 15,0 - 35,0; фосфор ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) - 1,4 - 15,3; нефтепродукты от 34,0 до 186. Общая численность УОМ на выходе в аппарат от 104 млн. кл/ $\text{см}^3$  до 150 млн. кл/ $\text{см}^3$ .

2. Сточные воды производства «Нефтепромхим», представленного следующими показателями ( $\text{мг/м}^3$ ): минеральные масла от 25 до 200; ХПК в пределах 560 - 1200; содержание суммы неорганического азота ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ) от 7 до 20,  $\text{O}_2$  (растворенный) от 0,5 - 5,0; общая численность консорциума нефтеокисляющих бактерий  $101 \cdot 10^6$  -  $106 \cdot 10^6$  кл/мл.



*Рис. 1. Установка глубокой очистки и доочистки нефте- и маслозагрязненных сточных вод до норм оборотного водоснабжения*

Очистку стоков проводили по принятой технологической схеме, включающей: приёмник сточной воды, усреднитель стоков, дозаторы (УОМ, биогенных элементов, индуцирующих веществ (ИВ)), насосная, обеспечивающая подачу сточной жидкости со сборника и усреднителя в биореактор, биореактор с распылительным элементом, вторичный отстойник, насосная для откачки приросшей биомассы микроорганизмов в дозатор и оборотного водоснабжения (рис. 2).

Предварительно подготовленную сточную жидкость очищали следующим образом: сточная вода центробежным насосом через приемный патрубок подается в струйный элемент биореактора. В момент подачи стока в аппарат, туда же одновременно из дозатора направляются биогенные элементы, индуцирующие соединения и расчетное количество суспензии углеводородокисляющих микроорганизмов (в среднем 130 млн. кл/мл или по биомассе

в пределах 0,3 - 0,5 г/л). В струйный элемент сточная жидкость со всеми добавленными компонентами смешивается и образует в нем прямой и обратный поток и из-за значительных градиентов скорости и сдвиговых напряжений разбрызгиваются, разрывает капли эмульгированных нефтепродуктов на мелкие диспергированные частицы, насыщенные пузырьками воздуха. В результате образуется значительная площадь поверхности, где микроорганизмы и углеводороды контактируют на границе фаз (среда – воздух). Благодаря этому создаются оптимальные условия для «атаки» и деструкции микроорганизмами рассеянных углеводородов.

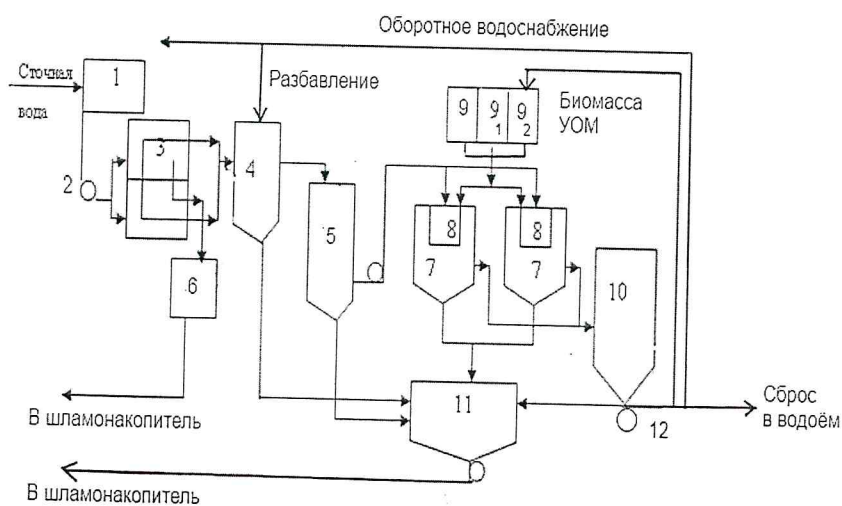


Рис. 2. Биотехнологическая схема очистки: 1 - приемник сточных вод с выделением грубых примесей; 2 - насосная станция для подачи сточной воды со сборника в нефтеловушку; 3 - нефтеловушка; 4 - усреднитель; 5 - первичный отстойник; 6 - нефтесборник; 7 - струйно-отстойный аппарат (СОА); 8 - струйные элементы; 9 - блок - дозатор биогенных элементов; 9.1 - блок - дозатор индуцирующих соединений; 9.2 - блок - дозатор нефтеокисляющих микроорганизмов; 10 - накопитель очищенной воды с насосной станцией (12) обратного водоснабжения и подачи проросшей биомассы УОМ в дозатор 9.2; 11 - шламонакопитель

Окисление углеводородов нефти идет максимально в зоне струйного элемента и внешнего рецикла и продолжается далее по всей длине биореактора, ослабевая по мере снижения концентрации нефтепродуктов к зоне отстоя.



Длительность биоокисления углеводородов нефти в сточной жидкости, подаваемой в биореактор, в непрерывном режиме принята: 1) при концентрации нефтепродуктов 20 - 186 мг/дм<sup>3</sup>, скорости потока 0.015 - 0,03 м/сек, время пребывания от 1,0 до 1,5 часа; 2) при концентрации, превышающей 200 мг/дм<sup>3</sup> или нагрузке по ХПК 1000 мг/л и более, скорость сточной жидкости в пилотной установке приближается 0,031 - 0,045 м/сек, при времени пребывания 1,3 - 3,0 часа [8].

Интенсификация процесса очистки обеспечивалась добавлением в поток биогенных элементов - азота и фосфора (азот в виде нитрата аммония, фосфор в виде суперфосфата кальция), соотношение которых к основной нагрузке загрязнений принято БПК (полное): N:P:100:5:1 (установлено опытным путем из следующих вариаций - 2,5; 0,5; 5; 10; 20; 40) [3]. Принятое соотношение биогенов в сточной жидкости стимулировало рост популяции УОМ консорциума в 2 раза, а эффективность деструкции углеводородов нефти за время контакта 1,2 часа до 75%. В варианте без добавления биогенов степень очистки от загрязнения не превысила 25-36%. Для достижения более высокой эффективности интенсификации процесса биоокисления в последующих сериях испытаний в очищаемую воду добавляли комплекс индуцирующих веществ (композиционных соединений). Внесение индуцирующих соединений с общей дозой  $35 \cdot 10^{-6}$  М в поток очищаемой воды в РПА, при тех же условиях и режимах очистки, увеличивает количество углеводородокисляющих микроорганизмов более чем в 2 раза (от  $150 \cdot 10^{-6}$  кл/мл до  $325 \cdot 10^{-6}$  кл/мл), что повышает эффективность процесса биоокисления до 75-78%, а в контроле степень окисления остается на уровне 32-40%.

С целью стабилизации остаточного углеводородного загрязнения предварительно очищенная сточная жидкость подается дополнительно во вторую ступень РПА и подвергается доочистке длительностью от 30 минут до 1,5 часа. При этом эффективность очистки достигает 92-96%, т.к. концентрация углеводородов снижается до 0,12 - 0,17 мг/дм<sup>3</sup>. На выходе из 2 ступени РПА количество нефтепродуктов в сточной воде укладывается в санитарные нормы отвода в открытые водные источники (0,1 - 0,3 мг/дм<sup>3</sup>) или использования в оборотном водоснабжении.

#### **Заключение**

Проведенные эксперименты и испытания с применением пилотной установки РПА позволяют заключить, что предложенный биологический метод деструкции углеводородов нефти в сточных водах производств органического синтеза вполне приемлем для очистки смешанных сточных вод многих отраслей, включая нефтехимическую промышленность, до норм оборотного водоснабжения.

Список литературы

1. Гуславский, А.И. Перспективные технологии очистки воды и почвы от нефти и нефтепродуктов / А.И. Гуславский, З.А. Канарская // Вестник Казанского технол. ун-та. – 2011. – № 20. – С. 191-199.
2. Ключанова, М.А. Разработка основы биопрепарата для деградации нефти при загрязнении природных сред: автореф. дис.... канд. биол. наук / Ключанова Мария Александровна. – Уфа, 2009. – 24 с.
3. Морозов Н.В. Экологическая биотехнология очистки природных и сточных вод макрофитами, КГПУ, Казань, 2001. – 394 с.
4. Морозов Н.В., дисс. ... д.б.н. Москва, МГУ, 2003, 408 с. Вестник технологического университета. – 2018. – Т.21. – №2. – 185 с.
5. Муратова А.Ю., Плешакова Е.В. Микробиологическая очистка в защите окружающей среды от нефтяных загрязнений // Проблемы изучения биосферы: Тез. докл. Всерос. конф. 3-4 декабря 1996. Саратов, 1996. – С.107-108.
6. Тимергазина И.Ф., Переходова Л.С. К проблеме биологического окисления нефти и нефтепродуктов углеводородокисляющими микроорганизмами // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2012. – Т. 7. – № 1. – 28 с.
7. Morozov N.V., Ganiev I.M. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical sciences. – 2016. – Vol. 75. – Issue № 5. – P. 1728-1735.
8. Morozov N.V., Savdur S.N. Process module of oil-containing wastewater treatment of local sewage system and its controlling mathematical model. International journal of Pharmacy and Technology. – 2016. – Vol. 8. – Issue №4. – P. 2421.
9. Morozov V.N., Morozov N.V. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2015. – Vol. 6. – Issue № 6. – P. 1703-1710.