

УДК 606

Е.В. ВЫЧЕГЖАНИНА, студентка гр. 19-НБ-ХТ2 (КубГТУ)
Научный руководитель М.Д. НАЗАРЬКО, д.б.н., профессор
(КубГТУ)
г. Краснодар

БИОСОРБЕНТЫ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ В МОРСКИХ АКВАТОРИЯХ ЮЖНЫХ МОРЕЙ

В ходе передвижения как больших кораблей типа танкеров, так и малого водного транспорта (в виде катеров, водных скутеров и т.д.) может происходить несанкционированный выброс нефтепродуктов. Кроме того, при эксплуатации нефтепровода и работе нефтегазаваней всегда сохраняется возможность утечки нефти с последующим загрязнением водных пространств. Вследствие данных факторов морские акватории, где хозяйственную деятельность осуществляет человек, требуют к себе пристального внимания.

В числе регламентов бережного отношения к водным ресурсам можно выделить 17 целей устойчивого развития ООН, в рамках которых существует четырнадцатая цель — сохранение и рациональное использование океанов, морей и морских ресурсов в интересах устойчивого развития [1]. В соответствии с этой целью, а также в интересах недопущения значительного загрязнения акваторий, разрабатываются специальные комплексы мер.

Одним из способов их осуществления является применение в акватории биосорбентов. Такой метод позволяет проводить профилактику водной территории для поддержания норм по содержанию нефти и нефтепродуктов в среде, а также осуществлять более глубокую очистку при локализации разлива.

Биосорбенты представляют собой иммобилизованные культуры микроорганизмов, которые (сами по себе или будучи связанными с инертным носителем) обеспечивают биологическое разложение нефти и нефтепродуктов; эти культуры нанесены на поверхность пористого материала (сорбента). Следует отметить, что, хотя в настоящее время разработаны технологии биоремедиации нефтезагрязненных почв, предложен ряд сорбентов, биосорбентов и препаратов нефтеокисляющих микроорганизмов [2-4], в очистке морских систем возникают определенные сложности [5].

Для получения эффективного результата действия биосорбента следует учитывать физико-химические параметры среды. На их основании

и необходимо подбирать адаптированные культуры микроорганизмов для иммобилизации на носитель.

Циркуляция вод в Чёрном море охватывает в основном поверхностный слой; он имеет солёность около 18 промилле, насыщен кислородом и иными элементами, необходимыми для деятельности живых организмов. Температура поверхностных слоёв воды, в зависимости от времени года, в открытом море колеблется в среднем от +6 до +25 °С, иногда достигая +30 °С (на мелководье у берегов летом) или замерзая (у берегов зимой).

В настоящее время из вод южных морей РФ выделены штаммы нефтеокисляющих микроорганизмов, относящихся к родам *Marinomonas*, *Azotobacter*, *Erithrobacter*, *Marinococcus*, *Mezophilobacter*, *Altheromonas*, *Bacillus*, *Microbacterium*, *Arthorobacter*, *Micrococcus* и *Vibrio* [6]. Наибольшее количество микроорганизмов обнаружено в районах нефтяного загрязнения. При этом численность бактерий, растущих на нефти, доходила до $10^6 - 10^7$ на 1 г донного осадка [7].

В ходе анализа научной литературы нами были выявлены абиотические и физические факторы, влияющие на жизнедеятельность нефтедеструктирующих микроорганизмов. Так, поступление дополнительного количества углеводов в исследуемую среду является основным условием, определяющим динамику перестройки гетеротрофного углеводородоокисляющего бактериоценоза; это явление выражается в увеличении численности, расширении видового разнообразия и изменении таксономического состава бактерий данной группы. Помимо этого, на интенсивность окисления нефтепродуктов микроорганизмами немалое влияние оказывает температура. В частности, для развития углеводородоокисляющих бактерий и интенсификации очищения воды от нефти оптимальными являются мезофильные условия (+20-28°C). При температуре +6-15°C интенсивность окисления нефти снижается в 2,5-4,0 раза по сравнению с оптимальной температурой. При +37°C рост бактерий ограничивается, а разложение нефти замедляется [1].

Таким образом, для утилизации нефти или углеводов в водных акваториях с помощью нефтеокисляющих микроорганизмов важно подобрать активные штаммы, адаптированные к конкретным условиям среды. Для таких штаммов температура и солёность воды должны быть положительным фактором, влияющим на возрастание численности и нефтеокисляющую способность.

Для выявления тенденций развития промышленного производства нефтедеструктирующих биосорбентов нами были проведен патентный поиск. Результаты анализа технических решений исследованных патентных документов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика и описание нефтедеструктирующих биосорбентов отечественного производства, рекомендуемых для водных экосистем

№ патента	Название	Патенто-обладатель	Состав бионосителя	Представленная ассоциация штамма
RU 2628692	Биосорбент для очистки почвы и воды от нефти и нефтепродуктов	ПАО «Транснефть», ООО «НИИ Транснефть», АО «Транснефть – Верхняя Волга»	Торфоминеральный сорбент на основе верхнего торфа	<i>Rhodococcus erythropolis</i> ВКПМ АС-1660 и <i>Rhodococcus erythropolis</i> sp. ВКПМ АС-1260 в соотношении 1:1
RU 2327649	Способ получения биопрепарата для восстановления водоёмов, загрязнённых нефтью и нефтепродуктами	ООО «Океан Биосистема», Сребняк Е.А	Цеолит с размером открытых пор в поперечном сечении не менее 1 мкм	Углеводородоксиляющие микроорганизмы (конкретного штамма и биопрепарата нет)
RU 176046	Биосорбент для очистки воды от нефти и нефтепродуктов	Чурганова А.М.	Морская губка <i>Spongia officinalis</i>	Микроорганизмы деструкторы (конкретного штамма и биопрепарата нет)

Главными особенностями патента RU 2628692 являются:

- аэрозольный способ нанесения биоэмульсии на сорбент;
- пролонгированное действие;
- обеспечение биодеструкции сорбированных нефти и нефтепродуктов при температуре от +2°C до +32°C;
- низкая десорбция сорбированных нефти и нефтепродуктов, что предотвращает вторичное загрязнение;
- как следствие предыдущего, отсутствие необходимости в проведении дополнительных мероприятий по утилизации сорбированной нефти.

Авторами экспериментально подобрана ассоциация нефтеокисляющих микроорганизмов *Rhodococcus erythropolis* ВКПМ АС-1660 и *Rhodococcus erythropolis* sp. ВКПМ АС-1260 к условиям pH и температурному разбросу южных морей РФ [8].

В запатентованных технологиях RU 2327649 и RU 176046 указывается возможность иммобилизации микроорганизмов на разработанный сорбент, однако конкретные штаммы или ассоциации не рекомендованы [9, 10].

По результатам проведенного нами патентного анализа известных штаммов нефтеокисляющих микроорганизмов, для которых комфортными условиями жизнедеятельности являются условия акваторий Чёрного и Азовского морей, были особо выделены следующие: *Rhodococcus erythropolis* и *Yarrowia lipolytica*.

Преимуществами применения технологии биосорбента на основании патента № RU 176046 является:

— морская губка *Spongia officinalis* — продукт животного происхождения, который не разлагается с выделением вредных веществ, очищает воду и обеспечивает разложение нефти и нефтепродуктов;

— простота изготовления биосорбента, т.к. морские губки можно выращивать на специально созданных фермах;

— возможность регенерации носителя — есть вариант использовать сам сорбент-носитель многократно путём высушивания губки и иммобилизации штамма вновь.

Подводя итог, следует подчеркнуть, что использование биосорбентов в качестве мер по недопущению экологических проблем в морских акваториях является эффективным, экологически безопасным и экономически выгодным способом. Однако важнейшим элементом для создания эффективного биосорбента являются микроорганизмы. Поэтому поиск активных микроорганизмов с высокой нефтеокисляющей способностью является в настоящее время весьма актуальным вопросом. Его решение расширит выбор промышленного производителя сорбентов для возможности последующей иммобилизации последних.

Список литературы:

1. 17 целей устойчивого развития ООН. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/oceans/> (Дата обращения: 25.10.2021)
2. Назарько М.Д., Шурай К.Н., Лобанов В.Г., Щербаков В.Г., Александрова А.В. Биодegradация нефтезагрязнения черноземов Краснодарского края микробными препаратами// Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2010. № 5-6 (317-318). С. 105-108.
3. Назарько М.Д., Щербаков В.Г., Лобанов В.Г., Ксандопуло С.Ю., Романова К.Н., Александрова А.В. Способ восстановления почв и грунтов, загрязненных нефтью и нефтепродуктами// Патент на изобретение RU 2322312 C1, 20.04.2008.
4. Назарько М.Д., Романова К.Н., Лобанов В.Г., Щербаков В.Г., Ксандопуло С.Ю., Александрова А.В. Способ получения сорбента// Патент на изобретение RU 2319541 C2, 20.03.2008.

Назарько М.Д. Разработка способа восстановления нефтезагрязненных почв с помощью комбинированного биосорбента// Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2011. № 1 (319). С. 108-110.

5. Касимова Д.Р., Назарько М.Д. Микробиологическая индикация нефтезагрязнений водных акваторий Черного моря// Энерго- и ресурсосбережение в теплоэнергетике и социальной сфере: материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов, ученых. 2013. Т. 1. № 1. С. 166-169.

6. Миронов О.Г. Нефтеокисляющие микроорганизмы в море. Киев, 1971. 335 с.

7. Рубцова С.И., Егоров В.Н. Влияние абиотических факторов на численность нефтеокисляющих бактерий в прибрежных районах Черного моря // Экология моря. 2004. Вып. 66. С. 43–49.

8. Биосорбент для очистки почвы и воды от нефти и нефтепродуктов: пат. 2628692 Рос. Федерация; №2015142416, заявл. 06.10.2015; опубл. 10.04.2017.

9. Способ получения биопрепарата для восстановления водоемов, загрязненных нефтью и нефтепродуктами: пат. 2327649 Рос. Федерация; № 2006117416/13, заявл. 20.09.2006; опубл. 27.06.2008.

10. Биосорбент для очистки воды от нефти и нефтепродуктов: пат. 176046 Рос. Федерация; №2017110063, заявл. 27.03.2017; опубл. 27.12.2017.