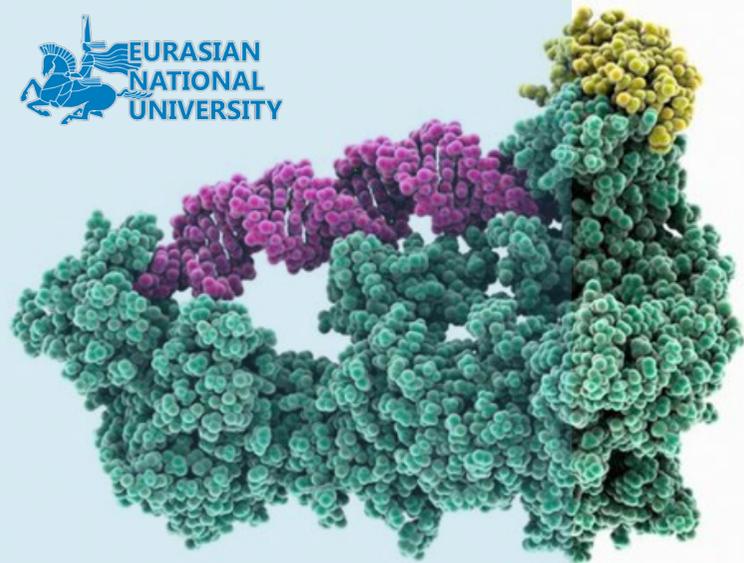


ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ  
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ



Л. Н. ГУМИЛЕВА АТЫНДАҒЫ  
ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ЕВРАЗИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Л. Н. ГУМИЛЕВА

АСТАНА, ҚАЗАҚСТАН  
11 СӘУІР 2024 ЖЫЛ

АСТАНА, КАЗАХСТАН  
11 АПРЕЛЯ 2024 ГОД

"ОМАРОВ ОҚУЛАРЫ: ХХІ  
ҒАСЫРДЫҢ БИОЛОГИЯ ЖӘНЕ  
БИОТЕХНОЛОГИЯСЫ" АТТЫ  
ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ  
ФОРУМНЫҢ БАЯНДАМАЛАР  
ЖИНАҒЫ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНОГО  
ФОРУМА "ОМАРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ:  
БИОЛОГИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ  
ХХІ ВЕКА"

**УДК 57 (063)**  
**ББК 28.0**  
**Ж 66**

Жалпы редакцияны басқарған т.ғ.д., профессор Е.Б. Сыдықов  
Под редакцией д.и.н., профессора Е.Б. Сыдыкова

**Редакция алқасы:**  
**Редакционная коллегия:**

Ж.К. Масалимов, А.Б. Курманбаева, Ж.А.Нурбекова, Н.Н. Иқсат.

«Омаров оқулары: ХХІ ғасыр биология және биотехнологиясы» халықаралық ғылыми форумының баяндамалар жинағы. – Астана: Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, 2024. – 284 б., қазақша, орысша, ағылшынша.

Сборник материалов международного научного форума «Омаровские чтения: Биология и биотехнология ХХІ века». – Астана. Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, 2024. – 284 с., казахский, русский, английский.

ISBN 978-601-337-977-7

Жинақ «Омаров оқулары: ХХІ ғасыр биология және биотехнологиясы» атты халықаралық ғылыми форумна қатысушылардың баяндамаларымен құрастырылған. Бұл басылымда биология, биотехнология, молекулалық биология және генетиканың маңызды мәселелері қарастырылған. Жинақ ғылыми қызметкерлерге, PhD докторанттарға, магистранттарға, сәйкес мамандықтағы студенттерге арналған.

Сборник составлен по материалам, представленным участниками международного научного форума «Омаровские чтения: Биология и биотехнология ХХІ века». Издание освещает актуальные вопросы биологии, биотехнологии, молекулярной биологии и генетики. Сборник рассчитан на научных работников, PhD докторантов, магистрантов, студентов соответствующих специальностей.

ISBN 978-601-337-977-7



**УДК 57**  
**ББК 28**  
**О-58**

©Коллектив авторов, 2024  
©Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, 2024

пищевых продуктов». – Семей: Казахский гуманитарно-юридический инновационный университет, – 2013. - № 1. – С. 32-38.

5. Бексеитов Т.К., Камкин В.А. Современные методы изучения лекарственных растений. // Материалы межд. науч.-практ. Конференции «Интеграция науки и производства в агропромышленном комплексе». – Павлодар: ПГУ. – 2011. - № 1. – С. 28-35.

6. Камкин В.А., Огарь Н.П. Эколого-фитоценотическая и хозяйственная характеристика солодки уральской в Павлодарской области р. Ертыс // Известия НаН РК.– 2017. - № 2. – С. 34-45.

7. Н.А. Сейдалина, С.Б. Ахметова, М.К. Смагулов, Г.А. Атажанова. Серия «Биология. Медицина. География». № 4(100)/2020 Определение антимикробной активности экстрактов из травы *Melissa officinalis* L. – 2020. - № 1. – С. 79-82.

8. Цыдендамбаев П.Б. Антибактериальные свойства экстрактов лекарственных растений Прибайкалья. // Вестник Бурятского Государственного Университетамедицина и фармация. – 2018. - № 2. – С. 98-101.

УДК 57.02.97

**Изучение микроорганизмов, выделенных из пластовых вод месторождений Западного Казахстана: определение целевого метаболита микроорганизмов для повышения нефтеотдачи пластов.**

*Мұратбек Айымжан Даниярқызы, Туякбаева Акмарал Усерхановна*  
Евразийский Национальный Университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан,  
[aiymzhanmuratbek@gmail.com](mailto:aiymzhanmuratbek@gmail.com)

**Аннотация**

Повышение нефтеотдачи пластов является важной областью исследований для нефтегазовой промышленности, поскольку оно направлено на извлечение большего количества нефти из несколько истощенных пластов. Одним из перспективных подходов к повышению нефтеотдачи является использование микроорганизмов, которые могут метаболизировать углеводороды в пласте и производить побочные продукты, повышающие подвижность оставшейся нефти.

Было проведено несколько исследований микроорганизмов, присутствующих в нефтяных пластах, и их потенциала для повышения нефтеотдачи. В частности, исследователи сосредоточились на выявлении целевых метаболитов, производимых этими микроорганизмами, которые могут способствовать повышению нефтеотдачи.

Использование микроорганизмов для повышения нефтеотдачи является новой областью исследований в нефтегазовой промышленности. Изучены микроорганизмы, присутствующие в воде нефтяных пластов в Западном Казахстане, и их потенциал для повышения нефтеотдачи [1].

**Введение**

В условиях растущего мирового спроса на энергоносители как никогда важно обеспечить эффективное и устойчивое извлечение нефти. Традиционные методы добычи нефти оставляют после себя значительную часть исходной нефти. Поэтому существует необходимость в усовершенствованных методах добычи. В этой связи привлекает внимание метод микробного повышения нефтеотдачи (MEOR), который способствует извлечению нефти путем стимулирования роста микроорганизмов, обитающих в нефтяном пласте. Данное исследование посвящено микроорганизмам, выделенным из пластовой воды в Западном Казахстане, где исследования в этом направлении развиты относительно слабо.

Нефтяная промышленность сталкивается с рядом проблем, связанных с добычей нефти, включая истощение традиционных запасов нефти и снижение эффективности ее добычи. В связи с этим внимание уделяется разработке новых методов повышения нефтеотдачи. Одним из таких методов является использование микроорганизмов, вырабатывающих метаболиты, такие как биосурфактанты, экзополисахариды и биоэмульгаторы, которые могут повысить эффективность добычи нефти [2].

Целью данного проекта является изучение идентификации целевых метаболитов микроорганизмов для повышения нефтеотдачи, с акцентом на биосурфактанты. В частности, в рамках проекта будет изучено влияние оптимальной среды для производства биосурфактантов, использование микроорганизмов для центробежной экстракции и других аналитических методов, а также измерение сухого веса биосурфактантов.

Исследования микроорганизмов, выделенных из пластовой воды, показали, что они производят разнообразные метаболиты, причем биосурфактанты особенно эффективны для повышения нефтеотдачи. Поэтому изучение наилучших условий окружающей среды для производства биосурфактантов может дать подсказки для максимального увеличения производства биосурфактантов и их использования для повышения нефтеотдачи [3].

#### **Методы и материалы исследований**

В последние годы производство биосурфактантов микроорганизмами привлекло большое внимание из-за их потенциального применения в технологии повышения нефтеотдачи пластов (EOR). В этом исследовании способность культур *Bacillus* продуцировать биосурфактанты оценивалась с использованием двух различных сред, MPA и SMSS.

Среда MPA использовалась для культивирования микроорганизмов в объемах 10 мл и 100 мл. Эта среда содержит питательные вещества, такие как пептон, дрожжевой экстракт и мясной экстракт, и является богатым источником азота и углерода для роста микроорганизмов. Эта среда была использована для оценки продуктивности биосурфактантов из культур *Bacillus* [3].

Среда SMSS, с другой стороны, является экономичной средой и использовалась для тестирования потенциального применения биосурфактантов при микробиологическом повышении нефтеотдачи пластов (MEOR). Среда содержит минеральные соли, такие как  $MgSO_4/7H_2O$ ,  $KH_2PO_4$ ,  $Na_2HPO_4/7H_2O$  и  $NH_4NO_3$ , которые необходимы для роста микроорганизмов. Он также содержит дрожжевой экстракт, который является источником питательных веществ для культур бацилл, и мелассу, которая является источником углерода для производства биосурфактантов [4].

После этой первой фазы роста в MPA культуры вносили в среду SMSS. Каждую культуру переносили в однолитровую колбу, содержащую 900 мл SMSS и 100 мл культивированного MPA. Этот этап был разработан для тестирования производства биосурфактантов в среде, более богатой минералами и имитирующей нефть, что отражает условия, с которыми сталкиваются при микробиологическом повышении нефтеотдачи пластов (MEOR). Культуры инкубировали в термостате в течение 5 дней при температуре 40 градусов Цельсия.

После инкубации во всех колбах наблюдался значительный рост культур бацилл. Это указывает на то, что как среда MPA, так и среда SMSS успешно способствовали росту культур бацилл. Различия в росте между культурами предполагают различные уровни адаптации и продуктивности в условиях, обеспечиваемых двумя средами. Этот различный рост потенциально может коррелировать с количеством биосурфактантов, продуцируемых каждым штаммом, гипотеза, дополнительно исследованная на последующих этапах этого исследования [5].

Выбор среды зависит от конкретных целей эксперимента. Как агар с минимальным содержанием фосфата (MPA), так и раствор каменной минеральной соли (SMSS) имеют свои преимущества и специфическое применение в контексте вашего исследования.

МРА - это среда, которая обеспечивает необходимые питательные вещества для роста бактерий и часто используется для первоначального культивирования бактерий. Она обеспечивает рост бактерий в контролируемой среде, где количество питательных веществ ограничено, что позволяет изучать их основные метаболические процессы.

С другой стороны, SMSS-это более специализированная среда. Он содержит компоненты, имитирующие среду нефтяных пластов (такие как стерильное масло и минеральные соли), что делает его идеальным для изучения производства биосурфактантов в условиях, которые близко имитируют те, которые наблюдаются в процессах микробиологического повышения нефтеотдачи пластов (MEOR). В данном исследовании использование как МРА, так и SMSS вполне оправдано. Первоначальное культивирование в МРА обеспечивает рост бактерий, в то время как последующая инкубация в SMSS обеспечивает более близкое приближение к условиям, с которыми бактерии столкнулись бы в процессах MEOR, давая вам представление об их возможностях производства биосурфактантов в таких условиях [4]. Было обнаружено, что SMSS, благодаря своим компонентам, больше подходит для изучения производства биосурфактантов в условиях имитируемого нефтяного пласта.

В этом исследовании аналитические методы были использованы для оценки продуктивности биосурфактантов из культур *Bacillus*. Бактериальные клетки собирали центрифугированием при 4°C в течение 10 мин с использованием центрифуги Eppendorf 5804R производства Германии. Клетки высушивали при 110°C в течение 24 ч для определения сухого веса клеток (г/л<sup>-1</sup>).

Бесклеточный супернатант использовали для анализа выхода неочищенного биосурфактанта, распределения масла, индекса эмульсии и ST. Выход неочищенного биосурфактанта определялось путем измерения количества биосурфактанта, образующегося в культуральной среде. Распределение масла определяли путем измерения количества масла, эмульгированного биосурфактантом. Индекс эмульсии использовался для измерения стабильности эмульсии, образованной биосурфактантом и маслом. Наконец, измеряли ST или поверхностное натяжение, чтобы определить способность биосурфактанта снижать поверхностное натяжение культуральной среды [4].

Наконец, измерение сухого веса биосурфактантов позволяет получить количественные данные о количестве биосурфактанта, продуцируемого микроорганизмами. Целью данного проекта является разработка точного и надежного метода измерения сухого веса биосурфактантов. Биосурфактанты способствуют извлечению нефти за счет снижения межфазного натяжения между нефтью и водой и улучшения потока нефти через пласт.

#### **Результаты исследований**

Измерение сухого веса биосурфактантов позволило количественно оценить выработку биосурфактантов каждой культурой, что является ключевым показателем при оценке их потенциала для использования в системах микробиологического повышения нефтеотдачи пластов (MEOR).

Среди изученных штаммов *Bacillus subtilis* A9 был наиболее продуктивным, при этом A2 и A8 также продемонстрировали заметные выходы биосурфактантов (Таблица 1.). Эти высокоэффективные штаммы представляют собой многообещающих кандидатов для стратегий микробиологического повышения нефтеотдачи пластов (MEOR), что требует дальнейших исследований для определения конкретных типов биосурфактантов, которые они производят, и эмульгирующих свойств этих биосурфактантов [5].

Таблица 1. Выход биосурфактантов.

Штаммы	Меласса 80 мл	
	Биомасса г/л	Биосурфактанты г/л
A8	0,33	0,34
A9	2,06	0,62

A12	2,26	0,04
R4	2,96	0,06
Pw2	1,78	0,25
A2	2,45	0,37

Различная продукция биосурфактантов, наблюдаемая у разных штаммов, предполагает различную метаболическую эффективность, вероятно, связанную с генетической изменчивостью. Это понимание может сыграть важную роль в совершенствовании подходов к отбору штаммов или генетической модификации для усиления производства биосурфактантов.

Хотя это исследование было сосредоточено на производстве биосурфактантов, конкретный тип биосурфактанта, продуцируемый каждым штаммом, остается нехарактерным. Различные биосурфактанты могут демонстрировать различную эффективность при добыче нефти; таким образом, будущая работа должна быть направлена на идентификацию и характеристику конкретных биосурфактантов, продуцируемых каждым штаммом. Такая информация могла бы помочь определить пригодность этих штаммов *Bacillus subtilis* для различных применений MEOR, способствуя более эффективному и целенаправленному использованию этих микробных ресурсов [1].

В целом, биосурфактанты, продуцируемые этими штаммами *Bacillus*, обладают значительным потенциалом для извлечения нефти. Чтобы полностью реализовать этот потенциал, необходимы дальнейшие исследования для понимания лежащих в основе метаболических процессов, оптимизации условий производства и оценки коммерческой целесообразности этого биотехнологического подхода.

#### **Заключение**

Результаты этого исследования имеют важное значение для нефтяной промышленности, особенно в области MEOR. Идентификация штаммов, продуцирующих биосурфактанты с высоким содержанием, таких как A9, может привести к разработке более эффективных и рентабельных методов извлечения масла. Оптимизированные условия выращивания и составы питательных сред можно было бы рассмотреть для промышленного производства биосурфактантов.

Более того, исследование подчеркивает важность тонкого подхода к MEOR, учитывающего специфические для штамма требования к росту и условия хранения. Практическое применение этих результатов могло бы способствовать разработке более целенаправленных и эффективных стратегий запоминания. Будущие исследования должны быть направлены на развитие всестороннего понимания взаимодействия между бактериями, биосурфактантами и нефтяными пластами, чтобы обеспечить успешное внедрение микробных биосурфактантов в нефтяной промышленности.

#### **Список использованной литературы:**

1. Hu, J., & Zhang, G. (2018). *Microbial Enhanced Oil Recovery: Principles and Practices*. Berlin: Springer.
2. Sharma, M. M., & Sangwan, R. S. (Eds.). (2016). *Microbial Biosurfactants and Their Environmental and Industrial Applications*. Boca Raton, FL: CRC Press.
3. Banat, I. M., Franzetti, A., Gandolfi, I., Bestetti, G., Martinotti, M. G., Fracchia, L., & Smyth, T. J. (2010). Microbial biosurfactants production, applications and future potential. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 87(2), 427-444.
4. Bognolo, G. (1999). Surfactants as microbial metabolism products: a review. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 43(3), 143-147. [Retrieved from: [https://doi.org/10.1016/s0964-8305\(99\)00058-4](https://doi.org/10.1016/s0964-8305(99)00058-4)]
5. Raza, Z. A., Khan, M. S., Khalid, Z. M., Rehman, A., & Saleem, M. (2007). Microbial enhanced oil recovery: Progress in exploitation of microbial potential. *Reviews in Environmental*

УДК 57.579.64

## MHETase enzyme

*Zhakenov Daniyal Shokhanovich, Turpanova Rauza Masgutovna*  
L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan  
[zhakenov.daniyal@mail.ru](mailto:zhakenov.daniyal@mail.ru)

Plastic pollution represents a global environmental crisis. In response, microbes have evolved the ability to utilize synthetic polymers as carbon and energy sources. Recently, it was reported that *Ideonella sakaiensis* secretes a dual-enzyme system to degrade polyethylene terephthalate (PET) into its constituent monomers. Specifically, *Ideonella sakaiensis* PETase depolymerizes PET, releasing soluble products including mono(2-hydroxyethyl)terephthalate (MHET), which is cleaved by MHETase to terephthalic acid (TPA) and ethylene glycol (EG) [1].

Characterization of *Ideonella sakaiensis* revealed the enzyme PETase, which is a cutinase-like serine hydrolase that attacks the PET polymer, releasing bis-(hydroxyethyl)terephthalate (BHET), mono(2-hydroxyethyl)terephthalate (MHET) and TPA. PETase cleaves BHET to MHET and EG, and the soluble product of MHET is further hydrolyzed by MHETase to form TPA and EG. The structure and function of the MHETase enzyme is much less understood: to date there are few published studies on the structure and development of MHETase. To this end, this article combines information on the structure and function of MHETase and the results of bioinformatics analysis.

### Functional annotation

MHETase was originally assigned to the Tannase family of enzymes, which belongs to Block X of the  $\alpha/\beta$ -hydrolase enzymes classified in the ESTHER database [2]. This family includes fungal and bacterial tannases and feruloyl esterases. Other significantly different bacterial tannases can be found in a separate H block (Tannases\_bact) in this database. Accordingly, MHETase has been shown to hydrolyze exclusively MHET but not BHET, PET, p-nitrophenyl (pNP) aliphatic esters or aromatic ester compounds such as ethyl gallate and ethylferulate, which are converted by other enzymes in the tannase family, indicating a severely limited substrate specificity [3].

Functional annotation of the enzyme MHETase was performed using the InterPro program. Figure 1 shows the annotation of the MHETase enzyme.

