

Краткая информация о проекте

Наименование	AP09260785 «Разработка технологии получения биоводорода на основе перспективных штаммов цианобактерий для производства биотоплива» (0123PK00131)
Актуальность	Расширяя превращение биологического сырья в биотопливо, человечество одновременно снижает экологическую нагрузку на природу, уменьшает загрязнение территорий и водоемов, а также выбросы CO ₂ в атмосферу. В области биотоплива биоводород является самым чистым и ценным из производимых видов топлива и может быть наиболее перспективным кандидатом на роль экологически чистого и возобновляемого энергоносителя будущего. Современным направлением в биоэнергетике является поиск объектов, способных производить биоводород, не загрязняящую окружающую среду, а также разработка высокопроизводительных технологий. Особый интерес в этом отношении представляют фотосинтетические микроорганизмы, в том числе цианобактерии, обладающие высоким метаболическим потенциалом. Использование цианобактерий в качестве возможных продуцентов биоводорода особенно актуально и очень выгодно, поскольку они образуют водород в результате преобразования солнечной энергии и не требуют сложных или дорогостоящих питательных сред для культивирования <i>in vitro</i> . Главная идея: В рамках проекта будет проведена большая работа по пополнению коллекции фототрофных микроорганизмов новыми штаммами, выделенными из различных экстремальных экосистем нашей республики, их изучение и идентификация. С целью отбора наиболее продуктивных микроводорослей будет проведен их скрининг по скорости роста клеток и изучена их способность к продукции водорода. Будут оптимизированы условия культивирования отобранных культур цианобактерий – потенциальных продуцентов водорода, включающий такие параметры как, интенсивность освещения, состав питательных сред, значение pH среды и т.д. Будет изучено влияние кислородного стресса, азотного, сульфидного и фосфорного голодания на физиолого- биохимические свойства клетки цианобактерии - продуцента водорода. Также будет отработана технология культивирования штаммов цианобактерий – продуцентов биоводорода, сбор их биомассы, получения биоводорода на основе цианобактерий в лабораторных условиях.
Цель	Целью проекта является разработка технологии получения биоводорода на основе перспективных штаммов цианобактерий для производства биотоплива.
Задачи	1. Выделить активные культуры цианобактерий из образцов воды и почвы различных экстремальных экосистем Республики Казахстан с целью поиска культур цианобактерий, активно производящих водород.

	<p>Для достижения этой цели из водных и почвенных проб будут получены накопительные культуры цианобактерий, отдельные виды будут очищены от сопутствующей микрофлоры.</p> <p>2. Изучить морфолого-культуральные и физиологические свойства выделенных культур цианобактерии.</p> <p>Для достижения этой задачи будут изучены морфологические свойства выделенных аксеничных культур цианобактерий, охарактеризованы их культуральные и физиологические свойства</p> <p>3. Провести скрининг выделенных и коллекционных штаммов цианобактерий по продуктивности их биомассы и способности к выделению водорода.</p> <p>Для достижения этой цели будут изучены скорость роста, прирост биомассы выделенных и коллекционных штаммов цианобактерий, будет изучена их способность к продукции водорода.</p> <p>4. Провести идентификацию полученных новых культур цианобактерий, обладающих высоким потенциалом в продукции биоводорода.</p> <p>Для реализации данной задачи будет проведена идентификация отобранных, в ходе скрининга, активных штаммов цианобактерий</p> <p>5. Оптимизация условий культивирования штаммов цианобактерий –потенциальных продуцентов водорода для увеличения общей биомассы.</p> <p>Для реализации данной задачи будет проведен поиск оптимальных условий массового культивирования отобранных культур цианобактерий - потенциальных продуцентов водорода, включающий такие параметры как температура, интенсивность освещения, состав питательных сред, значение рН среды и т.д.</p> <p>6. Провести метаболическую модуляцию цианобактерии – продуцента биотоплива с целью повышения активной продукции водорода.</p> <p>Для достижения этой цели будет изучено влияние кислородного стресса, азотного, сульфидного и фосфорного голодания на физиолого-биохимические свойства клетки цианобактерии - продуцента водорода.</p> <p>7. На основании полученных экспериментальных данных разработать регламент получения биоводорода на основе цианобактерий- продуцентов водорода в лабораторных условиях.</p> <p>Для реализации данной задачи, будет отработана технология культивирования штаммов цианобактерий – продуцентов биоводорода, сбор их биомассы, получения биоводорода на основе цианобактерий в лабораторных условиях.</p>
<p>Ожидаемые и достигнутые результаты</p>	<p>В результате реализации данного проекта были проведены следующие научные исследования: проведен поиск и выделение культур цианобактерий - продуцентов водорода из образцов воды и почвы различных экстремальных экосистем Республики Казахстан, получены</p>

их аксеничные культуры, а также изучены их культурально – морфологические и некоторые биохимические и физиологические свойства; Проведен скрининг выделенных и коллекционных культур цианобактерий по продуктивности их биомассы и способности к выделению водорода.

В работе проведен поиск, выделение и изучение культур цианобактерий из образцов воды и почвы различных экосистем, а также проведен скрининг выделенных культур и коллекционных штаммов цианобактерий по продуктивности их биомассы и способности к выделению водорода.

В рамках проведенных работ получены следующие результаты:

1. Обнаружены, из горячего источника Уйгурского района 15 видов и разновидностей цианобактерий, изозеро Кызылкол, а так же рек Арыс и Ок - 31, из рисовых полей Алматинской и Кызылординских областей - 19.

2. Выделены 8 аксеничных культур цианобактерий из 17 изолятов накопительных культур, и по культурально-морфологическим и физиологическим признакам определены как *Nostoc N-1*, *Oscillatoria O-2*, *Synechococcus S-1*, *Phormidium P-1*, *Nostoc N-2*, *Anabaena A-1*, *Oscillatoria O-1* и *Anabaena A-2*.

3. Определены, что культуры цианобактерий *Anabaena A-2*, *Anabaena A-1*, *Oscillatoria S-1*, *Synechococcus S-1* и *Phormidium P-1* имеют самые высокие показатели скорости роста и выхода биомассы, определяющие их высокую продуктивность и идентифицированы с помощью молекулярно-генетического анализа генов 16S рРНК как *Anabaena variabilis A-2*, *Anabaena variabilis A-1*, *Oscillatoria* sp. O-1, *Synechococcus* sp. S-1 и *Phormidium tenue P-1*.

4. Выявлено высокий уровень продукции этилена у гетероцистного штамма цианобактерии *Anabaena variabilis A-1*, которая составила 15,2 мкмоль этилена/мг сухой вес/ч, что в свою очередь является показателем высокой активности фермента нитрогеназы у этой культуры.

5. В результате скрининга по способности выделению водорода отобран гетероцистный штамм цианобактерии *Anabaena variabilis A-1*, выход водорода в темноте составил 8,67 мкмоль H₂/мг хл/ч. Этот показатель оказался почти в 17,2 раза выше, чем в условиях освещения для того же штамма.

6. Установлено, что *Synechococcus* sp. S-1 является наиболее активным продуцентом водорода на свету, которая составила 2,35 мкмоль H₂/мг хл а/ч, что в 3 раза ниже чем *Anabaena variabilis A-1* в темноте.

7. Выявлено, что добавление 25 ммоль HEPES и 50 ммоль бикарбоната натрия в питательную среду BG-11 увеличивает выход биоводорода (H₂) в гетероцистном штамме цианобактерии *Anabaena variabilis A-1*.

8. Показано, что фотопроизводство водорода гетероцистного штамма цианобактерии *Anabaena variabilis A-1* при использовании комбинации дефицита N и S (BG₀-11-S) было равно 9,82 мкмоль H₂/мг хл/ч и показало в 3 раза более

	<p>высокие результаты, чем в среде BG-11-S. В ходе оптимизации максимальной производительности водорода была выбрана среда BG₀-11-S, наиболее подходящая по сравнению с другими модифицированными средами.</p> <p>9. Разработан лабораторный регламент получения биоводорода на основе отобранного гетероцистного штамма цианобактерии <i>Anabaena variabilis</i> A-1. На основании полученных результатов с целью расширения арсенала штаммов микроорганизмов, используемых в качестве сырья для производства биотоплива, получен патент на полезную модель № 8167, 28.02.2023 «Гетероцистный штамм цианобактерии <i>Anabaena variabilis</i> A-1 для получения биотоплива в качестве сырья».</p>
<p>Имена и фамилии членов исследовательской группы с их идентификаторами (Scopus Author ID, Researcher ID, ORCID, при наличии) и ссылками на соответствующие профили</p>	<p>1.Болатхан Кенжегул, доктор философии (PhD), доцент, Индекс Хирша – 11 ResearcherID: AAZ-8890-2020 ORCID https://orcid.org/0000-0001-7133-6546 Scopus author ID: 55977615700</p> <p>2.Заядан Болатхан Казыханулы, высшее, д.б.н., профессор, академик НАН РК, Индекс Хирша – 16, ResearcherID: B-1664-2015, ORCID https://orcid.org/0000-0002-4572-2416, Scopus author ID: 6504770922.</p> <p>3. Сарсекеева Фариза Кудайбергеновна, доктор философии (PhD), H index-3, ResearcherID: E-4491-2015, ORCID https://orcid.org/0000-0001-9119-2279, Scopus author ID: 56524602300</p> <p>4. Какимова Ардак Болатовна, доктор философии (PhD), H index-4 ResearcherID: ABD-5813-2021 ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5612-1002, Scopus author ID: 57219604772</p> <p>5. Сандыбаева Сандугаш Калжанкызы – PhD доктоарнт, H index-2 Researcher ID: AGO-0562-2022, ORCID https://orcid.org/0000-0002-4340-8749, Scopus author ID: 57560350900.</p>
<p>Список публикаций со ссылками на них</p>	<p>I Научные и учебные пособия: 1</p> <p>1. Б.Қ. Заядан, Ф.С.Сарсекеева, К.Болатхан Фототрофты микроорганизмдер биоэнергетикасы 2023: Монография – Алматы: Изд-во «Таңба», 2023. -215 с.</p> <p>II Монографии: 1</p> <p>1. Қосалбаев Б.Д., Садвакасова А.К., Заядан Б.К. Фототрофные микроорганизмы в биоэнергетике 2022: Монография - Алматы: Изд-во «Polytech», 2022. -320 с.</p> <p>III. Статьи в рецензируемых зарубежных научных изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science или Scopus с ненулевым импакт-фактором: 6</p> <p>1.Bekzhan D. Kossalbayev, Ardak B. Kakimova, Kenzhegul Bolatkhan, Bolatkhan K. Zayadan, Sandugash K. Sandybayeva, Asemgul K.Sadvakasova, Suleyman I. Allakhverdiev. Biohydrogen production by novel cyanobacterial strains isolated from rice paddies in Kazakhstan//International Journal of</p>

Hydrogen. Energy. [Volume 47, Issue 37](https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.03.126), 30 April 2022, Pages 16440-16453 <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.03.126>

2. Gulzhanay K.Kamshybayeva, Bekzhan D.Kossalbayev, Asemgul K.Sadvakasova, Bolatkhan K.Zayadan, Ayshat M.Bozieva, DmitryDunikov, Saleh Alwasel Suleyman I.Allakhverdiev. Strategies and economic feasibilities in cyanobacterial hydrogen production// International Journal of Hydrogen Energy, ISSN: 0360-3199, Vol: 47, Issue: 69, Page: 29661-29684. Q-1,процентиль – 90.

<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.06.277>

3. Gulzhanay K. Kamshybayeva, Bekzhan D. Kossalbayev, Asemgul K. Sadvakasova, Ardak B. Kakimova, Meruyert O. Bauenova, Bolatkhan K. Zayadan, Chi-Wei Lan, Saleh Alwasel, Tatsuya Tomo, Jo-Shu Chang, Suleyman I. Allakhverdiev. Genetic engineering contribution to developing cyanobacteria-based hydrogen energy to reduce carbon emissions and establish a hydrogen economy. Int J Hydrogen Energy. Available online 25 January 2023 In Press, Corrected Proof.

<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.12.342>

4. Gulzhanay K. Kamshybayeva, Bekzhan D. Kossalbayev, Asemgul K. Sadvakasova, Meruyert O. Bauenova, Bolatkhan K. Zayadan, Ayshat M. Bozieva, Hesham F. Alharby, Tatsuya Tomo, Suleyman I. Allakhverdiev. Screening and optimisation of hydrogen production by newly isolated nitrogen-fixing cyanobacterial strains,

International Journal of Hydrogen Energy,

Volume 48, Issue 44, 2023, Pages 16649-16662, ISSN 0360-3199,

<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.01.163>.

5. Bekzhan D. Kossalbayev, Girayhan Yilmaz, Asemgul K. Sadvakasova, Bolatkhan K. Zayadan, Ayaz M. Belkozhasyev, Gulzhanay K. Kamshybayeva, Gaukhar A. Sainova, Ayshat M. Bozieva, Hesham F. Alharby, Tatsuya Tomo, Suleyman I. Allakhverdiev. Biotechnological production of hydrogen: Design features of photobioreactors and improvement of conditions for cultivating cyanobacteria, International Journal of Hydrogen Energy, 2023, In Press, Corrected Proof. ISSN 0360-3199,

<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.09.001>.

6. Huma Balouch, Bolatkhan K. Zayadan, Asemgul K. Sadvakasova, Bekzhan D. Kossalbayev, Kenzhegul Bolatkhan, Donus Gencer, Dilek Civelek, Zihni Demirbag, Hesham F. Alharby, Suleyman I. Allakhverdiev. Prospecting the biofuel potential of new microalgae isolates,

International Journal of Hydrogen Energy,

Volume 48, Issue 50, 2023, P. 19060-19073, ISSN 0360-3199,

<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.02.028>

IV. Статьи в журналах, рекомендованных КОКСОИ МОИ
ПК: 3

1. B. K. Zayadan, A. B. Kakimova, K. Bolatkhan, S. K.

Sandybayeva, B. D. Kossalbayev, D. B. Nurabayeva. Production of Bio-hydrogen from Cyanobacteria: Challenges and Opportunities. International Journal of Biology and Chemistry.

Vol.14, No 1, 4 (2021)

<https://doi.org/10.26577/ijbch.2021.v14.i1.01>

2. A.I. Token, Zh.A. Ramazanova, K. Bolatkhan, R. Mammadov, A.K. Sadvakasova, D.K. Kirbaeva, F.K. Sarsekeyeva. Search and isolation of cyanobacteria cultures from the soils of rice fields of the republic of Kazakhstan. Экология сериясы. №2 (67). 2021. с.41-48.

3. S.K. Sandybayeva, K. Bolatkhan, A.B. Kakimova, A.K. Toktybay, G.A. Akhmetova, B.K. Zayadan. Isolation and study of morphological and cultural properties of cyanobacterial community from hot springs in Almaty region. Вестник КазНУ, Серия экологическая. – 2023. - №2 (75) - С. 112-125.

V. Тезисы в трудах международных конференций: 6

1. Садвакасова А.К., Қосалбаев Б.Д., Болатхан К., Өндіріс Б., Мұстапаева Ж.Ө., Какимова А.Б., Заядан Б.Қ. «Күріш алқабынан бөлінген цианобактериялардың нитрогенезалық активтілігін және өсуді ынталандырушы әсерін зерттеу». «Қоршаған орта биотехнологиясы және биоэнергетиканың аспектілері мен инновациялары» атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференция материалдарының жинағы, 12-13 ақпан, 2021 жыл, Алматы, Қазақстан, Б.198-202.

2. Zayadan B.K., Tatsuya Tomo, Kakimova A.B., Kossalbayev B.D. «Prospects of heterocystic cyanobacteria in the production of biohydrogen». Collection of the International scientific and practical conference «Aspects and innovations of environmental biotechnology and bioenergy» 12-13 February, 2021 y., Almaty, Kazakhstan, P. 266-269.

3. Zayadan B.K., Kakimova A.B., Bolatkhan.K. «Study of the Ability to Release Hydrogen of New Cyanobacteria Cultures to Produce Biofuel». Collection of the «5th Symposium on EuroAsian Biodiversity (SEAB-2021)» 1-3 July, 2021 y., Almaty Kazakhstan, Mugla Turkey. ISBN: 978-625-409-945-8. P 292.

4. Заядан Б.К., Лось Д.А., Садвакасова А.К., Болатхан К., Сарсекеева Ф.К. Перспективы биотехнологии производства биотоплива на основе фототрофных микроорганизмов. International scientific and practical conference “Aspects and innovations of environmental biotechnology and bioenergy”. – 12-13 February 2021. – P.281-286

5. Ardak Kakimova, Bolatkan Zayadan, Kenzhegul Bolatkhan, Asemgul Sadvakasova, Nurzia Akmukhanova, Fariza Sarsekeeva, Bekzhan Kossalbayev, Suleyman Allakhverdiev. «Potential cultures of cyanobacteria as feedstock for biohydrogen production». 11th International conference on Photosynthesis and Hydrogen Energy Research for sustainability, 3-9 July, 2023 y., Istanbul, Turkey.

6. Bekzhan Kossalbayev, Asemgul Sadvakasova, Bolatkan Zayadan, Meruert Bauenova, Gulzhanay Kamshybayeva, Suleyman Allakhverdiev. «Investigation of oxygen, carbon dioxide, and nitrogen gases influence on hydrogen production of cyanobacteria». 11th International conference on Photosynthesis

	and Hydrogen Energy Research for sustainability, 3-9 July, 2023 y., Istanbul, Turkey.
Информация о патентах	Патент Республики Казахстан на полезную модель «Гетероцистный штамм цианобактерии <i>Anabaena variabilis</i> A-1 в качестве сырья для получения биотоплива» №8167 от 28.02.2023. Авторы: Какимова А.Б., Заядан Б.К., Болатхан К., Садвакасова А.К., Сандыбаева С.К.





