

Краткая информация о проекте

Наименование	AP22788030 «Получение и исследование альгоцианобактериальных биопленок для восстановления засоленных и загрязненных почв»
Актуальность	По прогнозам, к 2050 году человеческое население нашей планеты достигнет примерно 9,7 миллиардов человек, и большая часть этого прироста населения будет приходиться на развивающиеся страны Азии и Африки. Этот рост мирового населения связан с увеличением спроса на продовольственную безопасность в будущем. Чтобы преодолеть эту проблему, Всемирная организация здравоохранения предложила удвоить производство продуктов питания к 2050 году, а Организация Объединенных Наций предложила увеличить мировое производство продуктов питания на 50% к 2030 году. Повышение производительности в результате «Зеленой революции» по существу достигло рекордного уровня, а обеспечение продовольствием растущего населения планеты становится еще более сложной задачей из-за ограниченности сельскохозяйственных земель. Несколько факторов, таких как ограничение водных ресурсов, накопление вредных ксенобиотических соединений (пестицидов, ТМ) в почве, коррозия почвы и изменение климата, ухудшили качество и плодородие сельскохозяйственных земель. Кроме того, засоленность почвы является хорошо известным стрессором, влияющим на рост растений и урожайность сельскохозяйственных культур во всем мире. Эффективным решением существующих проблем является возрождение органического земледелия, суть которого заключается в использовании потенциальных возможностей естественных живых систем, в частности фото- и гетеротрофных микроорганизмов. Большим потенциалом в очистке и повышении плодородия почв обладают объекты рассматриваемые в предлагаемом проекте. Это фототрофные микроорганизмы, которые благодаря своей высокой метаболической активности, обладают способностью к сорбции, накоплению и деструкции различных ксенобиотиков, способностью к синтезу целого комплекса биологически активных и ростактивирующих веществ, и таким образом положительно влияющие на плодородие почв и активность почвенной биоты. Микроводоросли выделяют различные органические экзометаболиты, в наибольших концентрациях которые локализуются в фикосфере, создают благоприятные условия для развития цианобактерий. Цианобактерии в свою очередь потребляют низкомолекулярные органические вещества в фикосфере микроводорослей и высокомолекулярные, образованные в результате лизиса клеток этих микроводорослей, реминерализуя азот, фосфор и другие элементы в среде, что в результате способствует развитию альгологического компонента в ассоциации. Таким образом имеющийся факт о взаимовыгодных взаимоотношений микроводорослей и цианобактерий позволяет нам предполагать о высоком потенциале получения устойчивой ассоциации микроводорослей и цианобактерий в процессах очистки почвы от пестицидов и ее опреснении, что открывает перспективу для создания активных биопленок на их основе эффективных в рекультивации деградированных почв.

	Новизной проекта является, использования автотрофного альгоцианобактериального комплексас целью восстановления засоленных и загрязненных почв. Технологический прием создания альго-цианобактериальных биопленок открывает новые перспективы в использовании почвенном земледелье и сельском хозяйстве, с большой вероятностью, может быть использован для решения общих задач биотехнологии, где возникает потребность в стабильно работающих микробных сообществах.
Цель	На основе активных штаммов фототрофных микроорганизмов получение альгоцианобактериальных биопленок и исследование их потенциала в процессах восстановления засоленных и загрязненных почв и повышения плодородия.
Задачи	1. Получить аксеничные культуры фототрофных микроорганизмов из различных водных и почвенных экосистем, изучить их культурально-морфологические свойства и провести идентификацию выделенных чистых культур. 2. Провести тестирование и отбор активных штаммов фототрофных микроорганизмов на устойчивость к разным концентрациям соли. 3. Провести скрининг выделенных цианобактерий и микроводорослей на предмет устойчивости к пестицидам. 4. Оценить фотосинтетическую продуктивность и азотфиксирующую активность выделенных фототрофных микроорганизмов. 5. Сконструировать различные комбинации альгоцианобактериальной биопленки. 6. Изучить влияние отобранных активных альгоцианобактериальных биопленок на агрохимические свойства почвы и способность к биodeградации пестицида. 7. Изучить влияние полученных альгоцианобактериальных биопленок на микробиом почвы. 8. Разработать технологический регламент получения альгоцианобактериальных биопленок и их использования в процессах восстановления засоленных и загрязненных почв.
Ожидаемые и достигнутые результаты	1. Будут отобраны водные и почвенные образцы из различных областей (6) республики Казахстан, определен видовой состав альгофлоры исследуемых проб и выделены чистые культуры цианобактерий и микроводорослей (не менее 15), перспективные для получения биопленок. 2. Будут отобраны активные штаммы по интенсивности флуоресценции хлорофилла <i>a</i> и скорости роста культуры при воздействии разных концентрации солей для дальнейшего составления на их основе альгоцианобактериальных биопленок. 3. Будет проведен модельный эксперимент по изучению влияния изомеров DDT и HCH на выживаемость тестируемых культур фототрофных микроорганизмов в питательной среде с целью выявления активных штаммов, устойчивых к DDT и HCH для составления

	альгоцианобактериальных биопленок. 4. Будет проведена оценка интенсивности флуоресценции фототрофных микроорганизмов (FV;FV/FM;PIABS,qE) и содержания хлорофиллов (<i>a,b</i>) и каротиноидов. Нитрогеназная активность гетероцистных штаммов будет определена ацетиленовым методом. 5. Будут сформированы не менее 3 вариантов биопленок, включающие различные виды микроводорослей и цианобактерий и протестирована их продуктивность по интенсивности флуоресценции (FV;FV/FM) и азотфиксирующей активности, будет изучен биохимический состав биомассы полученных биопленок. 6. Будет проведена серия экспериментов по определению потенциала альгоцианобактериальных биопленок в накоплении изомеров пестицидов, в улучшении физико-химических параметров почвы и снижении уровня ее засоленности. 7. Будет проведен метагеномный анализ засоленных и загрязненных пестицидами почв до и после внесения активных альгоцианобактериальных биопленок. 8. На основе полученных результатов будет разработан технологический регламент включающий основные этапы получения биопленок на основе микроводорослей и цианобактерий и алгоритм действий его применения в сельскохозяйственном секторе.
Имена и фамилии членов исследовательской группы с их идентификаторами (Scopus Author ID, Researcher ID, ORCID, при наличии) и ссылками на соответствующие профили	1. Бауенова Меруерт Өмірбайқызы Researcher ID: ABD-6906-2021 Scopus Author ID: 57201014777 https://orcid.org/0000-0003-4117-8449 https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57201014777 https://www.webofscience.com/wos/author/record/2418336 2. Қосалбаев Бекжан Дүйсенбіұлы ResearcherID: Q-6587-2017 Scopus Author ID: 57205673698 https://orcid.org/0000-0003-3892-7920 https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57205673698 3. Залетова Дильназ Ерденовна Scopus ID: 58698487800 https://orcid.org/0009-0000-1604-4241 https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=58698487800 4. Тореханова Макпал Меркибековна ResearcherID: GNG-5325-2022. Scopus Author ID: 57768179100 https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57768179100
Список публикаций со ссылками на них	1. Meruyert O. Bauenova, Assemgul K. Sadvakasova, Bekzhan D. Kossalbayev, Girayhan Yilmaz, Zhiyong Huang, Jingjing Wang, Huma Balouch, Dilnaz E. Zaletova, Mariya A. Lyaguta, Hesham F. Alharby, Suleyman I. Allakhverdiev Optimising microalgae-derived butanol yield // International Journal of Hydrogen Energy. 2023. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319923057488?dgcid=coauthor Импакт-фактор 2020: 5.816. H-Index - 215, Q-1, CiteScore-9.0. Процентиль: ##22/224: 90-й. 2. Bauenova, M.O., Sadvakasova, A.K., Mustapayeva, Z.O., Kokociński M., Zayadan B.K., Wojciechowicz M.K., Balouch H., Akmukhanova N.R., Alwasel, S., Allakhverdiev, S.I.

Potential of microalgae *Parachlorella kessleri* Bh-2 as bioremediation agent of heavy metals cadmium and chromium. *Algal Research*, Volume 59, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102463>. Импак-фактор 2020-2021: 4.401. H-Index-54.0, Q-1, CiteScore-6.6. Процентиль: ##21/113:81-й. 1-цитирований.

3. Assemgul K Sadvakasova, Meruyert O Bauenova, Bekzhan D Kossalbayev, Bolatkhan K Zayadan, Zhiyong Huang, Jingjing Wang, Huma Balouch, Hesham F Alharby, Jo-Shu Chang, Suleyman I Allakhverdiev Synthetic algocyanobacterial consortium as an alternative to chemical fertilizers // *Environmental Research*. – 2023. – V. 233. 116418. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116418>. Импак-фактор 8.3. H-Index-54.0, Q-1, CiteScore-9.0. Процентиль: 90. 1-цитирований.

4. Sadvakasova A.K., Kossalbayev B.D., Bauenova M.O., Balouch H., Leong Y.K., Zayadan B.K., Huang Z., Alharby H.F., Tomo T., Chang J.S. et al. Microalgae as a key tool in achieving carbon neutrality for bioproduct production // *Algal Research. Journal article*. – 2023. – V. 72, 103096. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2023.103096>. Импак-фактор 5.5. H-Index-164, Q-1, CiteScore-11. Процентиль: 91. 0-цитирований.

5. Nurziya R. Akmukhanova, Yoong Kit Leong, Sandugash N. Seiilbek, Aigerim Konysbay, Bolatkhan K. Zayadan, Assemgul K. Sadvakasova, Fariza K. Sarsekeyeva, Meruyert O. Bauenova, Kenzhegul Bolatkhan, Hesham F. Alharby, Jo-Shu Chang, Suleyman I. Allakhverdiev Eco-friendly biopesticides derived from CO₂-Fixing cyanobacteria // *Environmental Research*. – 2023. – V. 239. 117419. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117419>. Импак-фактор 8.3. H-Index-54.0, Q-1, CiteScore-9.0. Процентиль: 90. 3-цитирований.

6. 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*. – 2023. – V. 48 (44). – P. 16649-16662. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.01.163> Импак-фактор 2020: 5.816. H-Index - 215, Q-1, CiteScore-9.0. Процентиль: ##22/224: 90-й. 4-цитирований.

7. Gulzhanay K. Kamshybayeva, Bekzhan D. Kossalbayev, Asemgul K. Sadvakasova, Meruyert O. Bauenova, Bolatkhan K. Zayadan, Anastasia A. Krapivina, Gaukhar A. Sainova, Hesham F. Alharby, Suleyman I. Allakhverdiev. Effect of the photosynthesis inhibitors on hydrogen production by non-heterocyst cyanobacterial strains // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.03.453>. Импак-фактор 2020: 5.816. H-Index - 215, Q-1, CiteScore-9.0. Процентиль: ##22/224: 90-й. 1-цитирований.

8. 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 // *International Journal of*

Hydrogen Energy. – 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.12.342> Импак-фактор 2020: 5.816. H-Index - 215, Q-1, CiteScore-9.0. Процентиль: ##22/224: 90-й. 7-цитирований.

9. Assemgul K. Sadvakasova, Bekzhan D. Kossalbayev, Aziza I. Token, Meruert O. Bauenova, Jingjing, Wang, Bolatkhan K. Zayadan, Huma Balouch, Saleh Alwasel, Yoong Kit Leong, Jo-Shu Chang, Suleyman I. Allakhverdiev Influence of Mo and Fe on Photosynthetic and Nitrogenase Activities of Nitrogen-Fixing Cyanobacteria under Nitrogen Starvation, *Cells*, Volume 11 (5) 904, 2022. <https://doi.org/10.3390/cells11050904>. Импак-фактор 2020-2021: 6.663. H-Index-22, Q-2, CiteScore-4.33. Процентиль: ##41. 1-цитирований.

10. N. R. Akmukhanova, B. K. Zayadan, A. K. Sadvakasova, M. M. Torekhanova, N. P. Timofeev, M. O. Bauenova, D. A. Todorenko & D. N. Matorin Determination of the Promising Microalgal Strain for Bioremediation of the Aquaculture Wastewater // *Microbiology*. – 2022.- V. 91, 533–541. <https://doi.org/10.1134/S0026261722601166>. Импак-фактор: 2.7. Q-3. 1-цитирований.

11. Akmukhanova, Nurziya R. Sadvakasova, Assemgul K., Torekhanova, Makpal M., Bauenova, Meruert O., Zayadan, Bolatkhan K., Shalgimbayeva, Saule M., Bolatkhan, Kenzhegu, Alwasel, Saleh, Leong, Yoong Kit, Chang, Jo-Shu, Allakhverdiev, Suleyman I. Feasibility of waste-free use of microalgae in aquaculture // *Journal of Applied Phycology*. 2022. Impact factor: 5.816. H-Index - 127, Q-2, CiteScore-9.0. Percentile: 90th. 2-citations.

12. Zayadan, B.K., Sadvakasova, A.K., Matorin, D.N., Akmukhanova N.R., Kokociński M., Timofeev N.P., Balouch, K., Bauenova, M.O. [Effect of Cadmium Ions on Some Biophysical Parameters and Ultrastructure of *Ankistrodesmus* sp. B-11 Cells](https://doi.org/10.1134/S1021443720040196). *Russian Journal of Plant Physiology*, Volume 67 (5), 2020, P. 845–854. <https://doi.org/10.1134/S1021443720040196>. Импак-фактор 2020: 1.481. H-Index-46, Q-2, CiteScore-2.1. Процентиль: ##203/445: 54-й. 1-цитирований.

13. Asemgul K. Sadvakasova, Nurziya R. Akmukhanova, Kenzhegu Bolatkhan, Bolatkhan K. Zayadan, Aizhan A. Usserbayeva, Meruert O. Bauenova, Akbota E. Akhmetkaliyeva, Suleyman I. Allakhverdiev. Search for new strains of microalgae-producers of lipids from natural sources for biodiesel production, *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 44, Issue 12, 2019, Pages 5844–5853. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.01.093>. Импак-фактор 2020: 5.816. H-Index - 215, Q-1, CiteScore-9.0. Процентиль: ##22/224: 90-й. 21-цитирований.

14. Akmukhanova, N.R., Zayadan, B.K., Sadvakasova, A.K., Bolatkhan, K., Bauenova, M.O. Consortium of higher aquatic plants and microalgae designed to purify sewage of heavy metal ions, *Russian Journal of Plant Physiology*, Volume 65 (1), 2018, P. 143–149. <https://doi.org/10.1134/S1021443718010028>. Импак-фактор 2018: 1.481. H-Index-46, Q-2, CiteScore-2.1. Процентиль: ##203/445: 54-й. 6-цитирований.

15. Балоуч Х., Бауенова М.О., Садвакасова А.К., Сарсекеева Ф.К., Кирбаева Д.К., Болатхан К., Мустапаева Ж.О. Сравнительная характеристика видового разнообразия альгофлоры озер Алматинской области // *Вестник КазНУ, Серия экологическая*. – 2020. – Т 63 (2). – С.72-82. DOI: <https://doi.org/10.26577/EJE.2020.v63.i2.08>

16. Asemgul K. Sadvakasova, Bekzhan D. Kossalbayev, Meruert O. Bauenova, Zhuldyz O. Mustapayeva, Bolatkhan K.

	Zayadan. Nitrogenase activity of wt cyanobacteria of soils in rice fields of Kazakhstan // "1th International Conference on Experimental Sciences and Biotechnology (ICESB). Mugla, Turkey. 2021. - P. 86. 17. Kossalbayev B. D., Nuralibekov S. Sh., <u>Bauenova M.O.</u>, Mustapayeva Zh.O., Sadvakasova A. K. Effect of different concentrations of Mo, V, and Fe on the nitrogenase activity of cyanobacteria // 5th Symposium on EuroAsian Biodiversity (SEAB-2021). P. 240. 18. Nuralibekov S. Sh., <u>Bauenova M.O.</u>, Kossalbayev B. D., Mustapayeva Zh.O., Sadvakasova A. K. Study of the effect of cyanobacteria biomass isolated from rice fields in Kazakhstan on the growth of rice culture // 5th Symposium on EuroAsian Biodiversity (SEAB-2021). P. 241. 19. Akmukhanova N.R., Kokocinski M., <u>Bauenova M.O.</u>, Bolatkhan K., Sadvakasova A.K., Zayadan B.K. The opportunities to use consortium of higher aquatic plants and microalgae in the treatment of polluted aquatic ecosystems. Eurasian journal of ecology. – 2018. - Vol. 56. № 3. P. 4-11. https://bulletin-ecology.kaznu.kz/index.php/1-eco/article/view/824 20. Акмуханова Н.Р., Заядан Б.К., <u>Бауенова М.О.</u>, Садвакасова А.К., Болатхан К., Сейилбек С. Формирование структурированных биоценозов высших водных растений и фототрофных микроорганизмов для применения в очистке сточных вод. Вестник КазНУ. Серия экологическая, V. 52, п. 3, p. 46-53, apr. 2018. ISSN 2617-7358. https://bulletin-ecology.kaznu.kz/index.php/1-eco/article/view/780 21. Акмуханова Н.Р., Заядан Б.К., Садвакасова А.К., <u>Бауенова М.О.</u>, Кирбаева Д. К., Карабекова А.Н. Альгофлора и биологическая оценка Кольсайских озёр. – 2018. Том 55 № 2. – С- 69-79. Вестник КазНУ Серия экологическая. https://bulletin-ecology.kaznu.kz/index.php/1-eco/article/view/819
Информация о патентах	1. Садвакасова А.К., <u>Бауенова М.О.</u>, Заядан Б.К., Косалбаев Б.Д., Сарсекеева Ф.К., Акмуханова Н.Р. Патент РК № 2022/0224.2 на полезную модель «Штамм микроводоросли <i>Parachlorella kessleri</i> Bh-2, используемый для очистки загрязненных вод от ионов тяжелых металлов кадмия и хрома» от 16.03.2022. 2. Садвакасова А.К., <u>Бауенова М.О.</u>, Заядан Б.К., Косалбаев Б.Д., Кирбаева Д.К., Ыбраи С.Н., Нуралибеков С.Ш. «Штамм цианобактерии <i>Trichormus variabilis</i> K-31, используемый для обогащения почвы азотом и повышения урожайности сельскохозяйственных культур» Патент РК № 2022-15500 на полезную модель, от 13.05.2022. 3. Косалбаев Б.Д., Садвакасова А.К., <u>Бауенова М.О.</u>, Камшыбаева Г.Қ. "Штамм цианобактерий <i>Nostoc</i> sp. J-1 в качестве продуцента биоводорода для производства биотоплива" Патент РК № 7880 на полезную модель, от 20.12.2022. 4. Садвакасова А.К., <u>Бауенова М.О.</u>, Косалбаев Б.Д., Заядан Б.К., Кирбаева Д.К., Ыбраи С.Н. «Штамм цианобактерии <i>Tolypothrix tenuis</i> J-1, используемый для обогащения почвы азотом и повышения урожайности сельскохозяйственных культур» Патент РК № 2023-10801 на полезную модель, от 16.03.2023. 5. Косалбаев Б.Д., Садвакасова А.К., Залетова Д.Е., Белкожаев А.М., Камшыбаева Г.Қ., <u>Бауенова М.О.</u> «Фотобиореактор для культивирования фототрофных

	микроорганизмов» Патент РК № 2023-13323 на полезную модель, от 04.04.2023.
--	--