ОТЗЫВ

иностранного научного руководителя

на диссертационную работу Камшыбаевой Гулжанай Колганаткызы на тему: «Выделение водородпродуцирующих цианобактерий из разных экосистем и повышение их продуктивности метаболическими подходами», представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D05105 – «Биотехнология».

Я, Аллахвердиев Сулейман Ифхан оглы, доктор PhD, профессор, являясь иностранным научным руководителем диссертационной работы Камшыбаевой Гулжанай Колганаткызы, подтверждаю, что соискатель в период выполнения исследования проявила себя как самостоятельный и ответственный исследователь, владеющий современными методами биотехнологии, микробиологии и молекулярной биологии, а также умеющий корректно планировать эксперименты, обрабатывать результаты и формулировать обоснованные выводы.

Работа посвящена поиску и исследованию фототрофных микроорганизмов (цианобактерий), способных к фотобиологическому образованию молекулярного водорода, и разработке подходов к повышению их продуктивности. В условиях развития «зеленой» биоэнергетики и низкоуглеродных технологий задача получения экологически чистого энергоносителя (H_2) биологическими методами является научно и практико-ориентированной, а изучение природных штаммов и факторов, влияющих на выход водорода, представляет значительный интерес для современной биотехнологии.

Цель диссертационной работы заключается в выделении и идентификации цианобактерий из различных экосистем, комплексном изучении их способности к фотобиологическому получению H_2 и разработке методов повышения продуктивности процесса. Для достижения цели соискателем последовательно решены ключевые задачи: от отбора природных образцов и получения аксенических культур до морфологической и молекулярно-генетической идентификации (в т.ч. по 16S rRNA), оценки влияния условий культивирования на рост и H_2-продукцию, анализа активности ферментных систем водородного метаболизма, а также оптимизации процесса с применением ингибиторов электронного транспорта и подбором режимов культивирования.

Соискатель собрала и проанализировала образцы фототрофных микроорганизмов из ряда экосистем, выделила и очистила культуры, выполнила их идентификацию и сравнительную оценку биотехнологического потенциала. В работе проведён комплекс экспериментов по

оптимизации параметров культивирования (температура, pH, световой режим, газовый режим, источники азота и др.), что позволило выявить условия, при которых водородная продуктивность возрастает. Существенным достоинством работы является применение метаболических подходов к перенаправлению электронного потока и повышению выхода H_2 с использованием ингибиторов фотосинтетического электронного транспорта (CCCP, DBMIB, DCMU, KCN) и подбором их оптимальных режимов. Отдельно следует отметить практико-ориентированные исследования по иммобилизации клеток (например, в альгинатных матриксах) как подхода к стабилизации и усилению накопления H_2 в регламентированных условиях.

Полученные результаты обладают несомненной научной новизной:

1. выполнено исследование биоразнообразия фототрофных микроорганизмов ряда экосистем и выделены перспективные аксенические культуры;
2. проведена комплексная идентификация выделенных штаммов и уточнено их филогенетическое положение;
3. экспериментально показана возможность целенаправленного повышения H_2-продукции метаболическими приёмами и определены эффективные режимы воздействия (включая оптимальные концентрации ингибиторов);
4. предложен и апробирован унифицированный экспериментальный алгоритм сравнительной оценки водородпродуцирующих цианобактерий, удобный для последующего масштабирования и отбора кандидат-штаммов.

Практическая значимость. Практическая ценность работы заключается в формировании набора перспективных штаммов-продуцентов, в разработке технологических рекомендаций по повышению водородной продуктивности (условия культивирования, газообмен, световой режим, ингибиторные воздействия, иммобилизация), а также в создании научной базы для дальнейшего проектирования и масштабирования лабораторных решений в направлении фотобиологического получения H_2.

Результаты диссертации доложены на международных и республиканских научных мероприятиях. Материалы исследования опубликованы в виде статей и тезисов, также получены патентные документы, что подтверждает практический и научный уровень выполненной работы.

Диссертационная работа логично структурирована, методически выверена, содержит достаточный объём экспериментальных данных и корректную интерпретацию результатов. Выводы обоснованы, полученные результаты обладают научной и практической значимостью,

а сама работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени PhD по направлению «Биотехнология».

Считаю, что диссертационная работа Камшыбаевой Гүлжанай Қолғанатқызы является завершённым квалификационным научным трудом. Рекомендую допустить соискателя к защите, а при успешной защите – присудить степень доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D05105 – «Биотехнология».

Иностранный научный руководитель: _____ **Аллахвердиев С.И.**
доктор биологических наук, член-корреспондент Российской академии наук, профессор, главный научный сотрудник Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, г. Москва, Российская Федерация

E-mail: suleyman.allakhverdiev@gmail.com
Дата: «17» Февраля 2026 г.
Место: г. Москва, Российская Федерация

ПІКІР

шетелдік ғылыми жетекшінің

Қамшыбаева Гүлжанай Қолғанатқызының «Сутегі бөлуші цианобактерияларды әр түрлі экожүйелерден оқшаулау және метаболикалық тәсілдер арқылы олардың өнімділігін арттыру» тақырыбындағы, 8D05105 – «Биотехнология» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға ұсынылған диссертациялық жұмысына

Мен, Сулейман Ифхан оглы Аллахвердиев, PhD докторы, профессор, Қамшыбаева Гүлжанай Қолғанатқызының диссертациялық жұмысының шетелдік ғылыми жетекшісі бола отырып, ізденушінің зерттеу жүргізу кезеңінде өзін заманауи биотехнология, микробиология және молекулалық биология әдістерін меңгерген, сондай-ақ эксперименттерді дұрыс жоспарлай алатын, нәтижелерді өңдей алатын және негізделген қорытындылар жасай алатын дербес әрі жауапты зерттеуші ретінде көрсеткенін растаймын.

Жұмыс молекулалық сутекті фотобиологиялық түзуге қабілетті фототрофты микроорганизмдерді (цианобактерияларды) іздеуге және зерттеуге, сондай-ақ олардың өнімділігін арттыру тәсілдерін әзірлеуге арналған. «Жасыл» биоэнергетика мен төмен көміртекті технологиялардың дамуы жағдайында экологиялық таза энергия тасымалдағышты (H_2) биологиялық әдістермен алу міндеті ғылыми және практикалық тұрғыдан бағытталған болып табылады, ал табиғи штаммдарды және сутек шығымына әсер ететін факторларды зерттеу қазіргі биотехнология үшін елеулі қызығушылық тудырады.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты әртүрлі экожүйелерден цианобактерияларды бөліп алу және идентификациялау, олардың H_2 фотобиологиялық алу қабілетін кешенді зерттеу және процестің өнімділігін арттыру әдістерін әзірлеу болып табылады. Мақсатқа жету үшін ізденуші табиғи үлгілерді іріктеу мен аксендік дақылдарды алудан бастап морфологиялық және молекулалық-генетикалық сәйкестендіруге дейін (соның ішінде 16S rRNA бойынша), өсіру жағдайларының өсу мен H_2 өндірісіне әсерін бағалауға, сутек метаболизмінің ферменттік жүйелерінің белсенділігін талдауға, сондай-ақ электрондық тасымалды тежегіштерді қолдану және өсіру режимдерін таңдау арқылы процесті оңтайландыруға дейінгі негізгі міндеттерді дәйекті түрде шешті.

Ізденуші бірқатар экожүйелерден фототрофты микроорганизмдердің үлгілерін жинап, талдады, дақылдарды бөліп алып, тазартты, оларды сәйкестендіріп, биотехнологиялық әлеуетіне салыстырмалы баға берді. Жұмыста өсіру параметрлерін (температура, pH, жарық режимі, газ режимі, азот көздері және т.б.) оңтайландыру бойынша кешенді эксперименттер жүргізілді, бұл сутек өнімділігі артатын жағдайларды анықтауға мүмкіндік берді. Жұмыстың маңызды артықшылығы фотосинтетикалық электрондық тасымалды тежегіштерді (CCCP, DBMIB, DCMU, KCN) қолдану және олардың оңтайлы режимдерін таңдау арқылы электрондар ағынын қайта бағыттауға және H_2 шығымын арттыруға арналған метаболикалық тәсілдерді қолдану болып табылады. Сондай-ақ жасушаларды иммобилизациялау бойынша (мысалы, альгинат матрикстерінде) практикалық бағытталған зерттеулерді, бұл реттелген жағдайларда H_2 жиналуын тұрақтандыру және күшейту тәсілі ретінде, ерекше атап өткен жөн.

Алынған нәтижелердің сөзсіз ғылыми жаңалығы бар:

1. бірқатар экожүйелердің фототрофты микроорганизмдерінің биоалуантүрлілігі зерттеліп, перспективалы аксендік дақылдар бөлініп алынды;
2. бөлініп алынған штаммдарға кешенді сәйкестендіру жүргізіліп, олардың филогенетикалық орны нақтыланды;
3. H_2 өндірісін метаболикалық тәсілдермен мақсатты түрде арттыру мүмкіндігі тәжірибе жүзінде көрсетіліп, әсер етудің тиімді режимдері (оның ішінде тежегіштердің оңтайлы концентрациялары) анықталды;

4. сутек өндіруші цианобактерияларды салыстырмалы бағалаудың біріздендірілген эксперименттік алгоритмі ұсынылып, сынақтан өткізілді, ол кейіннен ауқымдандыруға және кандидат-штаммдарды іріктеуге қолайлы.

Практикалық маңыздылығы. Жұмыстың практикалық құндылығы перспективалы продуцент-штаммдар жиынтығын қалыптастыруда, сутек өнімділігін арттыру бойынша технологиялық ұсынымдарды (өсіру жағдайлары, газ алмасу, жарық режимі, тежегіштік әсерлер, иммобилизация) әзірлеуде, сондай-ақ H_2 фотобиологиялық алу бағыты бойынша зертханалық шешімдерді әрі қарай жобалау мен ауқымдандыру үшін ғылыми негіз құруда жатыр.

Диссертация нәтижелері халықаралық және республикалық ғылыми іс-шараларда баяндалды. Зерттеу материалдары мақалалар мен тезистер түрінде жарияланды, сондай-ақ патенттік құжаттар алынды, бұл орындалған жұмыстың практикалық және ғылыми деңгейін растайды.

Диссертациялық жұмыс логикалық тұрғыдан құрылымдалған, әдістемелік жағынан тиянақты, эксперименттік деректердің жеткілікті көлемін және нәтижелердің дұрыс түсіндірмесін қамтиды. Қорытындылар негізделген, алынған нәтижелердің ғылыми және практикалық маңызы бар, ал жұмыстың өзі «Биотехнология» бағыты бойынша PhD дәрежесін алуға ұсынылатын диссертацияларға қойылатын талаптарға сәйкес келеді.

Қамшыбаева Гүлжанай Қолғанатқызының диссертациялық жұмысы аяқталған біліктілік ғылыми еңбек болып табылады деп есептеймін. Ізденушіні қорғауға жіберуді, ал қорғау сәтті өткен жағдайда 8D05105 – «Биотехнология» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін беруді ұсынамын.

Шетелдік ғылыми жетекші: _____ **Аллахвердиев С.И.**
PhD докторы, профессор, Ресей Ғылым академиясы Өсімдіктер физиологиясы институтының бас ғылыми қызметкері, Мәскеу, Ресей Федерациясы

E-mail: suleyman.allakhverdiev@gmail.com
Күні: «16» ақпан 2026 ж. **Орны:** Мәскеу, Ресей Федерациясы