

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

К.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Химиялық және биологиялық технологиялар институты

«Биотехнология» кафедрасы

Абаева Мадина Рахметуллақызы

Алматы қаласы аяу бассейнін микробалдырлар арқылы биологиялық тазарту

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B070100 – «Биотехнология» мамандығы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Химиялық және биологиялық технологиялар институты

«Биотехнология» кафедрасы



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

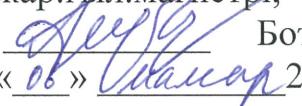
Тақырыбы: «Алматы қаласы ауа бассейнін микробалдырлар арқылы биологиялық тазарту»

5B070100 – «Биотехнология» мамандығы бойынша

Орындаған

Абаева М.Р.

Ғылыми жетекші
жар.ғыл.магистрі,

 Ботбаев Д.М.
«06» Май 2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Химиялық және биологиялық технологиялар институты

«Биотехнология» кафедрасы

5B070100 – «Биотехнология»



**Дипломдық жұмыс орындаудағы
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Абаева Мадина Рахметуллақызы

Тақырыбы Алматы қаласы ая а бассейнін микробалдырлар арқылы биологиялық тазарту»

Университет ректорының 2018 жылғы « 16 » қазан № 1163-б бүйрөгымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 06.05.2019 жылы

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері Диплом алды өнеркәсіптік практикадан алынған материалдар

Дипломдық жобада қарастырылатын мәселелер тізімі:

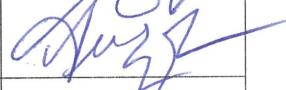
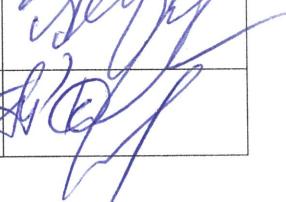
- a) Қажетті микробалдырдар күltурасын таңдау;
- ә) Алынған микробалдырлар күltурасына арналған дақылдау жағдайларын таңдау;
- б) Тазартуши қондырғының дизайнының құрастыру (шагын архитектуралық нысандар);

Ұсынылатын негізгі әдебиет: 22 атап

Дипломдық жұмысты дайындау
KESTEСI

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Әдебиетке аналитикалық шолу	қаңтар	
Материалдар мен әдістер	ақпан	
Зерттеу қорытындылары: лабораториялық жұмыстар	наурыз	

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен
норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған
қолтапшылары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Әдебиетке аналитикалық шолу	Жар.ғыл.магистрі Ботбаев Д.М.	15.02.19	
Материалдар мен әдістер	Жар.ғыл.магистрі Ботбаев Д.М.	06.03.19	
Зерттеу қорытындылары: лабораториялық жұмыстар	Жар.ғыл.магистрі Ботбаев Д.М.	22.04.19	
Норма бақылау	Ғылыми магистрі Тұрғымбаева Қ.Қ.	06.05.2019	

Ғылыми жетекші _____  Д.М. Ботбаев

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____  М.Р. Абаева

Күні  «06» май 2019 ж.

АНДАТПА

«Алматы қаласы ауа бассейнін микробалдырлар арқылы биологоиялық тазарту» атты дипломдық жұмыс қағаз түрінде 30 беттен тұрады. Жұмыс кіріспеден, 3 бөлімнен, қорытындыдан, 10 суреттен және 2 кестеден, 22 ғылыми мақалалар мен оқу құралдары көрсетілген тізімінен тұрады.

Мақсаты. Жабық бөлме мысалында Алматы қаласы ауа бассейнің тазалауда микробалдырларды қолдану методикасын құрастыру.

Бұл жұмыста микробалдырлардың табиғатта таралуы және көмірқышқылы газын ауа құрамынан фиксациялау үшін қолданылуы туралы шолу жасалады. Микробалдырдардың көмірқышқылы газына қатысты өсу динамикасы зерттелінді. Оңтайлы культивирлеу жағдайларын анықтау үшін түрлі параметрлер қолданылды.

Нәтижесінде нақты *Chlorella sorokiniana*, *Chlamydomonas sp.* және *Chlorella sp.* қультураларын өсіруге арналған оптимальды жағдайлар анықталды.

Түйін сөздер: *Chlorella sorokiniana*, *Chlamydomonas sp*, *Chlorella sp*, микробалдырлар, культивирлеу, көмірқышқылы газы

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа «Биологическая очистка воздушного бассейна города Алматы посредством микроводорослей» на бумажном носителе состоит из 30 страниц. Работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, 10 рисунков и 2 таблиц, 22 списка научных статей и учебных пособий.

Цель. Разработка методики применения микроводорослей при очистке воздушного бассейна г. Алматы на примере закрытых помещений.

В этой работе проводится обзор распределения микроводорослей в природе и использования углекислого газа для фиксации состава воздуха. Изучена динамика роста микроводорослей относительно углекислого газа. Для определения оптимальных условий культивирования использовались различные параметры.

В результате настоящая *Chlorella sorokiniana*, *Chlamydomonas* sp. и *Chlorella* sp. определены оптимальные условия для выращивания культур.

Ключевые слова: *Chlorella sorokiniana*, *Chlamydomonas* sp, *Chlorella* sp, микроводоросли, культивирование, углекислый газ

ANNOTATION

Thesis «Biological cleaning of the air basin of Almaty by microalgae» on paper consists of 30 pages. The work consists of an introduction, 3 sections, conclusion, 10 figures and 2 tables, 22 lists of scientific articles and textbooks.

Purpose. Development of methods for the use of microalgae in cleaning the air basin of Almaty on the example of enclosed spaces.

In this work, we review the distribution of microalgae in nature and the use of carbon dioxide to fix the composition of the air. The dynamics of growth of microalgae relative to carbon dioxide is studied. Various parameters were used to determine the optimal cultivation conditions.

The result is a real *Chlorella sorokiniana*, *Chlamydomonas sp.* and *Chlorella sp.* the optimal conditions for growing crops are determined.

Key words: *Chlorella sorokiniana*, *Chlamydomonas sp.*, *Chlorella sp.*, microalgae, cultivation, carbon dioxide

МАЗМҰНЫ

Kіріспе	9
1 Өдебиетке шолу	10
1.1 СО ₂ фиксациялайтын биологиялық процестерге шолу	10
1.1.1 Микробалдырларды өсіру арқылы түтін газдарынан CO ₂ , NOx, SOx жою	10
1.2 Микробалдырларына сипаттама	12
2 Материалдар мен әдістер	16
2.1 Микробалдырлар сынамасын жинау және культураны қалыпта ұстаяу	16
2.2 <i>Chlorella sorokiniana</i> , <i>Chlamydomonas</i> sp. және <i>Chlorella</i> sp. дақылдарын егу және өсіру	17
2.3 Культивирлеуге арналған қоректік орта	18
2.4 Дақылдау кезінде қолданылған тәсілдер	20
3 Зерттеу нәтижелері	22
3.1 Тандалған микробалдырларды дақылдауға арналған жағдайларды таңдау	23
3.2 Тазартушы қондырғының дизайнын құрастыру Қорытынды Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	25 28 29

КІРІСПЕ

Өзектілігі. Бұгінгі таңда ауа ластануы дамыған және дамушы мемлекеттерге тән мәселе. Негізгі атмосфера ластануы көлік құралдарынан, зауыт мұржаларынан шығатын тұтіндермен ластанады. Поллютанттар құрамының 57 %-ын көмірқышқылы диоксиді алады. Сондықтан, бұл мәселені шешу үшін фотосинтездеуші организмдердің ауа құармынан көмірқышқыл газын фиксациялау қасиетіне негізделген жұмыстар ойластырған дұрыс. Ондай қасиет өсімдіктерде, балдырларда және кейбір цианобактерияларда кездеседі.

Қазіргі таңда осындай мәселелерді шешу үшін биоремедиациялық шаралар кең қолданылады. Сондықтан осындау биотазалау жүйесінде балдырларды, әсіресе, микробалдырларды қолданған оңай болады. Себебі, микробалдырларды көп мөлшерде өсіру оңай; культивирлеу жағдайлары қарапайым әрі арзанға шығады.

Зерттеу мақсаты: Жабық бөлме мысалында Алматы қаласы ауа бассейнің тазалауда микробалдырларды қолдану методикасын құрастыру.

Зерттеу мақсатына сәйкес келесі міндеттер қойылды:

- 1 Кәжетті микробалдырдар культурасын таңдау;
- 2 Алынған микробалдырлар культурасына арналған дақылдау жағдайларын таңдау;
- 3 Тазартушы қондырғының дизайнын құрастыру (шағын архитектуралық нысадар).

1 Әдебиетке шолу

1.1 CO₂ фиксациялайтын биологиялық процестерге шолу

Фотосинтез процесі өсімдіктер мен олардың қызметі үшін және қоректендіру үшін күн энергиясын химиялық энергияға түрлендіруді қамтиды. Жер үсті өсімдіктеріне қарағанда, микробалдырлар мен цианобактериялар көміртектін фиксациялау жылдамдығының жоғарылығымен ерекшеленеді. Адам шығаратын CO₂ шығарындыларының 87 %-ға жуығы көмір, табиғи газ және мұнай сияқты отынның (отынды жағудан шыққан көміртегі газдарының шығарындыларының 43 %-ы көмірмен, ал 36 %-ы мұнаймен және 20 %-ы табиғи газбен байланысты) жағылуынан бөлінеді. CO₂ жоғары шығарындылары егжеттегжейлі зерттеу жұмыстары және атмосфераға тараған жоғары CO₂ шығарындыларын жою үшін тиімді тазалау әдістері қарастырылды. CO₂ фиксациялау әдістерін бес санатқа бөлуге болады, атап айтқанда: химиялық, физикалық, биологиялық, физика-химиялық және комбинациялық тәсілдер. Дымқыл скрубберлер, белсенді көміртегі адсорбциясы, тербелу жолдары және фотобиореактор CO₂ өндөудің барлық әдістерінің арасында ең тиімді болып табылады [1].

1.1.1 Микробалдырларды өсіру арқылы тұтін газдарынан CO₂, NOx, SOx жою

Тұтін газы жану процесінде бөлінетін газға жатады және құрамында CO₂, NOx, SOx және басқа да ықтимал қауіпті қосылыштар бар. CO₂ шығарындыларына және қоршаған ортаның ластануына аландаушылықтың өсуіне байланысты тұтін газдарын тазалау процесінен үлкен көңіл бөлінеді. Микросинтез арқылы тұтін газдарын тазалау үшін микробалдырларды пайдалану тұтін газдарына CO₂ әсерін жұмсарудың перспективалық процесі болып саналады. Алайда тұтін газындағы түрлі қоспалар микробалдырлардың өсуін тежей алады, ал бұл микробалдырлардың жалпы CO₂ бекіту жылдамдығының төмендеуіне әкеледі. Өсіді ингибитрлеуші ретінде ауа құрамындағы SOx болып табылады. Ол ортаның pH көрсеткішін төмендетеді. Соңықтан микробалдырлардың қсуіне қолайыс жағдай туындайды. Бұл мәселені шешу үшін орта pH көрсеткішін тұрақтандырып отырды. Ол үшін коректік ортада сұйытылған NOx азот көзі ретінде культураның өсуіне жағдай жасады. CO₂ фиксациялай отырып, NOx пен SOx қоректік зат ретінде пайдаланатын микробалдырлар биомассасы биожанармай және биологиялық негізде химиялық заттар өндіру үшін онтайлы шикізат болады. Сонымен қоса оларды тұтін газы құрамындағы ауыл металлдарды жою үшін пайдалануға болады. Қорыта айтқанда, тұтін газдарынан CO₂, SOx және NOx бір мезгілде

жою үшін микробалдырларды пайдалану экологиялық қауіпсіз процесс болып табылады және CO_2 қайта пайдалану үшін мінсіз платформа болып табылады [2].

Мысалы, Қытай ғалымдары зерттеулерінде осы мақсаттағы *Spirulina sp.* өндірісі сипатталады [3].

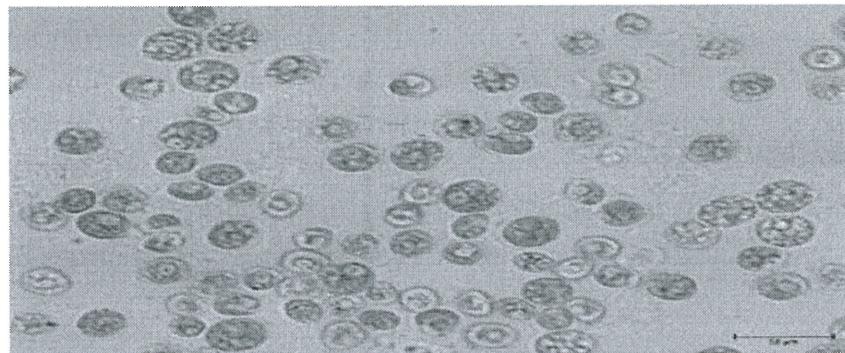
Биологиялық процестер ластанумен күресу және жаңа өнімдер өндіру үшін балама болып табылады. Микробтық метаболизм экологиялық зиянды өнімдерден аз шығарып, поллютанттарды жоюға тырысады. Сондықтан, микробалдырды қолдану ағынды суларды тазарту, улы металдардың биоремедиациясы, көміртегі диоксидін (CO_2) жою, биофиксация, биоотын, биополимерлер және нано-ташшықтар өндірісі үшін зерттелді. Микробалдырлар биомассасының өнімділігін арттыру және өндірістік шығындарды төмендету үшін өсірудің әртүрлі жағдайлары зерттелді. Жартылай үздіксіз культивирлеу сериялық және үздіксіз культивирлеу процестерімен салыстырғанда бірқатар артықшылықтарға ие. Жартылай үздіксіз процестер микробалдырлардың қоректік ортасының бір бөлігін жаңа қоректік ортамен (өсіру) мезгіл-мезгіл ауыстыруды болжайды. Мұндай өсіру әдістерін микроорганизмдер өсуінің жоғары қарқының сақтай отырып, биомассаны кең ауқымды өндіру үшін пайдалануға болады. Сол инокулюмді ұзак мерзімге пайдалануға болады, ол өмір сүрге тиісті тұрып қалу уақытын болдырмайды, қалыптасқан биомассаны тазалап, фотобиореакторды тазалап, процесті бастауға болады. Бұл процестің тағы бір артықшылығы - қоректену мен кинетикалық параметрлерді бақылау онтайлылығы [4].

Соңғы жылдары жылу электр станцияларынан, автомобильдерден шығарындылар салдарынан ауаның ластануы әлемнің кез келген елінде маңызды проблема болып отыр. Шығарындылар әдетте адам ағзасында улы газдардың компоненттері бар, мысалы, күкірт диоксиді (SO_2), азот оксиді (NO) және көміртек тотығы (CO). Атап айтқанда, азот оксиді адам ағзасына өте улы және мұрын қуысына, тамаққа, кеңірдекке, бронхиолға, альвеолға және қан тамырларына нашар әсер етеді. Сонымен қатар, азот оксидінің газы ауа райы жағдайында фотохимиялық тұтікті индукциялайды [5]. Азот газ тәрізді оксиді салыстырмалы түрде үлкен үлес салмағына ие болғандықтан, жерасты сауда орталығында немесе метро станциясында ауаның ластануы аса маңызды деп айтады. Негізгі мақсат-көміртегі диоксиді (CO_2), азот оксиді (NO_x) немесе ластанған ауадан күкірт оксиді (SO_x) қалпына келтіруге және оттегі өндіруге қабілетті балдырларды пайдалана отырып, ластанған ауаны тазарту жүйесін құру болып табылады. Яғни, бұл жүйе балдырларды қоса алғанда, сұйық дақыл толтырылған дақыл, ластанған ауаны дақыл сұйықтығына көмірқышқыл газын және азот тотығын және/немесе дақыл сұйықтығындағы күкірт тотығын ерітуге мәжбүр ету үшін ауа беру блогын, және дақыл сұйықтығына жарық сәуле шығару үшін жарықтандыру блогын қамтиды [6]. Көмірқышқыл газының қатысымен дақылдық сұйықтыққа жарық түсіре отырып, балдырлардың фотосинтезі көмірқышқыл газының оттегіге айналуына ықпал етеді. Сонымен қатар, балдырлар оттегі бай тазартылған ауаны алу үшін фотосинтез кезінде қоректік зат ретінде азот оксиді немесе күкірт оксиді пайдаланылады [7]. Осы

жүйеде жарықтандыру блогын пайдалану арқылы күні бойы ауаны тазарту қызметін үздіксіз орындауға болады. Әсіресе, спирулинді балдырлар ретінде қолданған жөн. Сондай-ақ, жүйе 300 рт немесе одан да көп дақылдық сұйықтықтан белгіленген өлшемге ие балдырларды жоюға арналған блокты қамтиды. Балдырлар дақылдық сұйықтықта өсе бастағанына қарай, дақылдық сұйықтықтың ашық өткізгіштігі нашар болады [8]. Нәтижесінде өсірілген балдырлар балдырлардың фотосинтезіне кедергі келтіруі мүмкін. Сондықтан, балдыр өсірілген өсіндіні мезгіл-мезгіл шығарып алу керек. Спирулинді балдырлар ретінде пайдаланған жағдайда, өсірілген спирулинге, дақылдық сұйықтықтан жиналған, тамақ немесе жем ретінде пайдалануға болады [8-9].

1.2 Микробалдырына сипаттама

Chlorella vulgaris диаметрі 2-10 мкм сфералық микроскопиялық жасушаны және өсімдікке үқсас көптеген құрылымдық элементтері бар (1 Сурет).



1 Сурет – Жарық микроскобымен алынған *Chlorella vulgaris* (100x үлкейту, масштабтық сызығыш: 10 мкм)

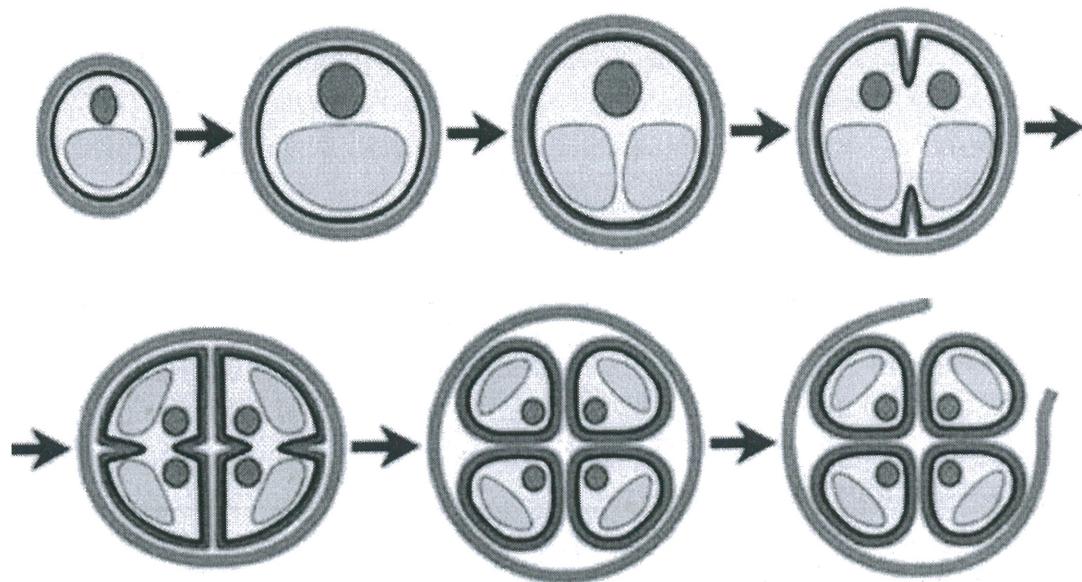
Жасушалық қабырғаның қаттылығы жасушаның тұтастығын сақтайды және іс жүзінде зақымдану мен қатты қоршаған ортаға қарсы қорғаныс болып табылады [10]. Ол өсу фазасына байланысты өзгереді. Өзінің аутоспорангиясында ерте пайда болған кездे, жаңадан құрылған жасушалық қабырға 2 нанометр жұқа электрондық-тығыз бір ламинар қабатын қалыптастыра отырып, сынғыш болады [10-11]. Еншілес клетканың жасушалық қабырғалары біртіндеп пісіп болғаннан кейін 17-21 нанометр қалындықта артады, онда микроталшықтар қабаты пайда болады, онда хитозан-глюкозамин тұратын қабат ретінде, оның қаттылығын құрайды. Ересек кезеңде жасушалық қабырғаның қалындығы мен құрамы тұрақты болып табылмайды, өйткені олар өсуі мен қоршаған ортандың жағдайларына байланысты өзгеруі мүмкін [12].

Балдыр цитоплазмасы жасушалық мембрана барьерінің ішінде орналасқан және судан, еритін акуыздар мен минералдардан тұратын гель тәрізді зат. Митохондрия, шағын ядро, вакуоль, бір хлоропласт және Гольджи денесінен тұрады [13].

Әрбір митохондрияда кейбір генетикалық материалдар, тыныс алу аппараты бар және екі қабатты мембранасы бар; сыртқы мембрана барлық ағзаны қоршап, белоктар мен фосфолипидтердің тең арақатынасынан тұрады. Дегенмен, ішкі мембрана фосфолипидтерге қарағанда ақуыздардың үш есе көп санынан тұрады; ол митохондриалыды ақуыздардың көвшілігін қамтитын матрица деп аталатын ішкі кеңістікті қоршайды [13-14].

C. vulgaris құрамында фосфолипидтердің мембранасымен екі есе қамтитын жеке хлоропласт бар; метаболиттер мен иондарға өтетін сыртқы мембрана, бірақ ішкі мембрана протеиндердің өтуінде ерекше функцияға ие. Амилоздар мен амилопектин құралған крахмал дәндерін хлоропласт ішінде, әсіресе қолайсыз өсу жағдайында қалыптастыруға болады. Пиреноид құрамында рибулозо-1,5-бисфосфаткарбоксилазаның (рубиско) жоғары деңгейлері бар және көмірқышқыл газын бекіту орталығы болып табылады. Хлоропласт сондай-ақ тилакоид қорытылған тобын сақтайды, онда лютеин сияқты басқа пигменттердің түсін жасырып, доминантты хлорофилл пигменті синтезделген. Азот стрессі кезінде липид глобулалары негізінен цитоплазма мен хлоропластарда шоғырланады [15].

Chlorella vulgaris жасушалары қозғалмайтын репродуктивті клеткалар. Олардың көбеюі жыныссыз жолмен және тез бөліну арқылы жүреді. Осылайша, 24 сағат ішінде оптимальды жағдайларда өскен бір жасушасы балдырларда ең көп таралған жыныссыз көбею болып табылатын аутоспоруляция арқылы көбейеді. Осылайша, өзінің жасушалық қабырғасы бар төрт еншілес жасушалар аналық жасушаның жасушалық қабырғасының ішінде пайда болады. Осы жаңадан пайда болған жасушалар жетілгенен кейін аналық жасушаның еншілес жасушалары мен аналық жасушаның қалған сыйықтарын босатуға мүмкіндік беретін аналық жасушаның үзілуі жаңадан құрылған еншілес жасушалардың жем ретінде тұтынылатын болады (2 Сурет) [16].



2 Сурет – *Chlorella vulgaris* микробалдырының автоспоруляция үрдісі

Chlamydomonas sp. — жасыл балдырлардың бір өкілі, ол тоқтау суларда тіршілік етеді. Хламидомонаданың жасуша қабықшасы жасуныңтан (целлюлозадан) тұрады. Жасушасында цитоплазмасы, ядроны, терен астау тәрізді жасыл түс беріп тұратын хроматофоры бар. Жақсы жетілген екі талшығы, алдыңғы жағында жиырылғыш вакуолі және қызыл көзшесі болады [17].

Балдырлар судағы минералды тұздар мен көмірқышқыл газын бүкіл денесімен сіңіреді. Ол күн сәулесі арқылы ағзалық зат түзіп, қоректенеді. Сонымен бірге оттегі газын бөліп шығарады. Оттегімен тыныс алады [17-18].

Жыныссыз және жынысты жолдармен көбиеді. Жыныссыз көбейгенде хламидомонаданың жасушасы 2-ге, 4-ке, 16-ға, 32-ге бөлініп, әрқайсысы сонша есе кішірейген хламидомонадаға айналады. Оларды зооспоралар деп атайды. Зооспоралары аналық жасушадан бөлініп, әрқайсысы кәдімгі балдырға айналады. Жынысты көбею кезінде де жасушадағы цитоплазма бірнешеге бөлінеді. Әрқайсынан зооспоралардан кішірек жыныс жасушалары — гаметалар пайда болады. Олар талшықтарының көмегімен қозғалып жүріп, екі-екіден қосылышп, зигота түзеді. Зиготаның сырты қалың қабықпен қапталып, бұйығу кезеңінен өтіп барып, қайтадан зооспоралар түзіп көбейеді [19].

Chlorella sorokiniana 1953 жылы Сорокинмен оқшауланған бірінші түр болып табылады және бастапқыда термотolerантты мутант *Chlorella pyrenoidosa* деп қарастырады. Бұл таксономикалық сәйкестендіру 80-ші жылдардың аяғында және 90-шы жылдардың басында өзгерді. Хлоропласт 16S рДНК және 18S рРНК жеке түрдегі *Chlorella sorokiniana* профилі болған кезде. Бұл кішігірім - көміртегі мен азоттың түрлі көздерінен аралас өсуге қабілетті шағын (2-4,5 мкм диаметрі) тығыз, бір клеткалық балдырлар. Алдыңғы нәтижелер онтайлы өсу 35-40 °C температурасында қол жеткізуге болатындығын хабарлайды; тек 4-6 сағаттың фототрофикалық еселеу уақытымен. Миксотрофиялық және тіпті гетеротрофикалық жағдайда өсу жылдамдығы, қант сияқты артықшылығы бар глюкоза немесе ацетат сияқты қарапайым органикалық қышқылдар сияқты жылдам өсетіні байқалды [20].

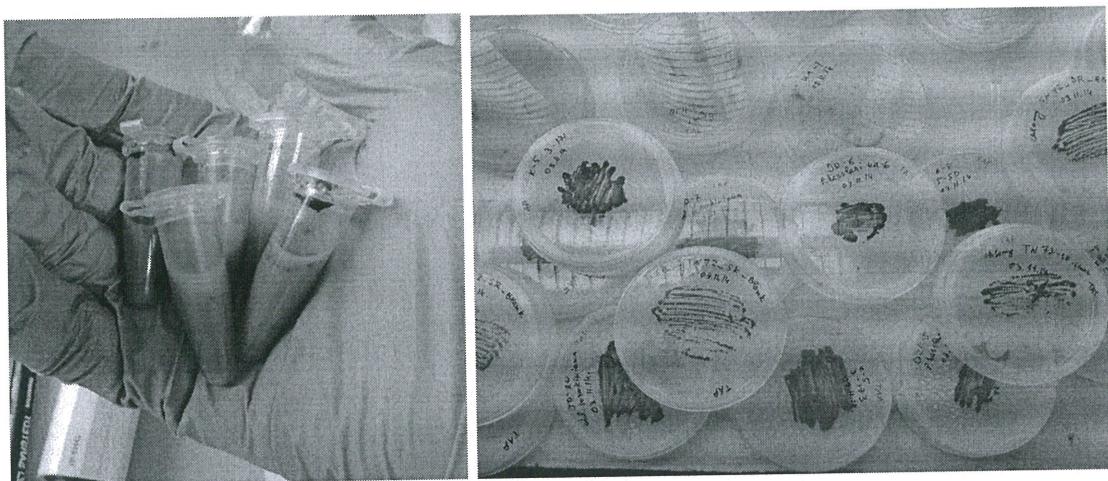
Бұл түрі өнеркәсіптік әлеуетке ие кеңінен танымал және ауа немесе сұйық араластыруға арналған фотобиореакторларда масштабтау үшін жеткілікті тұрақты болып көрінеді. Бұрынғы жұмыс сонымен қатар, *C. sorokiniana* басқа балдырларға қолайсыз болған жағдайда ағынды суларда өсетінін көрсетті; оның ішінде тұтін газынан көміртегі диоксидінің қосылуы және жоғары температураларда өсуі. Мұндай жағдайда өнімділік 0.25-35 г/л·д ауқымында болады, азот пен ортофосфаттың деңгейі тиісінше 90 % және 70 % төмендейді деп күтілуде. *C. sorokiniana* құрғақ массасын талдау бұл түрдің орташа 40 % ақуыз, 30-38 % көмірсу және 18-22 % липидтерден тұрады [21]. Алдыңғы зерттеулер *Chlorella sorokiniana* биомассасы тауардың жаппай өндірілуіне, атап айтқанда, биоотынға арналған липидтердің кең ауқымды өндірісіне қолайлы болуы мүмкін екенін көрсетті. Коммерциялық қызығушылықтың кейбір басқа да қосылыштары құрамында экстремалды жағдайда құрғақ салмақтың 0,69 % құрайтын каротеноидтар сияқты антиоксиданттар бар [22]. Бұдан басқа,

зерттеулер *Chlorella sorokiniana* генетикалық трансформациясы мүмкін екенін көрсетті, бұл көптеген трансгенді өнімдерді білдіру жолын ашады. Осы мақалада ұсынылған нәтижелер, *Chlorella sorokiniana* UTEX 1230 үшін зертханалық шкала бойынша параметрлік кеңістіктің толық тәжірибелік зерттеуін қамтамасыз етеді. Зерттеу әдеби құндылықтармен сәйкестендіріліп, одан әрі кеңейтуге мүмкіндік береді [22].

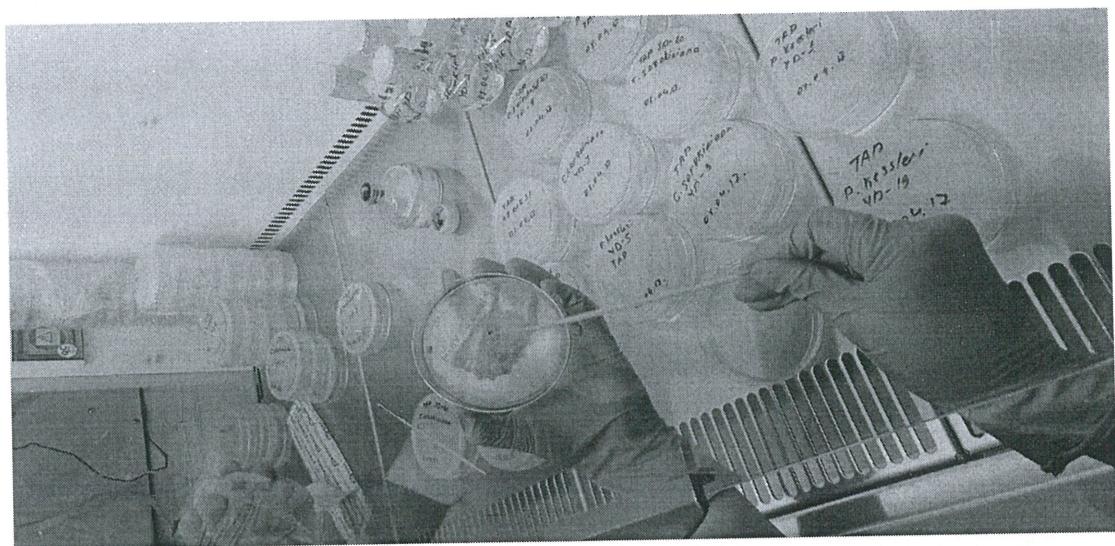
2 Материалдар мен әдістер

2.1 Микробалдыр сынамаларын жинау және культураны қалыпта ұстаяу

Бұл жұмыста қолданылған *Chlorella sorokiniana*, *Chlamydomonas sp.* және *Chlorella sp.* штаммдары Алматы қаласында орналасақан М.А.Айтхожин атындағы молекулалық биология және биохимия институтында сақталған, альголог Ефремова Ю.М. жеке топтамасынан алынған. Бұл жерде культурасы агарлы қатты ортада және сұйық ортада да сақталған (3 Сурет).

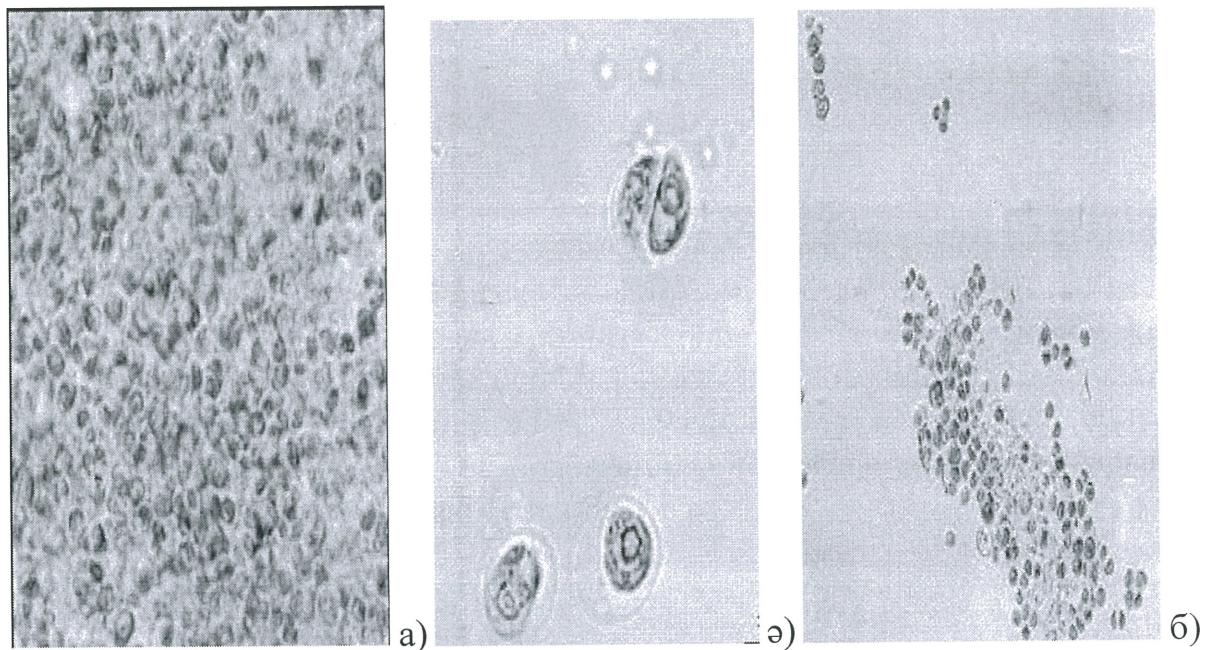


3 Сурет – Агарлы және сұйық орталарда сақталған *Chlorella sorokiniana*, *Chlamydomonas sp.* және *Chlorella sp.*



4 Сурет – Агарлы ортадағы *Chlorella vulgaris* штаммының жаңа агарлы ортаға тасымалдануы

Агарды ортадағы культура әр ай сайын жаңа ортаға тасымалдануы жүзеге асырылды. Ол үшін Петри табақшасында өсіп турған колониялар арасынан бір колония тандалып алынады. Содан кейін ол колонияны мөлшері 150 мл және ішінде 50 мл ТАР қоректік оратсы бар Эрленмейер колбасына ауыстырылады. Бастапқы дақыл ретінде өсуі үшін 21 °C температурада және жарықтандыру қарқындылығы 40 мкмоль· $m^{-2} \cdot s^{-1}$ болатын ұздіксіз флуоресцентті жарықта минутына 120 айналым режимінде өсірілді.



a) *Chlorella sorokiniana*; e) *Chlamydomonas sp.*; б) *Chlorella sp.*

5 Сурет – Жарық микроскопы арқылы алынған микробалдырлар (100x үлкейту):

2.2 *Chlorella sorokiniana*, *Chlamydomonas sp.* және *Chlorella sp.* дақылдарын егу және өсіру

Бастапқыда топтамалық культура белсенділігін жаңғырту үшін қайта отырғызу кезінде ТАР қоректікортасы қолданылған еді. Ал дақылын *Chlorella sorokiniana*, *Chlamydomonas sp.* және *Chlorella sp.* штаммдарын өсіру үшін HSM қоректік ортасы қолданылды. Құрамы төмендегі 2-кестеде көрсетілген.

Chlorella sorokiniana, *Chlamydomonas sp.* және *Chlorella sp.* дақылдары құрамында 10 мл инакуляты және 90 мл HSM орта бар 200 мл Эрленмейер шыны колбасында инокуляцияланды. Өсіру 21°C pH 6,8+0,2 көрсеткіштері кезінде жүргізілді. Жарық қарқындылығы 40 мкМ $m^{-2} \cdot s^{-1}$ көрсеткішінде және 24:0 жарық:қараңғы циклінде шейкерде 5 күн бойы өсірілді. 5-ші тәуліктегі 40 мл дақыл стерилденген 500 мл Эрленмейер колбасына ауыстырылып,

микробалдырлардың өсуін 14 күн бойы бақылауға арналған 360 мл ортадан тұратын үздіксіз аэрация қалыптастырылды (6 Сурет).



6 Сурет – Колбаларға көшірілген *Chlorella sorokiniana*, *Chlamydomonas sp.* және *Chlorella sp.* штаммдары

2.3 Өсіруге арналған қоректік орта

Chlorella sorokiniana, *Chlamydomonas sp.* және *Chlorella sp.* штаммдары жасушаларының өсуіне қоректік орта құрамының түрлі әсері зерделенді. Микробалдырларды оңтайлы өсіру үшін микро және макроэлементтердің жеткілікті саны қажет. Өсу ортасының құрамы түрден түрге түрленеді. Микроскопиялық штаммдарды вегетативтік өсіру оның баяу өсу қарқынына және ластануға сезімталдығына байланысты күрделі міндеп болып табылады (Sipaúba-Таварес және соавт. 2015). Вегетативтік кезең үшін өсудің оңтайлы жағдайларын қолдау үшін *Chlorella sorokiniana*, *Chlamydomonas sp.* және *Chlorella sp.* штаммдары өсіру үшін бірнеше қоректік орталарды құруға әрекет жасалды. Соңғы уақытта ең жиі қолданылатын орта ВВМ, НСМ, ТАР және олардың модификациялары (Shah et al., 2016). Азот (N) және көміртек (C) қорлары микробалдырлар жасушаларының өсуі үшін қажет. Нитрат және аммоний азоттың оңтайлы органикалық емес көздері болады деп есептеледі. Көміртегі көздері қоректік ортада ерітілген жән аэрация немесе газды бүркү жүйесі арқылы ұсынылатын (Pires et al. 2017.). Ацетат сондай-ақ балдырлардың өсуін арттыратын тиісті көміртегінің көзі ретінде ұсынылған. Микробалдырлар биомассаның ең жоғары өндірісіне қол жеткізу және липидтердің мөлшерін арттыру үшін аяу жеткізу жүйесінен CO₂-ні 40 % - ға дейін ұстай алады.

Тандалынған микробалдырлар күltурасын культивирлеу үшін микробалдырларға арналған қоректік орта – Tris-Acetate Phosphate (ТАР) ортасы қолданылды. Оның құрамы 1-кестеде көрсетілген. Сонымен қоса, HSM қоректік ортасы да қарастылды. Оның құрамы 2-кестеде көрсетліген.

1 Кесте – 1 л дайындауға арналған ТАР қоректік ортасының құрамы

Дистилденген H_2O	975 мл
Tris	2.42 г
Бейерник 4x тұздары	25 мл
1M (K)PO ₄ pH=7	1 мл
Микроэлементтер ерітіндісі	1 мл
Сірке қышқылы	1 мл pH=7-ге дейін

Бейерник 4x тұздары ерітіндісін дайындау үшін 1 литр ddH₂O-да еріту қажет:

- 16 г NH₄Cl;
- 2 г CaCl₂;
- 4 г MgSO₄.

Микроэлементтер ерітіндісін жасау үшін:

1) 550 мл ddH₂O-да төменде көрсетілген тұздарды ерітіп, 100⁰C қыздыру қажет:

- 11.4 г H₃BO₄;
- 22 г ZnSO₄ · 7H₂O;
- 5.06 г MnCl₂ · 4H₂O;
- 4.99 г FeSO₄ · 7H₂O;
- 1.61 г CoCl₂ · 6H₂O;
- 1.57 г CuSO₄ · 4H₂O;
- 1.1 г (NH₄)₆Mo₇O₂₄ · 4H₂O.

2) 250 мл ddH₂O-да 50 г ЭДТА натрий тұзын қыздыра отырып, ертіу қажет.

Үстіне жоғарыда көрсетілген құраммен жасалған ертіндіні құямыз. 80-90⁰C дейін суытып, pH 6.5-6.8 келтіреміз.

3) Көлемін 1 литрге жеткізіп, бөлме температурасында ертіндінің түсі қою жасылдан ашық күлгін түске өзгергенше 2 апта бойы инкубациялаймыз.

4) 3 қабат фильтр қағазымен ертінді түссізденгенше фильтрлеу қажет.

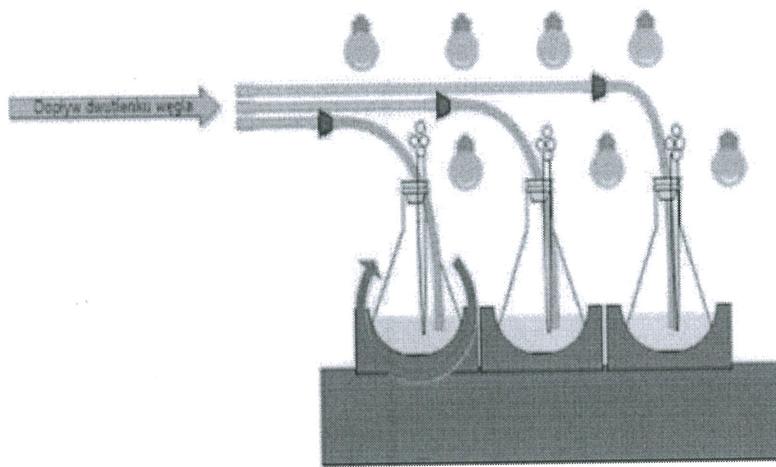
2 Кесте – 1 л дайындауға арналған HSM қоректік ортасының құрамы

H_2O	925 мл
Бейеринктың 4x тұздары:	
<ul style="list-style-type: none"> - 16 г NH₄Cl; - 2 г CaCl₂; - 4 г MgSO₄. (1 л дистилденген суда ерітілген)	25 мл

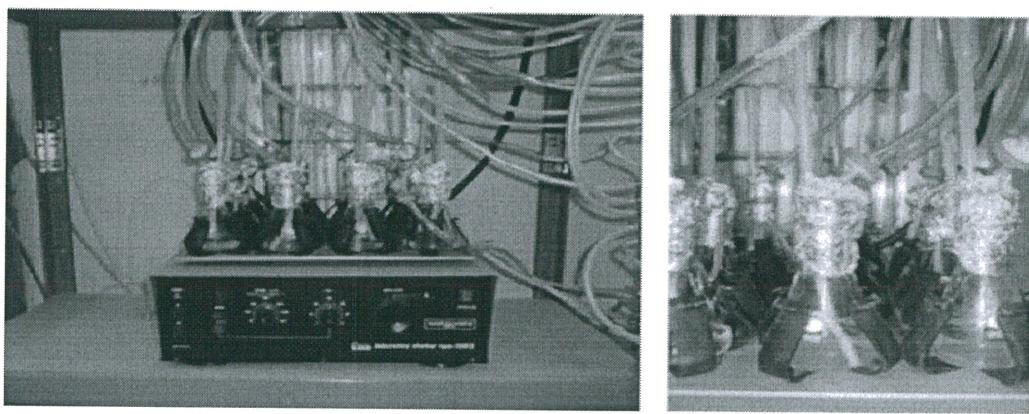
Микроэлементтер ертіндісі:	
- 11.4 г H_3BO_4 ;	
- 22 г $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$;	1 мл
- 5.06 г $MnCl_2 \cdot 4H_2O$;	
- 4.99 г $FeSO_4 \cdot 7H_2O$	
- 1.61 г $CoCl_2 \cdot 6H_2O$;	
- 1.57 г $CuSO_4 \cdot 4H_2O$;	
- 1.1 г $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$.	
2x PO_4 :	
- 14.34 г K_2PO_4 ;	
- 7.26 г KH_2PO_4 .	50 мл
(1 л дистилденген суда ертіліген)	
Конц. KOH	pH 6.9 келтірілгенше

2.4 Дақылдау кезінде қолданылған тәсілдер

Chlorella sorokiniana, *Chlamydomonas* sp. және *Chlorella* sp. штаммдары микробалдырының ауа құрамындағы CO_2 жүту қабілетін анықтау үшін оны түрлі газ мөлшерінде өсірді. Микробалдырды өсіру үшін оларды 1 л шыны колбаларда натрий бикарбонаты жоқ 500 мл HSM ортада өсіру есебінен жүзеге асырылды. Культуралар төмен жарық қарқындылығы 60 мкмоль $m^{-2}s^{-1}$ көрсеткішіндегі жарықпен 24 сағат бойы 25 °C температурада және ағын жылдамдығы 0,25 г/л болатын 5 және 15 % CO_2 газымен үздіксіз аэрацияланып отырды. *Chlorella sorokiniana*, *Chlamydomonas* sp. және *Chlorella* sp. штаммдары микробалдырын өсіру жағдайларын онтайландыруды қамтамасыз ету үшін түрлі температуралық диапазонда (15-45 °C) және жарық қарқындылығымен (20-120 мкмоль $m^{-2}s^{-1}$) өсірілді.



a)



б)

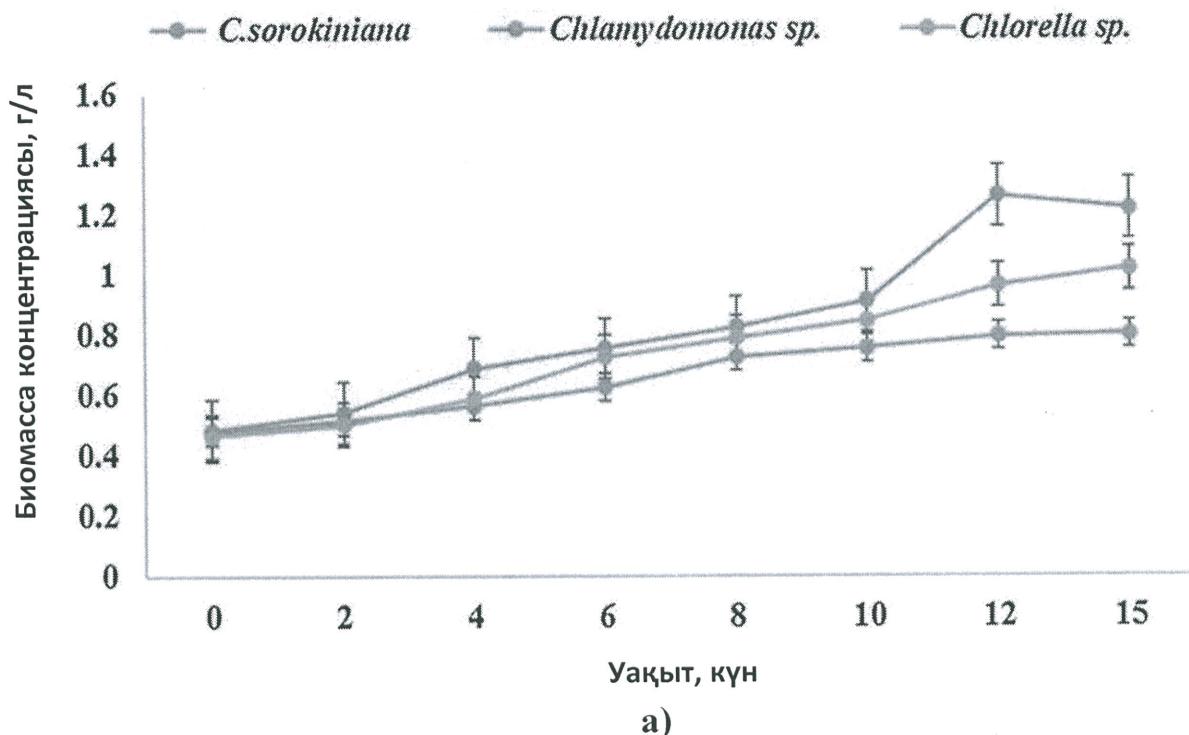
а) сывбасы; б) жүзеге асырылған қондырғысы

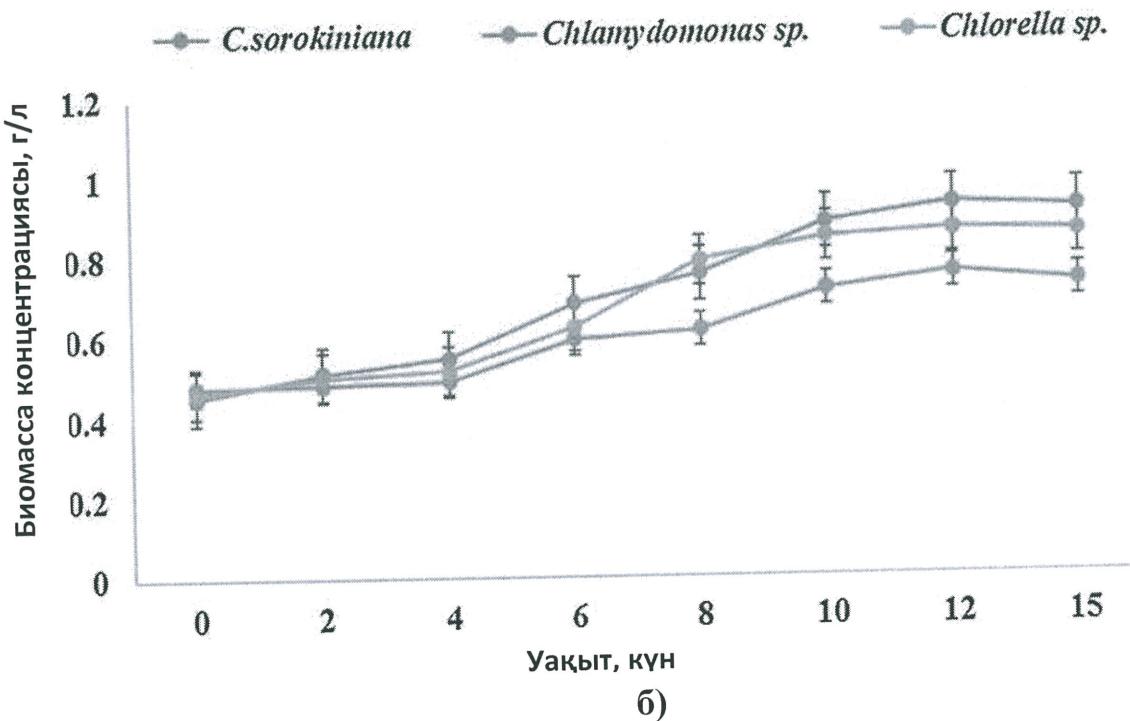
7 Сурет – Ағын жылдамдығы 0,25 г/л болатын 5 және 15% CO₂ газымен үздіксіз аэрациялау сывбасы

3 Зерттеу нәтижелері

3.1 Тандалынған микробалдырларды дақылдауға арналған жағдайларды тандау

Микробалдырлар өз метаболизміне, орта компоненттеріне және өсіру жағдайларына байланысты әртүрлі мөлшерде өсіп, қажетті заттарды жинақтауға қабілетті. Осы зерттеуде микроорганизмдердің үш штаммы, атап айтқанда *Chlorella sorokiniana*, *Chlamydomonas sp.* және *Chlorella sp.* 5 % және 15 % CO₂ берілетін фотоавтотрофты өсіру режимінде өсу қарқындылығы тексерілді. Себебі, ластанған ауа құрамындағы үлкен үлесті алатын CO₂ газы. Биомассаны өндіру және микроорганизмдердің үш штаммынан 5 және 15 % CO₂ қатысында өсу кезіндегі липидтердің жалпы құрамы да бақыланды. 5 % CO₂ болғанда микроорганизмдердің барлық штаммдары жақсы өсті және биомассаның соңғы концентрациясына 0,80-ден 1,22 г/л-ге дейінгі диапазонда жетті. Ең жоғары CO₂ фиксациялау жылдамдығын 0.183 ± 0.01 г/л*d *Chlorella sorokiniana* көрсетті. Дегенмен, *Chlorella sp.* соңғы күні 1,02 г/л биомассаның концентрациясына жеткен соң, CO₂ бекіту жылдамдығы қарағанда төмен болды. Бұл CO₂ бекіту жылдамдығы әртүрлі түрлердің арасында әр түрлі екенін дәлелдейді. CO₂ құрамы 15%-ға дейін үлгайған кезде, микроорганизмдер штамдары ұзақ уақыт кідіріс фазасын көрсетті. Логарифмдік фаза 4 күннен кейін байқалып, өсірудің 10 күніне дейін жалғасты. Өсүдің баяу жылдамдығы ортада бикарбонат-иондардың көп болуымен туындаған pH төмендеуінің тежеуші әсерімен байланысты болуы мүмкін





- а) ағын жылдамдығы 0,25 г/л болатын 5 % CO₂ газымен аэрацияланған орта;
- б) ағын жылдамдығы 0,25 г/л болатын 15 % CO₂ газымен аэрацияланған орта

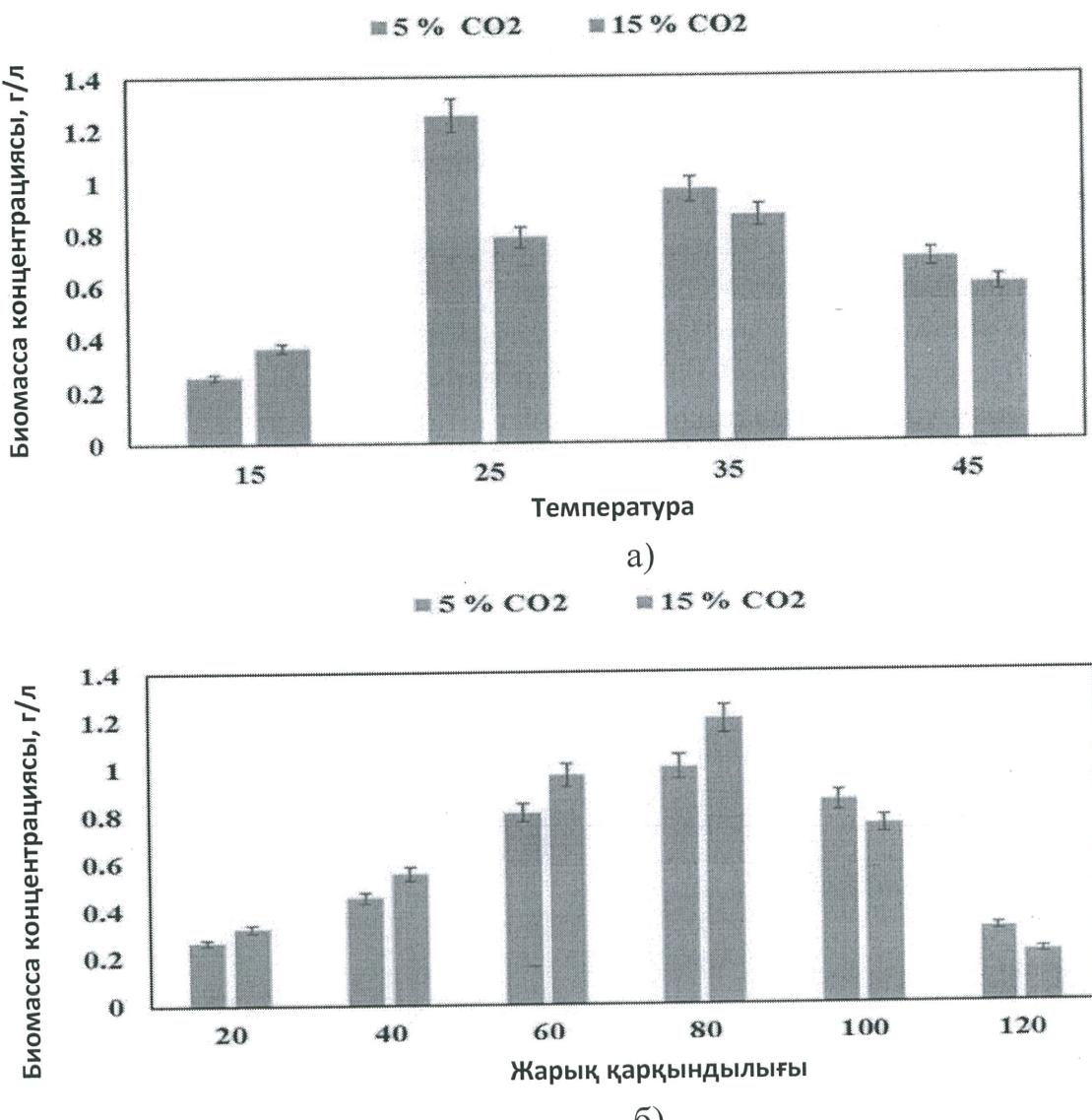
8 Сурет – Үш микробалдыр дақылдарының (*Chlorella sorokiniana*, *Chlamydomonas sp.* және *Chlorella sp.*) өсуі

CO₂ концентрациясы 5-тен 15 %-ға дейін ұлғайған кезде биомассаның концентрациясы және CO₂ бекіту жылдамдығы хлореллалар үшін 0,915 г/л және 0,176±0,003 г/лд дейін төмендеді. Ұқсас зерттеулерде *Nannochloropsis* түрі үшін және *Chlorella meulleri*, онда биомассаның концентрациясы және CO₂ бекіту жылдамдығы газ концентрациясы 10-нан 20 %-ға дейін ұлғайған кезде азайды. Газ концентрациясы 5-тен 15 %-ға дейін ұлғайған кезде CO₂ бекіту жылдамдығының аз өсуі *Chlamydomonas sp.* үшін байқалды. Бірақ ол *Chlorella sp.* үшін бақыланатын CO₂ бекіту жылдамдығына қарағанда әлдеқайда төмен болды (8 Сурет).

Сондықтан, осы зерттеуде қолданылған барлық үш штамның ішінде *Chlorella sp.* қосымша эксперименттер жүргізілді.

Таңдалған микробалдыр штаммдары 15-тен 45 °C температуралық диапазонда 5 және 15 % CO₂ концентрациясы өсірілді. *Chlorella sp* штамдары 5 және 15 % газ концентрациясы кезінде 25 және 35 °C температурада жақсы өсетіндігі анықталды. 15 °C температурасы *Chlorella sp* үшін қолайлыш болып

табылмады, себебі өте аз өсу байқалды. Сондықтан жобалау алаңы ретінде 20-дан 40 °C-қа дейінгі температуралық диапазон таңдалды. Өйткені, 12-15 % газы бар өнеркәсіптік газ газы күкіртсіздену үдерісінен кейін шамамен 40-45 °C температурада атмосфераға шығарылады, сондықтан микробалдырлар арқылы көмір қышқыл газының биофиксациясы сондай-ақ штаммдарды мұндай жоғары температураға төзімді штаммдар алу керек. Жеңіл қарқындылық ауқымын таңдау үшін *Chlorella sp* 20-ден 120 μ мольм-2с-1 аралығында жеңіл қарқындылық ауқымында 5 және 15 % газ концентрациясында өсірілді. 40-дан 100 мкмольм-2 с-1-ге дейінгі жарық интенсивтілігіне байланысты жақсы өсу байқалды. 1.2 г/л биомасса концентрациясы 80 μ molm-2 s-1 кезінде 24 сағат бойы 15 % CO₂ толық жарықтандыру кезінде қол жеткізілді (9 Сурет).



а) түрлі температуралық диапазонда; б) түрлі жарықтандыру қарқындылығында

9 Сурет – *Chlorella sp* дақылын жаңа параметрлер бойынша культивирлеу

Демек, бұл штамм үшін қанықтылықтың жарық қарқындылығы ретінде қарастырылуы мүмкін. Төменде жарықтың қарқындылығы микроағзалардың өсуіне кедергі келтіретін фактор болып табылады және осыдан жоғары жарық қарқындылығы пайда болады

120 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ -де алынған биомасса концентрациясының өте төмен деңгейімен расталуы мүмкін, фотосистемаларға және клеткаларға зиян келтіреді. Шамадан тыс жарықтың қарқындылығы шамадан тыс жүктелетін фотосистемаларды туғызады және оларды бұзады. 20ммоль $m^{-2}s^{-1}$ кезінде минималды өсім байқалды, жобалық алаң ретінде 40-100 $\mu\text{m}\text{ммоль}^{-2}\text{s}^{-1}$ диапазоны таңдалды.

3.2 Тазартушы қондырғының дизайнын құрастыру

Микробалдырлар қауымдастығынан алынған биомассасының (*Chlorella sorokiniana*, *Chlamydomonas* sp. және *Chlorella* sp.) көмірқышқылы газын фиксациялау қасиеті алдыңғы бөлімдерде зерделенді. Енді осы микробалдырлар дақылын қалай қолану мәселесі бар.

Жұмыстың мақсаты жабық бөлме мысалындағы ауа тазалау үрдісі болғандықтан, бөлме ішінде тұратын қондырғы дұрыс болады. Ол ашық жүйе болуы қажет. Себебі, ауамен қатынасы жоғары болады. Фотосинтез үшін көмірқышқыл газы еркін фиксацияланып отырады.

Нарықта ауаны тазалаушы, биофильрлер және т.б. заттардың үлгілері көп. Соларды салыстыра келе, бөлме жағдайында кішігірім су бұрқағы формасындағы ашық тазалау қондырғысы тандалынды. Оның төбесі ашық болуы қажет. Су циркуляцияланып, қайта құйылып отырады. Келесідей дизайнның шағын макеті жасалды (10 Сурет).





10 Сурет – Болашақ ауа тазалаушы қондырғының дизайны

Бұндай дизайнның таңдалу себебі, біріншіден, эстетикалық жағынан ұтымды, кез келген бөлме интерьеріне сәйкес келеді. Екіншіден, ашық тазалау жүйелерінің ішіндегі ең қарапайымы болып табылады. Себебі, қондырғының астынғы фасады ғана жабық күйде. Үшіншіден, ауамен қатынасу мүмкіндігі жоғары. Төртіншіден, экономикалық жағынан тиімді болып табылады. Себебі, су және қоректік заттардың жаңауры 6 ай сайын болып тұрады.

Қажетті концентрацияға жеткізілген микробалдырлар биомассасы су бұрқағына бір рет құйылады. Қосымша қоректік заттарды бар су циркуляцияланып, қайтадан құйылып отырады.

Құрамында балдыры бар су жасыл реңге ие болатындықтан, қондырғының беткі қабаты қатпарлы болып жасалады. Майды тесік ұяшықтарында микробалдыр жаушалары жинақталып, түбінде жасыл шөгінді түзеді. Нәтижесінде су лайлылығы назарға алынбайды.

ҚОРЫТЫНДЫ

1 Сәйкес жүргізілген жұмыстарға сүйене отырып, бұл жұмыс үшін микробалдырлардың 3 түрі таңдалынып алынды. Олар *Chlorophyta* қатарына жататын бір клеткалы фототрофты *Chlorella sorokiniana*, *Chlamydomonas sp.* және *Chlorella sp.* микробалдыралы.

2 *Chlorella sorokiniana*, *Chlamydomonas sp.* және *Chlorella sp.* дақылдары құрамында 10 мл инакуляты және 90 мл HSM орта бар 200 мл Эрленмейер шыны колбасында инокуляцияланды. Өсіру 21° С рН 6,8+0,2 көрсеткіштері кезінде жүргізілді. Жарық қарқындылығы 40 мкМ $m^{-2}s^{-1}$ көрсеткішінде және 24:0 жарық:қараңғы циклінде шейкерде 5 күн бойы өсірілді. 5-ші тәулікте 40 мл дақыл стерилденген 500 мл Эрленмейер колбасына ауыстырылып, микробалдырлардың өсуін 14 күн бойы бақылауға арналған 360 мл ортадан тұратын үздіксіз аэрация қалыптастырылды.

3 Тазалаушы қондырғы ретінде ашық жасанды су бүрқағы таңдалды. Себебі, беті ашық қондырғының ауамен қатынасуы жоғары. Тауарлық формасы сұранысқа ие болатындай жасалған. Экономикалық жағынан тиімді себебі, су және қоректік заттарды бір ақ рет құяды. Нәтижесінде, су микробалдыр өсуі нәтижесінде жасыл түске боялады. Осындай түсте 5-6 айға дейін бастапқы құйылған суда өседі.

ПАЙДАЛАНЫЛГАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Goli A., Shamiri A., Talaiekhozani A., Eshtiaghi N., Aghamohammadi N., Aroua M.K. An overview of biological processes and their potential for CO₂ capture. *Journal of Environmental Management*, 2016
- 2 Yen, H. W., Ho, S. H., Chen, C. Y., & Chang, J. S. CO₂, NOx and SOx removal from flue gas via microalgae cultivation: A critical review. *Biotechnology journal*, 2015
- 3 Nyabuto, D. K., Kewei, C. A. O., Mariga, A. M., Kibue, G. W., Meilin, H. E. Growth performance and biochemical analysis of the genus Spirulina under different physical and chemical environmental factors. *African Journal of Agricultural Research*, 2015
- 4 Chisti, Y. Biodiesel from microalgae, *Biotechnology Advances*, 2007
- 5 Cho, S.; Luong, T. T.; Lee, D; Oh, Y.; Lee, T. 2011. Reuse of effluent water from a municipal wastewater treatment plant in microalgae cultivation for biofuel production, 2007
- 6 Chu, W. L.; See, Y. C.; Phang, S. M. Use of immobilised Chlorella vulgaris for the removal of colour from textile dyes, 2009
- 7 X Dubois, M.; Gilles, K. A.; Hamilton, J. K.; Rebers, P. A.; Smith, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances, 1956
- 8 Fukami, K.; Nishijima, T.; Ishida, Y. Stimulative and inhibitory effects of bacteria on the growth of microalgae, 1997
- 9 Georgianna, D. R.; Mayfield, S. P. Exploiting diversity and synthetic biology for the production of algal biofuels, 2012
- 10 Godos, E.; Blanco, S.; Garcia-Encina, P. A.; Becares, E.; Munoz, R. Longterm operation of high rate algal ponds for the bioremediation of piggery wastewaters at high loading rates, 2009
- 11 Gonzalez-Lopez, C.V.; Ceron-Garcia, M. C.; Acien-Fernandez, F. G.; Segovia-Bustos, C.; Chisti, Y.; Fernandez-Sevilla, J. M. Protein measurements of microalgal and cyanobacterial biomass, 2010
- 12 Hameed, M. S. A.; Ebrahim, O. H. Biotechnological potential uses of immobilized algae, *International Journal of Agriculture and Biology*, 2007
- 13 Hill, J.; Nelson, E.; Tilman, D.; Polasky, Tiffany, D. Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels, *Proceedings of the Nation Academy of Science of the United States of America* 103(30): 11210–11210. <https://doi.org/10.1073/pnas.0604600103>, 2006
- 14 Mills, N. L., Donaldson, K., Hadoke, P. W., Boon, N. A., MacNee, W., Cassee, F. R., ... & Newby, D. E. Adverse cardiovascular effects of air pollution. *Nature clinical practice Cardiovascular medicine*, 2009
- 15 Moreira, J. B., Costa, J. A. V., & de Morais, M. G. Evaluation of different modes of operation for the production of Spirulina sp. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 2016

- 16 Nyabuto, D. K., Kewei, C. A. O., Mariga, A. M., Kibue, G. W., Meilin, H. E., & Changhai, W. A. N. G. Growth performance and biochemical analysis of the genus *Spirulina* under different physical and chemical environmental factors. African Journal of Agricultural Research, 2015
- 17 Pray, H. A., Schweickert, C. E., & Minnich, B. H. (1952). Solubility of hydrogen, oxygen, nitrogen, and helium in water at elevated temperatures. Industrial & Engineering Chemistry, 44(5), 1146-1151.
- 18 Ra, S., & Rajendranb, S. Growth measurement technique of microalgae.
- 19 Sumardiono, S., Budiyono, I. S., & Sasongko, S. B. (2014). Utilization of biogas as carbon dioxide provider for *Spirulina platensis* culture. Current Research Journal of Biological Sciences, 6(1), 53-59.
- 20 Yen, H. W., Ho, S. H., Chen, C. Y., & Chang, J. S. (2015). CO₂, NO_x and SO_x removal from flue gas via microalgae cultivation: A critical review. Biotechnology journal, 10(6), 829-839.
- 21 Choi, J.; Lee, W.; Timmes, T. C.; Inamuddin, J. B. 2013. Simultaneous nutrient removal and lipid production from pretreated piggery wastewater by *Chlorella vulgaris* YSW-04, Applied Microbiology and Biotechnology, 2013
- 22 Krustok, I.; Truu, J.; Odlare, M.; Truu, M.; Ligi, T.; Tiirik, K.; Nehrenheim, E. Effect of lake water on algal biomass and microbial community structure in municipal wastewater-based lab-scale photobioreactors, Applied Microbiology and Biotechnology, 2015

Краткий отчет



Университет:	Satbayev University
Название:	Алматы қаласы ауа бассейнін микробалдырлар арқылы биологиялық тазарту
Автор:	Абаева Мадина Рахметуллақызы
Координатор:	Даурен Ботбаев
Дата отчета:	2019-05-06 05:12:55
Коэффициент подобия № 1: ?	8,8%
Коэффициент подобия № 2: ?	3,5%
Длина фразы для коэффициента подобия № 2: ?	25
Количество слов:	4 713
Число знаков:	35 375
Адреса пропущенные при проверке:	
Количество завершенных проверок: ?	20



К вашему сведению, некоторые слова в этом документе содержат буквы из других алфавитов. Возможно - это попытка скрыть позаимствованный текст. Документ был проверен путем замещения этих букв латинским эквивалентом. Пожалуйста, уделите особое внимание этим частям отчета. Они выделены соответственно.
Количество выделенных слов 8