

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сатбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Қ. Тұрысов атындағы геология және мұнай-газ институты

Химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасы

Ғайниқызы Гүлзира

Қатты тұрмыстық қалдықтарды компосттау кезінде биоремедиациялау  
процестерін математикалық жоспарлау және оңтайландыру

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

5B070100 – «Биотехнология» мамандығы

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сатбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Қ. Тұрысов атындағы геология және мұнай-газ институты

Химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасы



### ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Қатты тұрмыстық қалдықтарды компосттау кезінде биоремедиациялау процестерін математикалық жоспарлау және оңтайландыру»

5B070100 – «Биотехнология» мамандығы бойынша

Орындаған

Гайниқызы Г. Гайниқызы Г.

а/ш ғылымдарының канд.,  
доцент, қауымд. профессоры

Ғылыми жетекші

Джамалова Г.А. Джамалова Г.А.  
« 30 » 05 2022 ж.

Ғылыми консультант

техника және технология магистрі

Сериков Т.А. Сериков Т.А.  
« 30 » 05 2022 ж.

Пікір беруші

эль – Фараби атындағы ҚазҰУ  
ОЗТҚмПХжТ кафедрасының  
лекторы, хим. ғыл. канд.

Рахметуллаева Р.К. Рахметуллаева Р.К.  
« 30 » 05 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сатбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Қ. Тұрысов атындағы геология және мұнай-газ институты

Химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасы

5B070100 – «Биотехнология» мамандығы



**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Ғайниқызы Гүлзираға

Тақырыбы: Қатты тұрмыстық қалдықтарды компосттау кезінде биоремедиациялау процестерін математикалық жоспарлау және оңтайландыру  
*Университет ректорының 24.12.2021 ж. № 489-П/Ө бұйрығымен бекітілген.*

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «3» маусым 2022 ж.

Дипломдық жұмысқа арналған бастапқы деректер: негізінде математикалық жоспарлау және оңтайландыру бойынша есептеу зерттеулері жүргізілген эксперименттік жұмыстардың нәтижелері (сілтемелері әдебиеттер тізімінде көрсетілген); эксперименттік микробиологиялық зертханалық зерттеулердің нәтижелері

Дипломдық жұмыстың қысқаша мазмұны: Биотехнологиялық процесті математикалық жоспарлау және оңтайландыру әдісі қолданылды. Есептелген зерттеулердің сенімділігі микробиологиялық зерттеулермен бағаланды.

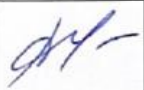

Графикалық материал тізімі: 10 слайд бойынша презентация дайындалды.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 88 атаудан ғылыми мақалалар, монографиялар, нормативтік құжаттар, оқулықтар және т.б.

Дипломдық жұмысты дайындау  
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылған мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімі	Ескерту
1 Әдеби шолу	15.03.2022	Орындалды
2 Материал және зерттеу әдістемесі	02.04.2022	Орындалды
3 Зерттеу нәтижелері, қорытынды	25.04.2022	Орындалды

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушыларының аяқталған жұмысқа қойылған қолтаңбалары


Бөлімдер атауы	Кеңесшілер аты, А.Ә.Т (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған кәтті	Қолтаңба
Дипломдық жұмыстың 1-3 бөлімдері	Г.А.Джамалова а/ш ғылымдарының канд., доцент, қауымд. профессор	30.05.2022	
Нормоконтролер	Г.А.Джамалова а/ш ғылымдарының канд., доцент, қауымд. профессор	30.05.2022	

Ғылыми жетекші

  
\_\_\_\_\_

а.ш.ғ. кандидаты, доцент,  
ассоц. профессор  
Джамалова Г.А

Тапсырманы орындауға  
қабылдаған білім алушы

  
\_\_\_\_\_

Ғайниқызы Г

Күні

« 30 » 05 \_\_\_\_\_ 2022 ж.

## АНДАТПА

Тақырыбы. Қатты тұрмыстық қалдықтарды компосттау кезінде биоремедиациялау процестерін математикалық жоспарлау және оңтайландыру.

Түйінді сөздер: қатты тұрмыстық қалдықтар, компосттау, биоремедиация, ауыр металдар.

Мақсаты. Қатты тұрмыстық қалдықтарды компосттау кезінде биоремедиациялау процестерін математикалық жоспарлау және оңтайландыру.

Міндеттері:

1 Алматы қаласында тұрмыстық қатты қалдықтар айналымының ерекшелігін зерттеу;

2 ҚТҚ компосттау кезінде зерттелетін факторлардың ауыр металдардың биоремедиациясына корреляциялық тәуелділігін анықтау;

3 Қатты тұрмыстық қалдықтарды компосттау кезінде ауыр металдардың биоремедиация пайызын арттыратын факторлар үшін оңтайлы көрсеткіштерді анықтау.

Зерттеу объектісі. Қатты тұрмыстық қалдықтар.

Алынған нәтижелер. Алматы қаласының қатты тұрмыстық қалдықтар айналымының ерекшеліктері зерттелді. Алматы қаласында ҚТҚ-мен жұмыс істеу процесі бес негізгі операциядан тұрады: жинау, тасымалдау, сұрыптау, қайта өңдеу, полигонда көму. Ауыр металдардың биоремедиациясы процесінде қарастырылатын факторлардың дұрыстығы анықталды. Тәжірибеде көрсетілген технологиялық параметрлер кезінде ҚТҚ-ның органикалық қалдықтарының компостталатын массасы бойынша биоремедиациялық көрсеткіштер рН 7.3-ке, ылғалдылығы 46 % және C/N 20/1-ге тең болған кезде барынша жоғары болады. Бұл жағдайда жылытылатын компост үшін жақсы биоремедиациялық көрсеткіштерге қол жеткізуге болады (61,34 – 64,38 %).

## АННОТАЦИЯ

Тема. Математическое планирование и оптимизация процессов биоремедиации твердых бытовых отходов при их компостировании.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, компостирование, биоремедиация, тяжелые металлы.

Цель. Математическое планирование и оптимизация процессов биоремедиации твердых бытовых отходов при их компостировании.

Задачи:

- 1 Изучить особенность обращения твердых бытовых отходов в г. Алматы;
- 2 Определить корреляционную зависимость исследуемых факторов на биоремедиацию тяжелых металлов при компостировании ТБО;
- 3 Определить оптимальные показатели для рассматриваемых факторов, которые повысят процент биоремедиации тяжелых металлов при компостировании ТБО.

Объект исследования. Твердые бытовые отходы.

Полученные результаты. Изучена особенность обращения твердых бытовых отходов в г. Алматы. Определено, что процесс обращения с ТБО в г Алматы складывается из пяти ключевых операций: сбор, транспортировка, сортировка, переработка, захоронение на полигоне ТБО. Определена достоверность рассматриваемых факторов на процесс биоремедиации тяжелых металлов. Биоремедиационные показатели по компостируемой массе органических отходов ТБО при заданных в опыте технологических параметров будут максимальны, когда рН будет равен 7.3, влажность 46 % и С/Н будет равен 20/1. В этом случае можно достичь хороших биоремедиационных показателей (61,34 – 64,38 %) для согреваемого компоста.

## ANNOTATION

Topic. Mathematical planning and optimization of bioremediation processes of solid household waste during their composting.

Keywords: solid household waste, composting, bioremediation, heavy metals.

Goal. Mathematical planning and optimization of bioremediation processes of solid household waste during their composting.

Tasks:

- 1 To study the particularity of the treatment of solid household waste in Almaty;
- 2 To determine the correlation dependence of the studied factors on the bioremediation of heavy metals during composting of solid waste;
- 3 Determine the optimal indicators for the factors under consideration that will increase the percentage of bioremediation of heavy metals when composting solid waste.

Object of research. Solid household waste.

Results obtained. Features of solid household waste turnover in Almaty were studied. The process of working with solid waste in Almaty consists of five main operations: collection, transportation, sorting, processing, disposal at the landfill. The validity of the factors considered in the process of bioremediation of heavy metals is established. At the technological parameters specified in the experiment, the bioremediation indicators for the compostable mass of organic solid waste are maximum when the pH is equal to 7.3, humidity is 46 % and C/N is 20/1. At the same time, good bioremediation indicators can be achieved for heated compost (61.34 – 64.38 %).

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Әдебиетке шолу	10
1.1 Қатты тұрмыстық қалдықтар: сипаттамасы және құрамы	10
1.2 Қатты тұрмыстық қалдықтардың құрамындағы органикалық қалдықтарды компосттау	11
1.3 Компост өндірісі кезінде компостталған субстраттың биоремедиация технологиясы	15
2 Ғылыми зерттеулердің объектісі, материалы және әдістемесі	19
2.1 Есептік зерттеулерде пайдаланылған формулалар	19
2.2 Микроорганизмдердің бөлінген штаммдарын тығыз қоректік ортада себу	20
3 Зерттеу нәтижелері	21
3.1 Факторлық кеңістіктің деңгейлері (жетілу кезеңі үшін)	22
3.2 Экспериментті жоспарлаудың үш факторлы матрицасы	23
3.3 Жеке функциялардың эксперименттік мәндерін есептеу	23
3.4 Зерттелетін функциялардың аппроксимациясы	24
Қорытынды	27
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	28



## КІРІСПЕ

*Өзектілігі.* Халық санының өсуі бүгінде урбанизацияланған аумақтардың ұлғаюымен және соның салдарынан қатты тұрмыстық қалдықтар өндірісінің артуымен қатар жүреді. Қазіргі деректерге сәйкес, күн сайын ҚР-да орташа есеппен 0,7-1,4 кг дейін ҚТҚ өндіреміз. Бұл ретте жылдан жылға бұл көрсеткіш орта есеппен 1,5-1,8 % - ға артады. Өз кезегінде, ҚТҚ өндірісінің ұлғаюынан, бір жағынан, қоршаған орта объектілеріне ҚТҚ-ның техногендік қысымымен байланысты проблемалар ұлғаюда, өйткені ыдырау процесінде табиғи сулар, топырақ және ауа бассейні ластануда, екінші жағынан, оларды кәдеге жаратуға байланысты қиындықтар артуда. Сондықтан шикізатты биоремедиациялауға және ҚТҚ биоремедиациялау және кәдеге жарату процестерін қарқындатуға және оңтайландыруға бағытталған зерттеулер бүгінгі күні өзекті.

*Мақсаты:* Қатты тұрмыстық қалдықтарды компосттау кезінде биоремедиациялау процестерін математикалық жоспарлау және оңтайландыру.

*Міндеттері:*

1 Алматы қаласында тұрмыстық қатты қалдықтар айналымының ерекшелігін зерттеу;

2 ҚТҚ компосттау кезінде зерттелетін факторлардың ауыр металдардың биоремедиациясына корреляциялық тәуелділігін анықтау;

3 Қатты тұрмыстық қалдықтарды компосттау кезінде ауыр металдардың биоремедиация пайызын арттыратын факторлар үшін оңтайлы көрсеткіштерді анықтау.

*Зерттеу объектісі.* Қатты тұрмыстық қалдықтар.

*Зерттеу нысаны.* Қатты тұрмыстық қалдықтарды компосттау кезінде биоремедиациялау процестерін жоспарлау және оңтайландыру үшін математикалық модельдеу әдісін қолдану.

*Ғылыми маңыздылығы.* Зерттеу нәтижелері оларды өңдеу кезінде техногендік шикізатты биоремедиациялау бойынша практикалық сабақтарды әзірлеу үшін пайдаланылуы мүмкін.

*Практикалық маңыздылығы.* Математикалық модельдеудің ұсынылған әдістемесі полигон жағдайында қатты тұрмыстық қалдықтарды компосттау кезінде биоремедиациялау процестерін оңтайландыру бойынша ҚТҚ жұмысын болжауға мүмкіндік береді.

Дипломдық жұмыс компьютерлік мәтіннің 35 беттерінде жазылған, кіріспеден (1 бет.), үш тараудан – әдебиетке шолудан (7 бет.), зерттеу материалдары мен әдістемесінен (2 бет.), зерттеу нәтижелерінен (7 бет.) және қорытындыдан (1 бет.), 4 суреттерден, 7 кестелерден тұрады. Библиографияда ғылыми әдебиеттің 88 көздеріне сілтемелер бар.

# 1 Ғылыми әдебиеттерге шолу

## 1.1 Қатты тұрмыстық қалдықтар: сипаттамасы және құрамы

Адамдардың өмірлік белсенділігі көптеген қалдықтардың пайда болуымен және жиналуымен байланысты. Соңғы онжылдықтарда тұтынудың күрт өсуі және бүкіл әлемде адамдардың өмір сүру деңгейінің едәуір артуы пайда болған қатты тұрмыстық қалдықтардың көлемінің едәуір өсуіне әкелді. Қазіргі кезде жыл сайын биосфераға келіп түсетін ҚТҚ әлемдік ағынының жалпы массасы геологиялық ауқымға жетіп, жылына шамамен 400 млн тоннаны құрайды [1].

Қатты тұрмыстық қалдықтар (ҚТҚ) – бұл қоқыс деп аталатын қатты қалдықтар және оны үй шаруашылықтары, коммерциялық кәсіпорындар, өнеркәсіптік немесе басқа кәсіпорындар күн сайын шығарады [2]. ҚТҚ-ға тамақ қалдықтары, қағаз және картон бұйымдары, тоқыма, құрылыс материалдары (шыны, металл, ағаш, пластик) және басқа да тұрмыстық заттар жатады. Қатты тұрмыстық қалдықтарды органикалық және бейорганикалық қоқыстарға бөлінеді. Кеңістікте қозғалу процесінде ҚТҚ мәселесі келесі кезеңдермен байланысты: жинау → сұрыптау → қайта өңдеу → кәдеге жарату (жағу) немесе депонирлеу [3].

ҚТҚ-ны ТМД елдеріндегі кеңістікте трансформациялау кезіндегі басты проблема олардың сұрыпталмауы, төмен жылу шығымдылығы, жоғары ылғалдылық, полигондарда сақтаудың, қайта өңдеу кезінде – компосттаудың, кәдеге жарату кезінде – жағудың эко-қауіпсіз технологиясын сақтаудың мүмкін еместігі болып табылады. Соңғы жағдайдағы жану технологиясы батыс мемлекеттеріндегі қайта өңдеу стандарттарына сәйкес әзірленген[4].

ҚТҚ қалыптасуы үздіксіз өсіп келеді: ол бір жағынан халық санының өсуінен десек болады, бірақ негізі себебі – адамдардың өмір салтының өзгеруінен, адамдардың қаптама және буып-түю материалдарын көбірек пайдалануынан болуда. ҚТҚ санының орташа әлемдік өсімі жылына 1,2-1,8% құрайды. ҚТҚ әлемдік көлемі жылына шамамен 1 млрд. м<sup>3</sup> құрайды. Көптеген елдерде қатты тұрмыстық қалдықтардың басым бөлігі қоқыс полигондарына шығарылады. Құрамында органикалық қалдықтар пайда болуының, көмілуінің және жағылуының салдары - органикалық және минералды заттардың көп мөлшерін табиғи биологиялық циклден қайтарымсыз алу болып табылады [5].

Қатты тұрмыстық қалдықтарды кәдеге жарату бүкіл әлемдегі қалалық жерлерде үлкен проблема болып табылады. Қатты қалдықтармен жұмыс істеудің тиімді бағдарламасы болмаса, адам қызметінің әртүрлі түрлерінің нәтижесінде пайда болған қалдықтар денсаулыққа қауіп төндіреді және қоршаған ортаға теріс әсер етуі мүмкін. Өнеркәсіптік және қалалық қалдықтарды тұрақты және бақылаусыз тастау жаһандық алаңдаушылық тудыратын экологиялық проблемаға айналды. Өнеркәсіптік және антропогендік белсенділік ауылшаруашылық жерлерінің ластануына әкеліп соқты, бұл биоәртүрліліктің жоғалуына әкелді. Мысалы, пестицидтерді, гербицидтерді қолдану ауылшаруашылық дақылдарының өнімділігін көбейтеді, сонымен қатар

топырақтың, судың және ауаның ластануын арттырады [6].

Адамдар байыған сайын көбірек лақтыруға бейім, ал тасталған материалдар құрамы күрделене түседі [7]. Осы себептерге байланысты қалдықтардың сипаттамалары әр қалаларда әр түрлі болады: индустриалды дамыған қалалар қалдықтардың көп мөлшерін тастауға бейім, қайта өңделетін тауарлар мен электроника көп [8], ал индустриалды дамушы қалалар аз қалдықтарды шығарады және қалдықтары жоғары биологиялық ыдырайтын фракцияларға ие. Жергілікті климаттық жағдайлар мен энергия көздері қалдықтардың сипатына әсер етеді.

Қалдықтарды кәдеге жарату бойынша бейресми қызмет көрсету аз дамыған елдердің көптеген қалаларында кең таралған. Бүкіл әлемдегі адамдардың 2 %-ның тіршілік көзі қалдықтарға тәуелді [9]. Есеп бойынша, тек қана Қытайда қоқыс тазалаушылар саны екі миллионға жуық [10]. Қалдықтармен жұмыс істеудің бейресми секторы қалдықтарды бөлетін, жинайтын, қайта өңдейтін және қайта сататын адамдардан тұрады; ал орындалған жұмыс «шағын көлемді, көп еңбекті қажет ететін, реттелмейтін және тіркелмеген, төмен технологиялық» болып табылады.

Күн сайын өсіп келе жатқан қолданумен қатар, қазбалы отын көздерінің сарқылуы парниктік газдардың (ПГ) шығарындылары мен жаһандық жылынуға байланысты үлкен алаңдаушылық тудыруда. Парниктік газдардың патенттелген шығарындылары болып табылатын және қазбалы отын көздерін жағумен байланысты  $\text{CO}_2$  деңгейінің жоғарылауы 409 млн.<sup>-1</sup>-ден жоғары екендігі анықталды, бұл температураның жаһандық көтерілуіне ықпал етеді [11, 12].

Қазіргі уақытта халықтың өсуіне байланысты, органикалық қалдықтар мен тұрмыстық қалдықтар жаһандық маңызды проблема болып табылады. Анаэробты ашыту процесі органикалық қалдықтардың, оның ішінде азық-түлік қалдықтарының, жаңартылатын энергия (биогаз) өндірісі және қоректік заттарға бай қалдықтарды биотыңайтқыш ретінде пайдалануға болатын маңызды операция болып табылады. Осылайша, бұл процесс биогаз және компост алу арқылы тұрмыстық қалдықтарды ұтымды кәдеге жаратуға мүмкіндік береді [13].

## **1.2 Қатты тұрмыстық қалдықтардың құрамындағы органикалық қалдықтарды компосттау**

Компосттау – бұл микроорганизмдердің тіршілік әрекеті нәтижесінде органикалық қалдықтарды биоыдырату арқылы өңдеу. Өңдеу әдістері аэробты және анаэробты болып бөлінеді. Аэробты компосттау – бұл оттегі болған кездегі органикалық қалдықтардың ыдырау процесі, ал анаэробты компосттау – оттегі болмаған кездегі органикалық қалдықтардың ыдырауы. ҚТҚ-ның анаэробты ыдырауы қалдықтардың органикалық бөлігін биореакторларда ферментация арқылы өңдеуді көздейді, нәтижесінде биогаз бен компост пайда болады. Биотермиялық компосттау ашық жерде немесе арнайы қондырғыда жүзеге асырылады. Қондырғы барабанның түріне ие, ол үнемі ауа берумен және

температурасы 60 °C ыстық ауамен қамтамасыз етіледі. Қондырғыға салынған биомасса термиялық әсерден престеледі және екіншілік өнімге айналады. Нәтижесінде екіншілік шикізат – биоотын немесе органикалық тыңайтқыш пайда болады [14].

Соңғы зерттеулер көрсеткендей, қатты тұрмыстық қалдықтарды өңдеу технологияларын енгізу, мысалы, қалдықтарды органикалық фракцияға тиімді бөлу арқылы компосттау, қатты қалдықтарды қалпына келтіру немесе қайта өңдеу, экономикалық және экологиялық артықшылықтарға қол жеткізуге көмектеседі [15].

Бүкіл әлемде пайда болған қалдықтардың шамамен 50 %-ы органикалық заттардан, әдетте тамақ өнімдерінен, адам мен жануарлардың қалдықтарынан, бақша мен ағаш өнімдерінен тұрады [16].

Қалыпты компосттау процесін қамтамасыз ететін негізгі жағдайлар:

- 1) ылғалдылық (сабан, үгінділер – 75-78 %);
- 2) қышқылдық (РН 5,5-тен 7,8-ге дейін);
- 3) C/N қатынасы (C / N=20-30 / 1);
- 4) қоспаның тығыздығы төсеу биіктігіне байланысты, сондықтан сәтті аэрация үшін төсеу биіктігі 2,5 м-ден аспауы керек (0,8 т/м<sup>3</sup>-ден аспауы тиіс);
- 5) араластырудың біркелкілігі;
- 6) қоршаған ортаның температурасы;
- 7) аэрация;
- 8) микробиологиялық және биохимиялық факторлар [17,18].

Компост өндіру технологиясының негізгі кезеңдері:

- 1) органикалық қалдықтарды, белсенді тұнбаны және басқа да органикалық заттарды (қи, саңғырық) ұсақтау;
- 2) минералды қоспаларды, үйіндіні төгіп, мерзімді араластыра отырып 3-6 ай бойы компосттау;
- 3) ҚТҚ полигонында дайын компостты оны депонациялайтын топырақ құрамына қосу жолымен пайдалану [19].

Дамушы елдерде ҚТҚ кәдеге жаратуға жергілікті билік органдары бюджеттерінің 20-50 %-ға жуығы жұмсалады, дегенмен де қызметтермен бүкіл халық қамтылатынына кепілдік берілмейді [2].

Ұсынылған шешімдердің бірі органикалық қалдықтарды сатып алу бағдарламасы болып табылады, ол сыйақы орнына пайдаланушылардан бір нәрсені айырбастап алу механизмі ретінде қарастырылады. Назар аударылатын, ҚТҚ-мен байланысты күш – бұл органикалық заттардың көп болуы. Дамушы елдер мен аймақтардағы ҚТҚ дамыған елдердің ҚТҚ-мен салыстырғанда биологиялық ыдырайтын (органикалық) материалдардың жоғары пайызын қамтиды [20].

Азия даму банкінің басқа есебіне сәйкес, Оңтүстік Азиядағы ҚТҚ-ның органикалық үлесі 70 %-ға жетуі мүмкін. Бұл дамушы елдердің қалдықтарын дамыған елдердің қалдықтарымен салыстырғанда, дамушы елдердің қалдықтарында органикалық заттардың көп мөлшері бар деген пікірді растайды, бұл өз кезегінде қатты тұрмыстық қалдықтарды қолдану шешімдеріне әсер етеді.

Мысалы, органикалық заттардың жоғары мөлшері компост немесе биогаз қондырғысының шикізатын тұрақты жеткізуді қамтамасыз ете алады, ал қалдықтарды энергияға айналдыру мәселесін шешу үшін бірдей қалдықтарды пайдалану жақсы шешім болмауы мүмкін, өйткені олар өте ылғалды болады [21].

Осы мақсатқа жетудің әдіснамалық тәсілінің белгілі бір кемшіліктері қалдықтарды басқару жүйелерін бағалау бойынша қолданыстағы зерттеулер барысында анықталды. Біріншіден, көптеген зерттеулерде қолданыстағы қалдықтарды басқару жүйесінің тиімділігін бағалайды [22]. Бұл зерттеулерде ықтимал әсерді болжау үшін шешім қабылдаушыларға арналмаған ex-post (қорытынды бағалау: бағыты, нәтижелер, тиімділік және факторлар) бағалауларын жүргізеді. Екіншіден, қалдықтарды басқару жүйесін бағалау үшін жасалған көрсеткіштер немесе индекстер (мысалы, "wasteaware") [23] және нөлдік қалдықтар индексі, негізінен, инновациялардың тұрақтылыққа әсер етуіндегі динамикалық өзгерістерді көрсетпей, қалдықтарды басқару жүйесінің нәтижелеріне назар аударады. Үшіншіден, қалдықтармен жұмыс істеу саласындағы орнықтылықтың барлық дерлік бағалаулары өнім деңгейінде жүргізіледі. Көбінесе бірнеше технологияның тұрақтылыққа әсері бағаланады және салыстырылады (мысалы, энергияны қалпына келтіру, материалдарды өңдеу, қоқыс газын кәдеге жарату және т. б.). д.) [24].

Қазақстанда қаржылық өнеркәсіптік топтың басқару жүйесі негізінен, жеткілікті ашық кеңістіктің көптігінен және басқа нұсқалармен салыстырғанда кәдеге жарату құнының салыстырмалы түрде төмен болуынан үйінділерде сұрыпталмаған көму басым болып табылады [25,26].

Алайда, бұлай көмудің қоршаған ортаға әсері әртүрлі, мысалы, метанның үздіксіз шығарындылары және сүзінді судың төгілуіне байланысты жер асты суларының ластануы сияқты болуы мүмкін [27].

Қазіргі уақытта Қазақстанда ҚТҚ-ның 95 %-ға жуығы санитариялық үйінділерде кәдеге жаратылады, ал үйінділерде орналастырылған ҚТҚ-ның барлық көлемі 100 тоннадан астам деп бағаланады [28,29].

Шамамен жылдық өндіріс көлемі 4-5 миллион тоннаны құрайды, ал 2030 жылға қарай бұл сан 7 миллион тоннаға дейін өседі деп күтілуде [30].

Жерді пайдалану-бұл қатты тұрмыстық қалдықтардан алынған компосттың ең үлкен қолданылуы. Топырақта, негізінен әлемнің құрғақ жағдайларында тез азаятыны анықталған топырақтың органикалық заттары-топырақ сапасының негізгі көрсеткіші болып табылады. Көптеген зерттеулер ҚТҚ компосты, оны депонирлейтін топыраққа қоспа ретінде пайдалану кезінде әлеуетке ие екенін дәлелдеді [31].

Компосттаудың қажетті жағдайларын қамтамасыз ету қарапайым (температура, қажетті оттегі, ылғалдылық, араластыру және рН қатынасы), реакцияның қысқа уақыты, арзан құны, иісін бақылау – бұл ыдыста компост жасаудың артықшылығы. Алдыңғы зерттеулер компосттаудың жұмыс параметрлерін бақылау қиын екенін және ластанған қалдықтарды компосттау арқылы өңдеу өте маңызды екенін көрсетті [32].

Қоспаларды қолдана отырып компосттау – бұл қалдықтарды қолданудың

заманауи сегментінде мүмкіндіктер ашқан әдістердің бірі. Әр түрлі қоспалар, мысалы, әр түрлі микроорганизмдер, минералды қоректік заттар, ферменттер, органикалық қосылыстар, өнеркәсіптік қалдықтар және т.б. компосттау кезінде микробиологиялық әсерді күшейту арқылы компосттау процесін жақсартты [33]. Жақында жасыл қалдықтарды компосттау кезінде күл-қоқыс, фосфогипс, джагтери, әк және полиэтиленгликольді зерттеу қоспалардың компост жасау процесін едәуір жақсартқанын көрсетті. Жергілікті микроорганизмдерді қоспа ретінде пайдалану туралы зерттеулер компост процесінің жақсаруына және компосттың сапасын жақсартуға әкелді [34]. Биомасса күлін қоспа ретінде қайта пайдалану туралы тағы бір зерттеу компосттау процесі мен дайын компосттың сапасы күлді қосу арқылы жақсарғанын көрсетті [35]. Дүние жүзіндегі әртүрлі зерттеушілер қатты қалдықтарды біріктіріп компосттау үшін химиялық және минералды қоспаларды қолдануды зерттеуде [36].

Компосттау қазіргі уақытта қатты қалдықтарды қолданудың ең жақсы нұсқаларының бірі болып саналады. Биологиялық ыдырайтын органикалық заттардың жоғары деңгейінің болуы, C:N қатынасы және т.б. қатты тұрмыстық қалдықтарды компост жасауға жарамды етеді [37].

Қатты тұрмыстық қалдықтарды компосттау қалдықтарды азайтады, болуы мүмкін патогенді микроорганизмдерді өлтіреді, ауылшаруашылық алқаптарындағы арамшөптердің өнуін азайтады және жағымсыз қосылыстарды жояды [60]. Органикалық ауылшаруашылығына деген қызығушылықтың артуымен, ауылшаруашылығы үшін, органикалық сапалы қатты тұрмыстық қалдықтардан компост өндірісі топырақтың биологиялық, физикалық және химиялық қасиеттеріне оң әсер ететіндіктен танымал бола бастады [38]. Көптеген елдерде тұрмыстық қалдықтардың көп бөлігі дұрыс жойылмайды, бұл патогенді микроорганизмдер мен улы ластағыштардың болуына байланысты экологиялық қауіпті тудырады [39,40].

Анаэробты ашыту – бұл бүкіл әлемде тамақ қалдықтарын дұрыс жою және өңдеу үшін қолданылатын тиімді және өмірлік маңызды технология. Бұл технология өзін тамақ қалдықтарымен жұмыс істеуге, сондай-ақ биогаз бен дигестатты қоса алғанда, әртүрлі құнды өнімдерді өндіруге перспективалы және экологиялық қауіпсіз тәсіл ретінде қолданылады [41].

Әр түрлі қалдықтардың пайда болуымен және ұтымды кәдеге жаратылуымен байланысты қазіргі әлемдік проблеманы ескере отырып, биоотын энергияның балама көзі ретінде үлкен өзектілікке ие болады [42].

Парниктік газдар шығарындыларын, жаһандық жылыну мен қазбалы отынға тәуелділікті азайту үшін жаңартылатын энергия көздерін пайдалануды және биомасса мен органикалық қалдықтарды энергия көздеріне айналдыруды ынталандыру қажет. Қазіргі уақытта әлемнің көптеген бөліктерінде қалдықтарды энергияға айналдыру бойынша күш-жігердің айтарлықтай өсуі байқалады. Атап айтқанда, биогаз технологиясы мал шаруашылығы қалдықтарын биометан/биогазға айналдыру үшін таңдалды, өйткені мал шаруашылығы қалдықтары климаттың өзгеруіне әкелетін қоршаған ортадағы парниктік газдардың маңызды көзі болып саналады. [43].

Соңғы онжылдықтарда органикалық қалдықтардың тағдыры әртүрлі аумақтарда әр түрлі болды. Ауылдық жерлерде және фермаларда органикалық қалдықтар көбінесе мал азығы ретінде пайдаланылды немесе егістіктерде тыңайтқыш ретінде қолданылатын гуминді заттарға компостталды. Қалалық жерлерде күрделі құрамы бар тұрмыстық қалдықтар өртеуге немесе көмуге арналған, бұл ауа мен жер асты суларының ластануына әкеліп айтарлықтай экологиялық проблемалар туғызды [44].

Органикалық қалдықтарды өңдеудің дәстүрлі технологияларының ішінде (яғни, жағу, көму және анаэробты ашыту), компосттау - бұл техникалық кемшіліктер мен әлеуметтік проблемаларға қарамастан, қатты тұрмыстық қалдықтарды өңдеудің экономикалық тұрғыдан тиімді және сенімді технологиясы [45].

Аэробты және анаэробты технологиялық өңдеуді бірге қолдануға болады, бұл ағынды суларды ағызудың шекті деңгейіне жету үшін қолданылады. Биотехнологиялық процестер ең соңғы балама болып табылады және сүт сарысуынан алынған өнімдер, биопластика, биоотын, биоэнергия, органикалық қышқылдар, биоактивті пептидтер, ферменттер және т. б. сияқты өнеркәсіп үшін маңызды өнімдер шығаруға әкелуі мүмкін [46].

Соңғы уақытта органикалық қалдықтардан бастапқы шикізаттың әр түрлі түрлерінен қосылған құны мен энергиясы бар жаңа өнімдерді өндіруде айтарлықтай прогреске қол жеткізілді [47].

### **1.3 Компост өндірісі кезінде компостталған субстраттың биоремедиация технологиясы**

Биоремедиация – бұл қоршаған ортадан ластаушы заттарды алып тастау процесі ғана емес, сонымен қатар экологиялық таза және тиімді процесс болып табылады. Ластаушы заттарды микроорганизмдер арқылы топырақ пен судан алып тастауға немесе детоксикациялауға болады, бұл әдіс биоремедиация деп аталады [48,49].

Ластаушы заттарды жинаудың және оларды сақтаудың орнына биоремедиация әдісін қолданған тиімдірек, бұл әдіс ластаушы заттарды аз уытты немесе улы емес, элементар және күрделі формаларға айналдыру немесе өзгерту үшін қолданылатын жақсы ұйымдастырылған микробиологиялық процедуралық қызмет. Биоремедиаторлар-ластанған жерлерді тазарту үшін, биоремедиация үшін қолданылатын биологиялық агенттер. Бактериялар, археялар және саңырауқұлақтар әдеттегі негізгі биоремедиаторлар болып табылады [50].

Қоршаған ортадан биодеградация арқылы көптеген ластаушы заттардың қауіптілігін жою үшін микроорганизмдер қатысуымен жүретін биотехнологиялық процесс ретінде биоремедиацияны қолдананады. Биоремидация және биодеградация терминдері бір-бірін алмастыратын сөздер болып табылады. Микроорганизмдер топырақтағы, судағы және шөгінділердегі ластаушы заттарды кетірудің маңызды құралы ретінде әрекет етеді; негізінен

олардың қалпына келтіру процедураларының басқа хаттамаларына қарағанда артықшылығына байланысты. Микроорганизмдер бастапқы табиғи ортаны қалпына келтіреді және одан әрі ластанудың алдын алады [51].

Биоремедиация бактериялар, саңырауқұлақтар мен өсімдіктердің әсерінен қоршаған ортадан әртүрлі химиялық заттар мен физикалық қалдықтардың ыдырауымен, жойылуымен, өзгеруімен, иммобилизациясымен немесе детоксикациясымен байланысты. Микроорганизмдер биоремедиация процесіне өздерінің ферментативті жолдары арқылы қатысады, олар биокатализаторлар ретінде әрекет етеді және қажетті ластаушы заттарды ыдырататын биохимиялық реакциялардың жүруіне ықпал етеді. Микроорганизмдер көбірек жасушалар құру үшін энергия мен қоректік заттар шығаруға көмектесетін әртүрлі материалдар қосылыстарына қол жеткізгенде ғана ластаушы заттарға қарсы әрекет етеді. Биоремедиацияның тиімділігі көптеген факторларға тәуелді, соның ішінде ластаушы заттардың химиялық табиғаты мен концентрациясына, қоршаған ортаның физика-химиялық сипаттамаларына және олардың микроорганизмдерге қол жетімділігіне байланысты. Деградация жылдамдығы бактериялар мен ластаушы заттардың бір-бірімен байланыспауына байланысты өзгереді. Сонымен қатар, микробтар мен ластаушы заттар қоршаған ортаға біркелкі таралмайды. Әдетте, қазылған ластанған топырақ ластаушы заттардың автохтонды микроорганизмдермен аэробты биодеградациясын қамтамасыз ету үшін жер бетіндегі стационарлық тірекке мұқият жағылады [52].

Жалпы, ауылшаруашылық алқаптарын биоремедиациялау технологиясын жасау және енгізу өте оңай, аз капиталды қажет етеді, қоршаған ортаға аз әсер ететін және энергия қажеттілігі бар ластанған топырақтың үлкен көлемін өңдеуге пайдаланылуы мүмкін [53].

Қалдықтарды минимализациялау немесе азайту – бұл ағындардағы қалдықтарды азайту процесі. Барлық елдерде қалдықтарды азайтудың маңыздылығы туралы түсінік қысқарту, қайта пайдалану және өңдеу (компосттау, жану) болып табылады [54].

Қалдықтарды минимализациялау иерархиясы – бұл ағындағы қатты қалдықтардың мөлшерін азайту тұжырымдамасы. Мұны маңыздылығы, жайлылығы және экологиялық тұрақтылығы бойынша біртіндеп жасау керек. [55].

Қалдықтармен ластанған топырақты органикалық қалдықтарды компосттаумен бірге өңдеу қызықты нұсқа және үнемі назар аударуды қажет ететін тұрақты әдіс болуы мүмкін. Бұл мұндай қалдықтарды экологиялық тұрғыдан қауіпсіз жоюға және биоыдырау жылдамдығын арттыруға мүмкіндік беретін еді [56, 57, 58].

Биодеградация процесінің тиімділігі негізінен субстраттардың биоқолжетімділігіне, қоршаған орта жағдайларына (рН, ылғалдылық, температура), оттегінің болуына және қоректік заттардың болуына байланысты [59].

Компосттау экономикалық және экологиялық тиімді биоремедиация әдісі ретінде, соңғы уақытта кейбір қалдықтарды өңдеу үшін қарастырылды [60].



Биоремедиация қоршаған орта жағдайлары микроорганизмдердің өсуіне және белсенділігіне мүмкіндік беретін жерде ғана тиімді бола алатындықтан, оны қолдану көбінесе микроорганизмдердің өсуі мен деградациясы жылдам қарқынмен жүруі үшін, қоршаған орта параметрлерін басқаруды қамтиды [61].

Биоремедиация табиғи түрде жүреді және тірі заттар мен тыңайтқыштарды қосу арқылы ынталандырылады. Биоремедиация технологиясы негізінен биологиялық ыдырауға негізделген. Бұл органикалық улы ластағыштарды көміртегі диоксиді, су, адамдар, жануарлар, өсімдіктер мен су ағзалары үшін қауіпсіз органикалық емес қосылыстар сияқты зиянсыз немесе табиғи қосылыстарға толық ыдыратуды білдіреді [62].

Биоыдырау микробтық белсенділік есебінен ластанған ортаны қалпына келтіру, тазалау, басқару және қалпына келтіру әдістері үшін өте жемісті және тартымды нұсқа болып табылады. Биоремедиация әлемнің әр түрлі жерлерінде әр түрлі дәрежеде қолданылды [63].

«Орнында» биоремедиациясының үш негізгі әдісі бар: табиғи ыдырау, биостимуляция және биоаугментация [64]. Табиғи ыдырау жергілікті микроорганизмдердің жойылуымен байланысты. Бұл әдіс тіршілік ету ортасының зақымдануын болдырмайды, экожүйенің бастапқы күйіне оралуына және детоксикацияға мүмкіндік береді. «Орнында» биоремедиациясының тиімділігін арттыру биоаугментация процесінде жүзеге асырылуы мүмкін, бұл процесс барысында топыраққа спецификалық заттар енгізіледі [65]. Бұл әдіс жергілікті микрофлора ластануды жоюға немесе ластануды толығымен жоюға қабілетсіз болған кезде қолданылады. Биоаугментацияның нәтижесі қоректік заттар үшін бәсекелестікке байланысты енгізілген және қолданыстағы микроорганизмдер популяцияларының өзара әрекеттесуіне байланысты.

«Орнында» биоремедиациясы процестерін жеделдету үшін топырақтың физикалық және химиялық параметрлерін өзгерту үшін биостимуляция қолданылады. Ол үшін топыраққа биогаз суспензиясы, көң, шөп компосты, күріш сабаны және жүгері немесе тыңайтқыштар: фосфор, азот, оттегі, көміртек сияқты қоректік заттар енгізіледі. [66]

Компосттау – бұл күрделі биологиялық процесс, онда гетерогенді органикалық қалдықтар қарашірікке (компостқа) айналады, оған ылғалды, температура мен аэрацияның бақыланатын жағдайларында аралас микробтық популяциялар әсер етеді. Компосттау процесі тұрақты басқару қалдықтарының әдісі ретінде сипатталуы мүмкін [67], нәтижесінде компостты топырақтың сапасын жақсарту, топырақты жақсарту үшін пайдалануға болады [68].

Пэл және басқа да ғалымдар жүргізген зерттеулер [69] бактериялардың жалпы санын көбейтетін оқшауланған *Geobacillus* штамдарының инокуляциясы мен болжамды тиімділігі өсімдік қалдықтарын компосттаудың термофильді сатысында биологиялық белсенділіктің жоғарылауына әкелетінін көрсетті.

Табиғи түрде қалдықтарда болатын микробтық қауымдастық әдетте процесті қанағаттанарлық түрде жүзеге асырғанымен, қалдықтарды лигноцеллюлолитикалық микроорганизмдермен инокуляция процесінің барысын немесе түпкілікті өнімнің қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік беретін

стратегия болып табылады. Лигноцеллюлолитикалық материалды жоя алатын бактериялар мен саңырауқұлақтардың инокуляциясы компост жасауда тиімді екендігі айтылды [56].

Сапалық және сандық химиялық құрамы мен микробиологиялық белсенділігі компост жасау үшін қолданылатын шикізатқа тәуелді және ең ықпалды факторлардың бірі болып табылады. Осы мәселедегі субстраттардың арасындағы қатты айырмашылықтарды ескере отырып, басқа авторлар мәлімдегендей, инокулянттар ретінде қолданылатын микроорганизмдердің әр материалындағы органикалық заттардың биотрансформациясына қабілеттілігін түсіну қиын емес [70]. Компосттау процесін жақсарту қажет болған кезде микроорганизмдердің әр түрінің немесе тіпті белгілі бір субстрат үшін штаммның жарамдылығын білу үшін алдын-ала зерттеулер қажет болуы мүмкін.

Компостталатын массаны құрайтын ингредиенттердің биодеградациясы көмірқышқыл газы мен су түрінде органикалық заттардың шамамен 30-40 % жоғалуына әкеледі [71]. Сондықтан есептеу кезінде біз компостталған материалдың бастапқы массасы 100 %, соңғы массасы 60 % болады деп қабылдаймыз. Компосттың алынып тасталатын бөлігі технологиялық регламентке сәйкес еленеді және қалдық рециркуляциялық қоспа ретінде пайдаланылады. Біз компосттаудың бір циклі үшін өңделмеген жоңқаның мөлшерін 30 % деп аламыз. Әзірленіп жатқан қондырғыны ең алдымен Мәскеу аймағында енгізу жоспарланғандықтан, біз келесі температура мен ылғалдылықты қабылдаймыз: жаз: +18 ° С, φ= 70 %, қыс: -10,8 ° С, біз φ=88[72].

## 2 Ғылыми зерттеулердің объектісі, материалы және әдістемесі

Зерттеу объектісі. Қатты тұрмыстық қалдықтар.

Зерттеу нысаны. Қатты тұрмыстық қалдықтарды компосттау кезінде биоремедиациялау процестерін жоспарлау және оңтайландыру.

Эксперименттік бөлімдегі зерттеу әдістері математикалық әдістерді қолдануға негізделген:

- экспериментті жоспарлау;
- сызықтық емес бірнеше корреляция (1 кесте, 1, 2-формулалар);
- ең кіші квадраттар әдісімен жуықтау функциясын іріктеу (1 кесте, 3, 4 формулалар);
- жалпылау әдісі (кесте 1, формула 5).

1 кесте. Есептік зерттеулерде пайдаланылған формулалар

№	Формула	Белгілеулер
1	$R = \sqrt{1 - \frac{(N-1) \times \sum (Y_{\vartheta} - Y_m)^2}{(N-K-1) \times \sum (Y_{\vartheta} - Y_{cp})^2}}$	<p><math>K</math> – қолданыстағы факторлар саны,  <math>N</math> – сипатталған нүктелер саны,  <math>Y_m</math> – теориялық (есептік) нәтиже, <math>Y_{cp}</math> – орташа тәжірибелік мәні,  <math>Y_{\vartheta}</math> – тәжірибелік нәтиже</p>
2	$t_R = \frac{R \times \sqrt{N-K-1}}{1-R^2} > 2$	Сенімділік көрсеткіші
3	$Y = a + b \times X.$	Зерттелетін функцияларды жуықтау
4	$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$	
4.1	$a = \frac{\sum Y - b \sum X}{n}$	
5	$Y_{об} = \frac{Y_1 \times Y_2 \times \dots \times Y_n}{Y_{cp}^{n-1}}$	Жалпыланған теңдеу $Y_{об}$ , $Y_1$ , $Y_2$ , $Y_3$ , ... $Y_n$ – жеке функциялар, $Y_{cp}$ – жеке функцияның аз санының бірлігіне шаққандағы жалпыланған функцияның барлық ескерілетін мәндерінің жалпы орташа мәні

## **2.1 Микроорганизмдердің бөлінген штаммдарын тығыз қоректік ортада себу (Plate count agar)**

Құрал-жабдықтар: Петри табақшасы, пробиркалар, контейнер, аналитикалық таразы, колбалар.

Материалдар: топырақ үлгісі, қоректік орта, биопрепарат.

Экспериментті жүргізу келесі кезеңдерден тұрады:

1) Алдымен біз контейнер алып, бірінші контейнерге топырақ үлгісін, екінші контейнерге 20/1 қатынасында топырақ пен биологиялық өнім, үшінші контейнерге 10/1 қатынасындай топырақ және биологиялық өнім салып, содан кейін соңғы екі контейнерді жақсылап араластырамыз араластырамыз;

2) Колбаны алып, контейнердегі үлгіні 100/1 сумен мұқият араластырамыз;

3) Содан кейін пробиркаларды дайындап, әр пробиркаға 9 мл тазартылған су қосамыз және 1 мл колбадан аламыз, әрі қарай микроорганизм концентрациясын төмендету үшін осылай қайталау жүргіземіз;

4) Әрі қарай, біз Петри табақшасына қоректік орта қосып, ламинарлық боксқа 10 минут салдық. Содан кейін біз сол Петри табақшаларына соңғы үлгілерден 1-2 тамшы қосамыз, соңында термостатқа саламыз.

### 3 Зерттеу нәтижелері

Өңделмеген қалдықтар қоршаған ортаға улы және зиянды заттарды шығарады, бұл патогендер үшін қоректік орта ретінде қызмет етеді, денсаулыққа үлкен қауіп төндіреді [73].

Компосттау негізінен оттегіні, органикалық қалдықтарды тұрақтандыру үшін оңтайлы ылғалдылық пен кеуектілікті қажет ететін аэробты процесс ретінде анықталады, ал оның жалпы басқару айнымалылары температура, оттегі және ылғалдылық болып табылады [74]. Сонымен, компосттау биоремедиациясы-бұл қалдықтар мен ластаушы заттарды өңдеу үшін компосттау технологиясын бейімдеу және қолдану. Кез-келген компост өңдеу кезінде оңтайлы нәтижеге қол жеткізу үшін процесті басқару параметрлері оңтайлы мәндер шегінде реттелуі керек және процесс екі негізгі кезеңнен тұрады. Біріншісі – ыдырау кезеңі/белсенді кезең, ол қарқынды микробтық белсенділікпен сипатталады, бұл мезофильді диапазондардан (25-45 °C) термофильді (45 °C-тан жоғары) температураның тұрақты көтерілуіне әкеледі. Осы кезеңде аэробты жағдайларды және тиімді микробтық белсенділікті сақтау үшін жоғары аэрация жылдамдығы қажет. Екінші кезең – катаю кезеңі; ол төмен температурада жүреді, ал микробтық белсенділік салыстырмалы түрде төмен, өйткені қоректік заттар таусылған. Материалдың гумификациясы осы кезеңде пайда болатын маңызды сипаттама болып табылады [75], бұл алынған компостқа, әсіресе топырақтың биоремедиациясына қызықты құндылық береді, себебі кейінірек осы жұмыста талқыланады.

Компосттау технологиясы ластанған топырақты өңдеу үшін пайдаланылған *ex situ* технологияларының санатына жатады. Соңғы бірнеше онжылдықта бұл процеске көп көңіл бөлінді, өйткені ол ПАУ, пестицидтер, жарылғыш заттар және хлорфенолдар сияқты әртүрлі органикалық ластағыштардың ыдырауында жоғары тиімділігін дәлелдеді [77, 78].

Негізінен, процесс ластанған топыраққа компост немесе органикалық ілеспе субстраттар/қоспалар қосуға негізделген және бір мезгілде субстрат пісіп жатқанда, қоспадағы әртүрлі микробтық популяциялардың әсерінен мақсатты ластаушы заттар ыдырайды [79].

Компосттау процесінің жұмысына температура, РН, ылғал мөлшері, С/Н қатынасы, бөлшектердің мөлшері, қоректік заттар және оттегімен қамтамасыз ету сияқты факторлар әсер етеді. Компосттаудың микробиологиялық процестері қоршаған орта реакциясының кең ауқымында жүреді (рН 5,5-тен 7,8-ге дейін). Микробиологиялық процестердің қарқынды жүруі үшін ең қолайлы С/Н қатынасы 25 құрайды. С/Н=25-ке қол жеткізуді азотты бекіту арқылы инокулум (белгілі бір микробтық популяция) енгізу арқылы қамтамасыз етуге болады. С/Н=20-40 оңтайлы. [80,81,82].

Компосттауда органикалық заттарды тұрақты және гумификацияланған өнімдерге айналдыру арқылы қалдықтармен қоректенетін микробтық штамдар қатысады, әдетте майлы тұнбаны толтырғышпен араластыру арқылы [83].

Ксенобиотиктермен ластанған топырақтың биоремедиациясы компосттау арқылы жүреді, ал бұл әдіс өзінің мақсатына жетуге кедергі келтіретін көптеген кедергілерді, атап айтқанда ластаушы заттарды алып тастауға болатындығын дәлелдеді [84, 85].

Андерсон бірінші болып қалдықтарды басқару жүйесін оңтайландыру үшін математикалық модельді ұсынды. Содан бері бірнеше зерттеушілер SWM (қалдықтарды басқару жүйесі) модельдерін технологияны таңдау, орналастыру және қалдықтарды қайта өңдеу кәсіпорындарының көлемін анықтау үшін шешім қабылдауды қолдау құралы ретінде жасады [86].

ҚТҚ – мен жұмыс істеуді жоспарлау қиын міндет, өйткені бір уақытта қарама-қайшылықты мақсаттарды ескеру қажет; сонымен қатар, мұндай міндеттер, әдетте, шығындар мен бағалауға қатысты ішкі белгісіздікпен сипатталады [87]. Барлық қарама-қайшылықты мақсаттарды ескеру үшін SWM (қалдықтарды басқару жүйесі) жүйесін модельдеу көп мақсатты тұжырымдамалар мен шешім қабылдау әдістерін қажет етеді. Алайда, шешім қабылдау проблемасының көп өлшемді сипатын оңтайландырудың бір мақсатын – жалпы құнын азайтуды және барлық басқа мақсаттарды шектеулерге айналдыруды қарастырған кезде жеңілдетуге болады.

Модельде шешілетін жалпы мәселе биоремедиация процесіне жағымды әсер ететін тәжірибеде қарастырылған факторлар үшін оңтайлы жағдайларды анықтауға дейін азаяды. Белгілі болғандай [18, 40, 79], компосттау кезінде биоремедиация процестері компосттың жетілу кезеңінде жүреді, биоремедиация процестерін жүзеге асыра алатын микроорганизмдердің белсенділігі едәуір артады.

Микроорганизмдердегі биоремедиация механизмдері бірнеше факторлармен анықталады:

- бұл металды сіңіру механизмдерінің түрі мен саны;
- әр металдың қалыпты метаболизмдегі рөлі және металдарға төзімділікті бақылайтын плазмидтер мен хромосомаларда локализацияланған гендердің болуы [88].

1-кестеде эксперимент үшін факторлық кеңістіктің ауданы берілген

Кесте 1. Факторлық кеңістік деңгейлері

Факторлар	Факторлар деңгейі				
	1	2	3	4	5
X <sub>1</sub> -рН	6	6,3	6,7	7,0	7,3
X <sub>2</sub> - C/N	20	25	30	35	40
X <sub>3</sub> -ылғалдылық,%	30	34	38	42	46

Кесте 2. Экспериментті жоспарлаудың үш факторлы матрицасы

Тәжірибе №	Экспериментті жоспарлаудың үш факторлы матрицасы						Компост шығысы, %
	X <sub>1</sub>		X <sub>2</sub>		X <sub>3</sub>		
	Деңгейі	Мәні	Деңгейі	Мәні	Деңгейі	Мәні	
1	1	6,0	5	40	1	30	38
2	2	6,3	4	35	3	38	40
3	3	6,7	3	30	2	34	47
4	4	7,0	2	25	4	42	43
5	5	7,3	1	20	5	46	44
6	1	6,0	5	40	1	30	41
7	2	6,3	4	35	3	38	47
8	3	6,7	3	30	2	34	49
9	4	7,0	2	25	4	42	53
10	5	7,3	1	20	5	46	50
11	1	6,0	5	40	1	30	51
12	2	6,3	4	35	3	38	54
13	3	6,7	3	30	2	34	59
14	4	7,0	2	25	4	42	55
15	5	7,3	1	20	5	46	60
16	1	6,0	5	40	1	30	65
17	2	6,3	4	35	3	38	66
18	3	6,7	3	30	2	34	60
19	4	7,0	2	25	4	42	61
20	5	7,3	1	20	5	46	63
21	1	6,0	5	40	1	30	70
22	2	6,3	4	35	3	38	69
23	3	6,7	3	30	2	34	69
24	4	7,0	2	25	4	42	70
25	5	7,3	1	20	5	46	68

2-кестеден көріп отырғанымыздай, эксперименттік зерттеулерде компосттың шығымдылығы 38-ден 70 %-ға дейін өзгерді.

Тәжірибелік деректерді іріктегеннен кейін зерттелетін факторлардың компосттан (%) ауыр металдарды кәдеге жарату процесіне әсерін сипаттайтын жеке функциялар (Y<sub>1</sub>, Y<sub>2</sub>, Y<sub>3</sub>) алынады (3 кесте).

3-кестеде келтірілген эксперименттік мәндерге сәйкес зерттелетін факторлардың компосттың пайда болу дәрежесіне әсер ету тәуелділігі құрылды (1-4, А-суреттер). Бұдан әрі функциялардың аппроксимациясы жүргізіледі.

Кесте 3. Жеке функциялардың эксперименттік мәндері

Фактор №	Денгейі					%
	1	2	3	4	5	
X <sub>1</sub>	53	55,2	56,8	56,4	57	55,68
X <sub>2</sub>	57	56,4	56,8	55,2	53	55,68
X <sub>3</sub>	53	56,8	55,2	56,4	57	55,68

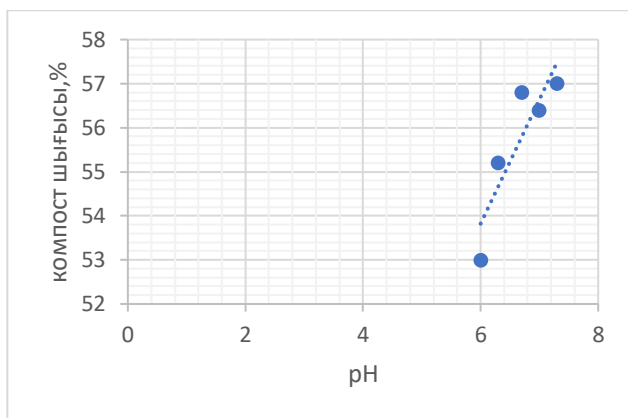
Кесте 4. Зерттелетін функциялардың есептік мәндері

Тәжірибе №	X <sub>1</sub>				X <sub>2</sub>				X <sub>3</sub>			
	X	Y	X <sup>2</sup>	XY	X	Y	X <sup>2</sup>	XY	X	Y	X <sup>2</sup>	XY
	6	53	36	318	20	57	400	1140	30	53	900	1590
	6,3	55,2	39,69	347,76	25	56,4	625	1410	34	56,8	1156	1931,2
	6,7	56,8	44,89	380,56	30	56,8	900	1704	38	55,2	1444	2097,6
	7,0	56,4	49	394,8	35	55,2	1225	1932	42	56,4	1764	2368,8
	7,3	57	53,29	416,1	40	53	1600	2120	46	57	2116	2622
Σ	33,3	278,4	222,87	1857,22	150	278,4	4750	8306	190	278,4	7380	10609,6

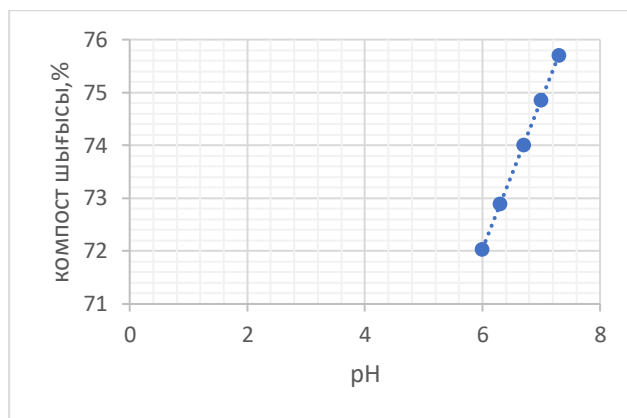
Кесте 5. Зерттелетін функцияларды жуықтау

Формулалар	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$	2,82	-0,18	0,19
$a = \frac{\sum Y - b \sum X}{n}$	55,12	55,72	55,64
$Y = a + b \cdot X$	$Y_2 = 55,12 + 2,82 \cdot X_2$	$Y_3 = 55,72 - 0,18 \cdot X_3$	$Y_4 = 55,64 + 0,19 \cdot X_4$
<b>Жеке функциялардың теориялық мәні:</b>			
$Y_{n1} = a + b \cdot X_{n1}$	72,04	52,12	61,34
$Y_{n2} = a + b \cdot X_{n2}$	72,89	51,22	62,41
$Y_{n3} = a + b \cdot X_{n3}$	74,91	50,32	62,86
$Y_{n4} = a + b \cdot X_{n4}$	74,96	49,42	63,62
$Y_{n5} = a + b \cdot X_{n5}$	75,71	48,52	64,38





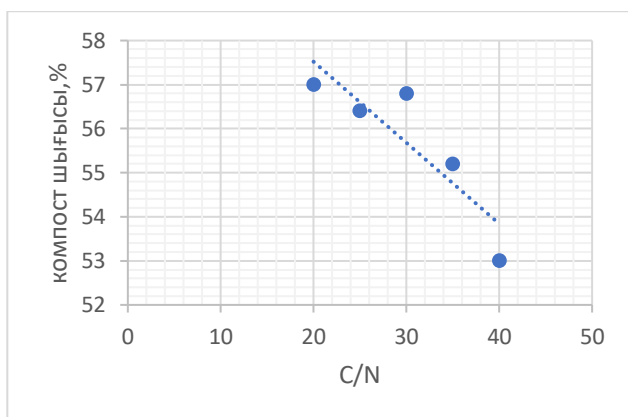
а) жеке функциялардың эксперименттік мәндері



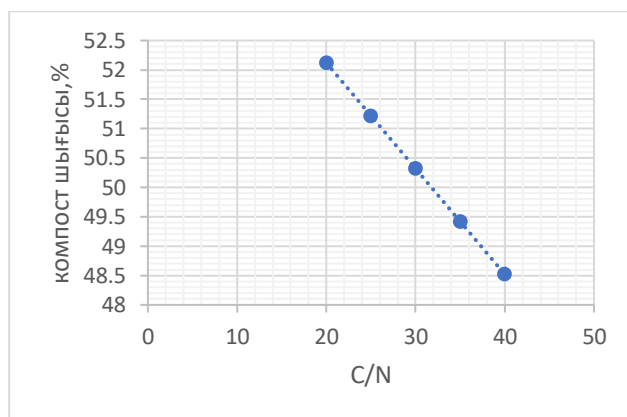
б) жеке функциялардың теориялық мәндері

Сурет 1. Компост шығымының рН-қа тәуелділігі

Кестеден біз ауыр металдардың компостынан кәдеге жарату пайызы рН жоғарылауымен пропорционалды түрде өсетінін және 7,3 деңгейінде 75,71 %-ға жететінін көреміз (сурет 1, б) бұрын алынған 57 %-ға қарсы (сурет 1, а).



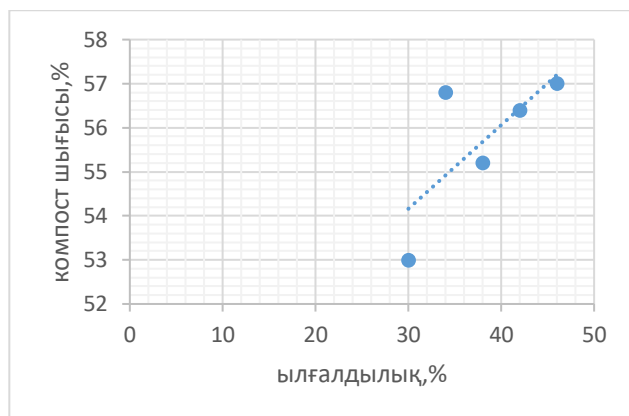
а) жеке функциялардың эксперименттік мәндері



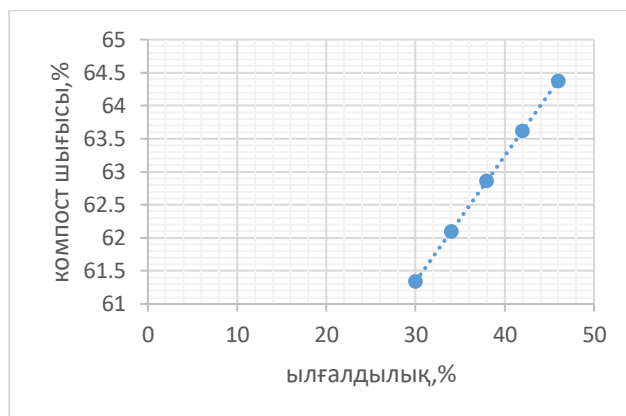
б) жеке функциялардың теориялық мәндері

Сурет 2. Компост шығымының C/N құрамына тәуелділігі

2-суреттен көрініп тұрғандай, C/N құрамы 20/1 деңгейінде болатын қатты тұрмыстық қалдықтардың құрамы оңтайлы шешім болады. (52,12 %).



а) жеке функциялардың эксперименттік мәндері



б) жеке функциялардың теориялық мәндері

Сурет 3. Компост шығымының ылғалдылыққа тәуелділігі

40-46 % ылғалдылықта компост мөлшері максималды 61,34 – 64,38 % болатындығы теориялық тұрғыдан анықталды. Жүргізілген эксперименттерге сәйкес компостталатын массадан ауыр металдарды (57 %) кәдеге жарату үшін оңтайлы ылғалдылық 46 % құрайды.

Жалпыланған теңдеуді талдау (0,8) тәжірибеде көрсетілген технологиялық параметрлерде органикалық қалдықтардың компостталатын массасы бойынша биоремедиациялық көрсеткіштер рН 7,3, ылғалдылық 46 % және C/N 20/1 болған кезде максималды болатындығын көрсетті. Бұл жағдайда жылытылатын компост үшін жақсы биоремедиациялық көрсеткіштерге қол жеткізуге болады (61,34-64,38 %).

### 3.2 Жалпы тұқым себуді зерттеу

Жалпы таралуды зерттеу (6-кесте) тығыз қоректік ортада колониялардың өсуінің келесі үлгісін көрсетті: 24 сағаттық өсіруден кейін жоғары таралу (тұқымдану) (төртінші өсіру деңгейі) эксперимент соңында 1 және 2 тәжірибелерінде кездеседі, бұл био-қоспаны қосу, біріншіден, жалпы таралуды (тұқым қуалаушылықты) арттырады, екіншіден, құрамындағы мысты төмендетеді.

Мыс құрамы 63 %-ға төмендеген, яғни 6,7-ден 2,5 мг/кг-ға дейін, ал екінші тәжірибесінде төмендеу тек 52 %-ды құрады, бұл дегеніміз 6,7-ден 3,2 мг/кг-ға дейін төмендеген.

Бұл енгізілетін биологиялық өнім дозасының (4 мл биопрепарат 10 л суға және 10 м<sup>2</sup>) асып кетуі жағымсыз екенін көрсетеді. Бақылау тобында, кестеден көріп отырғанымыздай, зерттелген көрсеткіштер өзгерген жоқ.

6 кесте. *Bacillus* тектес бактериялардың колонияларын сандық есепке алу

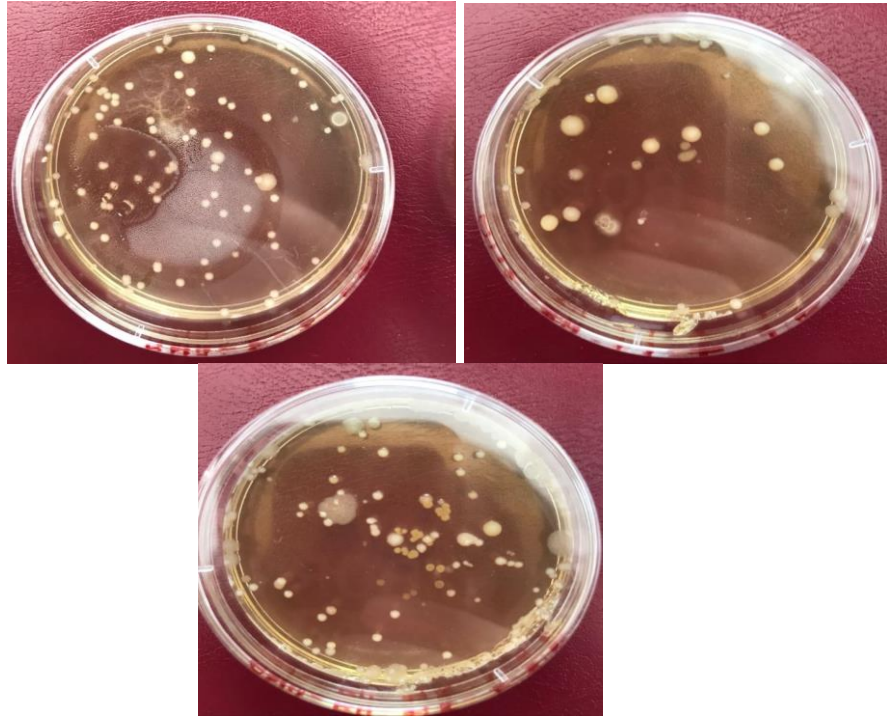
Тәжірибелер	Эксперименттің басталуы			Эксперименттің аяқталуы		
	Хим. анализ Су, мг/кг	Таралуы(тұқымдану )		Хим. анализ Су, мг/кг	Таралуы(тұқымдану )	
		$\bar{X} \pm m_x,$ КОЕ/г	Cv, %		$\bar{X} \pm m_x,$ КОЕ/г	Cv, %
Тәжірибе 1	6,7	$(1,5 \pm 0,1) \times 10^3$	20,7	3,2	$(6,5 \pm 0,3) \times 10^4$	8,85
Тәжірибе 2	6,7	$(3,5 \pm 0,2) \times 10^3$	12,35	2,5	$(7,5 \pm 0,4) \times 10^4$	8,4
Бақылау	6,7	$(3,5 \pm 0,2) \times 10^3$	11,89	6,7	$(5,0 \pm 0,3) \times 10^3$	9,92

### 3.3 *Bacillus* тектес бактериялар колонияларының культуралдық қасиеттері

24 сағаттық өсіруден кейін *Bacillus* тұқымдас бактериялар колонияларының культуралық қасиеттерін зерттеу келесі үлгіні көрсетті: профиль бойынша – жалпақ дөңес, түсі – ашық сары, жиегі бойынша – тегіс, формасы бойынша – ризоидты, зерттелген колониялар мөлдір және тегіс.

7 кесте. *Bacillus* тектес бактериялар колонияларының культуралық қасиеттері

	Культуралық қасиеттері							
	Профилі	Түсі	Температу- расы, °C	Жиегі	Өлшемі	Формасы	Беті	Оптикалық қасиеттері
Бақылау	тегіс, дөңес	ашық сары	28,5	тегіс	ұсақ	ризоид, дөңгелек	тегіс	мөлдір
Тәжірибе № 1	тегіс, дөңес	ашық сары	28,5	тегіс	нүктелі	ризоид, дөңгелек	тегіс	мөлдір
Тәжірибе № 2	тегіс, дөңес	ашық сары, сары	28,5	тегіс	нүктелі	дөңгелек	тегіс	мөлдір



Сурет 4. 24 сағат культивирлеуден кейінгі *Bacillus* тұқымдас бактериялардың колонияларының өсуі

## ҚОРЫТЫНДЫ

Математикалық модельде шешілетін жалпы мәселе компосттау процесінде жетілу кезеңінде ауыр металдардың биоремедиация процесіне жағымды әсер ететін тәжірибеде қарастырылған факторлар үшін оңтайлы жағдайларды анықтауға дейін азайтылды.

1 Алматы қаласындағы тұрмыстық қатты қалдықтармен жұмыс істеу ерекшелігі зерттелді. Алматы қаласында ҚТҚ-мен жұмыс істеу процесі бес негізгі операциядан құралады: контейнерлерде ҚТҚ жинау, ҚТҚ-ны тасымалдау (қоқыс сұрыптау зауытына және полигонға), Алматыдағы «Green Recycle» қоқыс сұрыптау зауытында ҚТҚ-ны сұрыптау (Алатау ауданы), сұрыпталған қалдықтарды (металл, пластик, шыны, құрамында целлюлоза бар қалдықтар) қайта өңдеу оларды қайта өңдеумен айналысатын түрлі ЖШС-де орындалады; Қарасай ҚТҚ полигонында (Қарасай ауданы) ҚТҚ көму.

2 Зерттелетін факторлардың жетілу кезеңінде компостта болатын биоремедиация процесіне корреляциялық тәуелділігі оң жоғары (0,8), бұл ауыр металдардың биоремедиация процесінде қарастырылатын факторлардың жоғары маңыздылығын көрсетеді.

3 Тәжірибеде көрсетілген технологиялық параметрлерде органикалық қалдықтардың компостталатын массасы бойынша биоремедиациялық көрсеткіштер рН 7.3, ылғалдылық 46 % және C/N 20/1 болған кезде максималды болады. Бұл жағдайда жылытылатын компост үшін жақсы биоремедиациялық көрсеткіштерге қол жеткізуге болады (61,34-64,38 %).

## ПАЙДАЛАНЫЛГАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Давыдова Н.Г. / Селективный сбор компонентов твердых бытовых отходов: принципы реализуемости в новых условиях. // ЦКИ Социально—экологический союз и Открытая Справочно-Информационная Служба "ECOLINE". — 111 с
- 2 Zulkifli A.A., Mohd Yusoff M.Z., Abd Manaf A., M.R., Roslan A.M., Ariffin H., Shirai Y., Hassan M.A. Assessment of Municipal Solid Waste Generation in Universiti Putra Malaysia and Its Potential for Green Energy Production // Sustainability, 2019. Vol. 11. Issue 14. PP. 3909-3909. doi: 10.3390/su11143909
- 3 Гусейналиев М.И. / Эффективность утилизации твердых бытовых отходов// Студенческий: электрон. научн. журн. 2021. № 1(129). URL: <https://sibac.info/journal/student/129/199376> (дата обращения: 21.02.2022)
- 4 Игнатьева Л. П., Потапова М. О. / Гигиенические аспекты обращения с бытовыми отходами сбор, транспортировка, обезвреживание. // Иркутск ИГМУ, 2016-72 с
- 5 Витковская С.Е. / Твердые бытовые отходы: антропогенное звено биологического круговорота. // СПб: АФИ, 2012. – 132 с
- 6 Strong PJ, Burgess JE. / (2008) Treatment methods for wine-related ad distillery wastewaters: a review. // Bioremediation Journal 12: 70-87
- 7 Kinnaman TC. 2009. / The economics of municipal solid waste management. //Waste Manag. 29(10):2615–17
- 8 Dangi MB, Pretz CR, Urynowicz MA, Gerow KG, Reddy JM. 2011./ Municipal solid waste generation in Kathmandu, Nepal. // J. Environ. Manag. 92(1):240–49
- 9 Medina M. 2007. / The World's Scavengers: Salvaging for Sustainable Consumption and Production. // Lanham, MD: Alta Mira
- 10 Chen X, Geng Y, Fujita T. 2010. / An overview of municipal solid waste management in China. // Waste Manag. 30(4):716–24
- 11 Tausz-Posch S, De Kok LJ (2020) / Plant functioning in a changing global atmosphere.// Plant Biol 22:3–4 , Fawzy S, Osman AI, Doran J, Rooney DW (2020) / Strategies for mitigation of climate change: a review. Environ Chem Lett , Zhang Q, Dai W, Wang X, Li J (2020) / Elevated CO2 concentration affects the defense of tobacco and melon against lepidopteran larvae through the jasmonic acid signaling pathway. // Sci Rep 10:4060
- 12 Mishra P, Krishnan S, Rana S, Singh L, Sakinah M, Ab Wahid Z (2019)/ Outlook of fermentative hydrogen production techniques: an overview of dark, photo and integrated dark-photo fermentative approach to biomass. // Energy Strategy Reviews 24:27–37, электронная версия на сайте <https://www.co2.earth/monthly-co2>, Accessed on: 5th July, 2020
- 13 Benyahya, Y.; Fail, A.; Alali, A.; Sadik, M. / Recovery of Household Waste by Generation of Biogas as Energy and Compost as Bio-Fertilizer – A Review. // Processes 2022, 10, 81
- 14 Федорова И.Л. Методы и перспективы утилизации отходов// Научное

сообщество студентов: Междисциплинарные исследования: сб. ст. по мат. LX междунар. студ. науч.-практ. конф. № 1(60). URL: [https://sibac.info/archive/meghdis/1\(60\).pdf](https://sibac.info/archive/meghdis/1(60).pdf) (дата обращения: 21.02.2022)

15 Herva M, Neto B, Roc E. / Environmental assessment of the integrated municipal solid waste management system in Porto (Portugal). // *J Clean Prod.* 2014;70:183–193. doi: 10.1016/j.jclepro.2014.02.007

16 Walling, E.; Trémier, A.; Vaneckhaute, C. // A review of mathematical models for composting. // *Waste Manag.* 2020, 113, 379–394

17 Влияние компостной закваски на ускорение компостирования органических веществ / Тен Хак Мун, Чень Вань Хен, Е. Л. Имранова, О. А. Кириенко, Г. Н. Ганин // *Агрохимия.* – 2004. – № 2. – С. 1-4.

18 Архипченко И. А. Оптимизация процесса компостирования и влияние биокомпостов на урожай / И. А. Архипченко, О. В. Орлова // *Агрохимический вестник.* – 2001. – № 5. – С. 22-24

19 Никольский К. С. / Твердые промышленные и бытовые органические отходы. Их свойства и переработка // К. С. Никольский, А. Н. Сачков. – М., 2006. – 115 с.

20 Rada, E.C.; Zatelli, C.; Cioca, L.I.; Torretta, V. / Selective collection quality index for municipal solid waste management. // *Sustainability* 2018, 10, 257

21 Milles, W. / *Organic Waste: Combining Compost and Biogas*; German Federal Ministry of Economic Affairs and Energy: Bonn, Germany, 2014; p. 17.

22 Permana, A.S.; Towolioe, S.; Aziz, N.A.; Ho, C.S. / Sustainable solid waste management practices and perceived cleanliness in a low income city. // *Habitat Int.* 2015, 49, 197–205

23 Wilson, D.C.; Rodic, L.; Cowing, M.J.; Velis, C.A.; Whiteman, A.D.; Scheinberg, A.; Vilches, R.; Masterson, D.; Stretz, J.; Oelz, B. / ‘Wasteaware’ benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities. // *Waste Manag.* 2015, 35, 329–342

24 Ibáñez-Forés, V.; Bovea, M.D.; Coutinho-Nóbrega, C.; de Medeiros-García, H.R.; Barreto-Lins, R. / Temporal evolution of the environmental performance of implementing selective collection in municipal waste management systems in developing countries: A Brazilian case study. // *Waste Manag.* 2018, 72, 65–77

25 Inglezakis, V.J.; Moustakas, K.; Khamitova, G.; Tokmurzin, D.; Sarbassov, Y.; Rakhmatulina, R.; Serik, B.; Abikak, Y.; Pouloupoulos, S.G. // Current municipal solid waste management in the cities of Astana and Almaty of Kazakhstan and evaluation of alternative management scenarios. *Clean Technol.* // *Environ. Policy* 2018, 20, 503–516

26 Assamoi, B.; Lawryshyn, Y. / The environmental comparison of landfilling vs. incineration of MSW accounting for waste diversion. // *Waste Manag.* 2012, 32, 1019–1030.

27 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. Available online: [https://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/0\\_Overview/V0\\_1\\_Overview.pdf](https://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/0_Overview/V0_1_Overview.pdf) (accessed on 2 March 2019)

28 Skryhan, H.; Shilova, I.; Khandogina, O.; Abashyna, K.; Chernikova, O. /

Waste management in post-soviet countries: How far from the EU? *Detritus* 2018, 3, 193–203

29 Inglezakis, V.J.; Amzebek, A.; Kuspangaliyeva, B.; Sarbassov, Y.; Balbayeva, G.; Yerkinova, A.; Pouloupoulos, S.G. / Treatment of municipal solid waste landfill leachate by use of combined biological, physical and photochemical processes. // *Desalination Water Treat.* 2018, 112, 218–231

30 RGRK. Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan dated by June 9, 2014 No. 634 “On the Approval of the Program for the Modernization of the Municipal Solid Waste Management System for 2014–2050.”. Available online: [https://greenkaz.org/images/for\\_news/pdf/npa/programma-modernizacii-tbo.pdf](https://greenkaz.org/images/for_news/pdf/npa/programma-modernizacii-tbo.pdf) (accessed on 14 February 2019)

31 Municipal Solid Waste Composting: Potentials and Constraints G.G. de L.W. Samarasinha, M.A.C.S. Bandara, A.K. Karunarathna January 2015

32 Antizar-Ladislao B, Lopez-Real J, Beck AJ. Degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in an aged coal tar contaminated soil under in-vessel composting conditions. // *Environ Pollut.* 2006;141(3):459–68.

33 Aramwit P, T Siritientong, T Srichana (2012) / Potential applications of silk sericin a natural protein from textile industry by products. // *Waste Management & Research* 30(3): 217-224

34 Zakarya IA Composting of Food Waste using Indigenous Microorganisms (IMO) as Organic Additive.

35 Kunz RI (2016) Silkworm sericin Properties and biomedical applications. *BioMed research international*

36 Juárez MFD (2015) Cocomposting of biowaste and wood ash, influence on a microbially driven process. *Waste management* 46: 155-164

37 Khalib SNBB (2014) Environmental Benefits of Composting Organic Solid Waste by Organic Additives. *Bulletin of Environmental Science and Management* 2(1)

38 A Review on Composting of Municipal Solid Waste K.R. Atalia<sup>1</sup>, D.M. Buha<sup>1</sup>, K.A. Bhavsar<sup>2</sup>, N.K. Shah<sup>1</sup> <sup>1</sup> Department of Chemistry, School of Sciences, Gujarat University, Ahmedabad, Gujarat, India <sup>2</sup> Department of Environmental Science, School of Sciences, Gujarat University, Ahmedabad, Gujarat, India (May. 2015), PP 20-29

39 Darby H.M., Stone A.G. Dick R.P., Compost and manure mediated impacts on soil borne pathogens and soil quality, *Soil Science Society of America Journal*, 70, 2006, 347-358

40 De Araujo A.S.F., De Melo W.J., Singh R.P., Municipal Solid Waste compost amendments in agricultural soil: changes in microbial biomass, *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 9, 2010, 41-49.

41 Divyani Panwar, Parmjit S. Panesar, Gisha Singla, Meena Krishania, Avinash Thakur <https://doi.org/10.1002/9781119502753.ch6> 25 сентября 2020 г

42 Файзуллина А. А. Динамика образования отходов производства и потребления в 2018 г. На территории Республики Башкортостан / А. А. Файзуллина, А. Н. Елизарьев, Э. С. Насырова // *Экологический мониторинг опасных промышленных объектов: современные достижения, перспективы и*



обеспечение экологической безопасности населения: сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции. – 2019. –С.182–184

43 Pandey, P.; Pandey, A.; Yan, L.; Wang, D.; Pandey, V.; Meikap, B.C.; Huo, J.; Zhang, R.; Pandey, P.K. Dairy Waste and Potential of Small-Scale Biogas Digester for Rural Energy in India. *Appl. Sci.* 2021, 11, 10671. <https://doi.org/10.3390/app112210671>

44 Sánchez, A., Artola, A., Font, X. Et al. Greenhouse gas emissions from organic waste composting. *Environ Chem Lett* 13, 223–238 (2015). <https://doi.org/10.1007/s10311-015-0507-5>

45 Sanjeev Kumar Awasthi, Surendra Sarsaiya, Mukesh Kumar Awasthi, Tao Liu, Junchao Zhao, Sunil Kumar, Zengqiang Zhang, Changes in global trends in food waste composting: Research challenges and opportunities, *BioresourceTechnology*, Volume 299, 2020, 122555, ISSN0960-8524, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.12255>

46 Talha Ahmad, Rana Muhammad Aadil, Haassan Ahmed, Ubaid ur Rahman, Bruna C.V. Soares, Simone L.Q. Souza, Tatiana C. Pimentel, Hugo Scudino, Jonas T. Guimarães, Erick A. Esmerino, Mônica Q. Freitas, Rafael B. Almada, Simone M.R. Vendramel, Marcia C. Silva, Adriano G. Cruz, Treatment and utilization of dairy industrial waste: A review, *Trends in Food Science & Technology*, Volume 88, 2019, P.361-372, ISSN 0924-2244, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.003>

47 Borhane Mahjoub, Elina Domscheit, Chances and challenges of an organic waste-based bioeconomy, *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, Volume 25, 2020, 100388, ISSN 2452-2236, <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.100388>

48 Talley J (2005) Introduction of recalcitrant compounds. In W. Jaferey & L. Talley (Eds. *Bioremediation of recalcitrant compounds*. Boca Raton: CRC

49 Wasi S, Jeelani G, Ahmad M (2008) Biochemical characterization of a multiple heavy metal, pesticides and phenol resistant *Pseudomonas fluorescens* strain. *Chemosphere* 71: 1348-1355

50 Strong PJ, Burgess JE (2008) Treatment methods for wine-related ad distillery wastewaters: a review. *Bioremediation Journal* 12: 70-87

51 Demnerova K, Mackova M, Spevakova, V, Beranova K, Kochankova L, et al. (2005) Two approaches to biological decontamination of groundwater and soil polluted by aromatics characterization of microbial populations. *International Microbiology* 8: 205-211

52 Silva-Castro GA, Uad I, González-López J, Fandiño CG, Toledo FL, Calvo C. Application of selected microbial consortia combined with inorganic and oleophilic fertilizers to recuperate oil-polluted soil using land farming technology. *Clean Technology of Environment Policy*. 2012;14:719-726.

53 Maila MP, Colete TE. Bioremediation of petroleum hydrocarbons through land farming: Are simplicity and cost-effectiveness the only advantages? Review. *Environmental Science Biotechnology*. 2004;3:349-360

54 M.J. Franchetti, A Systems Approach Solid Waste. *Analysis &*

Minimization, (McGraw-Hill Companies, Inc. 2009)

55 MATEC Web of Conferences 66, 00048 (2016). Nor Eeda Haji Ali and Ho Chin Siong

56 Chen, M.; Xu, P.; Zeng, G.M.; Yang, C.P.; Huang, D.L.; Zhang, J.C. Bioremediation of soils contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons, petroleum, pesticides, chlorophenols and heavy metals by composting: Applications, microbes and future research needs. *Biotechnol. Adv.* 2015, 33, 745–755

57 Gandolfi, I.; Sicolo, M.; Franzetti, A.; Fontanarosa, E.; Santagostino, A.; Bestetti, G. Influence of compost amendment on microbial community and ecotoxicity of hydrocarbon-contaminated soils. *Bioresour. Technol.* 2010, 101, 568–575

58 Tejada, M.; González, J.L.; Hernández, M.T.; García, C. Application of different organic amendments in a gasoline contaminated soil: Effect on soil microbial properties. *Bioresour. Technol.* 2008, 99, 2872–2880

59 Gemmell, B.J.; Bacosa, H.P.; Liu, Z.; Buskey, E.J. Can gelatinous zooplankton influence the fate of crude oil in marine environments? *Mar. Pollut. Bull.* 2016, 113, 483–487

60 Sarkar D, Ferguson M, Datta R, Birnbaum S. Bioremediation of petroleum hydrocarbons in contaminated soils: comparison of biosolids addition, carbon supplementation, and monitored natural attenuation. *Environ Pollut.* 2005;136(1):187–95

61 Kumar A, Bisht BS, Joshi VD, et al. Review on Bioremediation of Polluted Environment: A Management Tool. *International journal of Environmental Sciences.* 2011;1(6):1079-93

62 Jain PK, Bajpai V. Biotechnology of bioremediation- a review. *International journal of environmental sciences.* 2012;3(1): 535-49

63 Abatenh E, Gizaw B, Tsegaye Z, et al. Application of microorganisms in bioremediation-review *Journal of Environmental Microbiology* December 2017;1(1):02-09

64 Suja F, Rahim F, Taha MR, Hambali N, Razali MR, Khalid A, et al. Effects of local microbial bioaugmentation and biostimulation on the bioremediation of total petroleum hydrocarbons (TPH) in crude oil contaminated soil based on laboratory and field observations. *Int Biodeter Biodegr* ,(2014)

65 Ю. Николаев, В. Грачев, Ю. Михайлова. Использование технологии биоаугментации для улучшения качества очистки сточных вод: Водочистка (2016)

66 Kauppi S, Sinkkonen A, Romantschuk M. Enhancing bioremediation of diesel-fuelcontaminated soil in a boreal climate: Comparison of biostimulation and bioaugmentation. *Int Biodeter Biodegr* (2011)

67 Bonoli, A., Dall'Ara, A. (2012). A bioremediation case of an ex-quarry area restored by paper sludge. *Journal of Biotechnology*, 157(4), 499- 504

68 Zah,C., Saucius, A., Dumitrescu, L.,Manciulea, I. (2011). Aspects regarding recycling sludge by composting. *Environmental Engineering and Management Journal*, 10, 219-224

69 Pal S, Sarkar S, Banerjee R, Chanda S, Das P, et al. (2010) Effectiveness of

inoculation with isolated *Geobacillus* strains in the thermophilic stage of vegetable waste composting. *Bioresour Technol* 101: 2892-2895

70 Smith DC, Hughes JC (2004) Changes in maturity indicators during the degradation of organic wastes subjected to simple composting procedures. *Biol Fertil Soils* 39: 280-286

71 Луканин А.В. Инженерная экология: процессы и аппараты очистки сточных вод и переработки осадков [Текст]: учеб. пособие / А.В. Луканин – М.: ИНФРА-М, 2017. – 605 с. +Доп. Материалы

72 Павлов К.Ф., Романков П.Г. Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии [Текст] / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. – М.: Л., -Химия, 1981. – 560 с., ил

73 Poonam Sharma, Vivek Kumar Gaur, Shivangi Gupta, Sunita Varjani, Ashok Pandey, Edgard Gnansounou, Siming You, Huu Hao Ngo, Jonathan W.C. Wong, Trends in mitigation of industrial waste: Global health hazards, environmental implications and waste derived economy for environmental sustainability, *Science of The Total Environment*, Volume 811, 2022, 152357, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152357>

74 Haug, R.T. *The Practical Handbook of Compost Engineering*; Lewis Publishers: Boca Raton, FL, USA, 1993. [Google Scholar]

75 Hsu, J.H.; Lo, S.L. Chemical and spectroscopic analysis of organic matter transformations during composting of pig manure. *Environ. Pollut.* 1999, 104, 189–196

76 Sayara, T.; Borràs, E.; Caminal, G.; Sarrà, M.; Sánchez, A. Bioremediation of PAHs-contaminated soil through composting: Influence of bioaugmentation and biostimulation on contaminant biodegradation. *Int. Biodeter. Biodegr.* 2011, 65, 859–865

77 Loick, N.; Hobbs, P.J.; Hale, M.D.C.; Jones, D.L. Bioremediation of Poly-Aromatic Hydrocarbon (PAH)-Contaminated Soil by Composting. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 2009, 39, 271–332.

78 Gandolfi, I.; Siculo, M.; Franzetti, A.; Fontanarosa, E.; Santagostino, A.; Bestetti, G. Influence of compost amendment on microbial community and ecotoxicity of hydrocarbon-contaminated soils. *Bioresour. Technol.* 2010, 101, 568–575.

79 Ryckeboer, J.; Mergaert, J.; Vaes, K.; Klammer, S.; De Clercq, D.; Coosemans, J.; Insam, H.; Swings, J. A survey of bacteria and fungi occurring during composting and self-heating processes. *Ann. Microbiol.* 2003, 53, 349–410

80 Barros, E.S.C.; Cavalcante de Amorim, M.C.; Olszewski, N.; Silva, P.T.S. Composting of winery waste and characteristics of the final compost according the Brazilian legislation. *J. Environ. Sci. Health* 2021, 56, 447–457

81 Li, Z.; Lu, H.; Ren, L.; He, L. Experimental and modeling approaches for food waste composting: A review. *Chemosphere* 2013, 93, 1247–1257.

82 Echarrafi, K.; El Harhour, H.; Ben Abbou, M.; Rais, Z.; El Hassani, I.; El Haji, M. Mixture design formulation for optimized composting with the perspective of using artificial intelligence optimization algorithms. *J. Appl. Sci. Environ. Stud.* 2018, 1, 53–64.

83 Aguelmous et al., 2019 A. Aguelmous, L. El Fels, S. Souabi, M. Zamama, M. Hafidi The fate of total petroleum hydrocarbons during oily sludge composting: a critical review

84 Tejada, M.; Hernandez, M.T.; Garcia, C. Soil restoration using composted plant residues: Effects on soil properties. *Soil Tillage Res.* 2009, 102, 109–117

85 Bastida, F.; Jehmlich, N.; Lima, K.; Morris, B.E.L.; Richnow, H.H.; Hernández, T.; von Bergen, M.; García, C. The ecological and physiological responses of the microbial community from a semiarid soil to hydrocarbon contamination and its bioremediation using compost amendment. *J. Proteomics* 2016, 135, 162–169

86 Volume 24(2); 2019 > Article Published online: July 23, 2018. A comprehensive optimization model for integrated solid waste management system: A case study. Koushik Paul, Subhasish Chattopadhyay, Amit Dutta , Akhouri P. Krishna , Subhabrata Ray

87 Costi P, Minciardi R, Robba M, Rovatti M, Sacile R. An environmentally sustainable decision model for urban solid waste management. *Waste Manage.* 2004;24:277–295.

88 Прасад М. Н. В. Микроэлементы в окружающей среде. Биогеохимия, биотехнология и биоремедиация / М. Н. В. Прасад, К. С. Саджван, Р. Найдю. - Издательство: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 725 с

**РЕЦЕНЗИЯ**

НА ДИПЛОМНУЮ РАБОТУ

ГАЙНИҚЫЗЫ ГҮЛЗИРА

5B070100 - «Биотехнология»

На тему: «Математическое планирование и оптимизация процессов биоремедиации твердых бытовых отходов при их компостировании»

Выполнено:

- а) графическая часть на 8 листах;
- б) пояснительная записка на 36 страницах.

**Оценка работы**

Содержание дипломной работы состоит из введения, трех глав, заключения, а также списка использованных литературных источников.

В обзоре литературы автор дает теоретическую характеристику исследуемой теме.

В результатах исследования на первом этапе Гайниқызы Г. на основе математического моделирования планирует и оптимизирует факторы, влияющие на процесс биоремедиации твердых бытовых отходов при их компостировании. На втором этапе исследований автор проводит модельный эксперимент по компостированию органической фракции ТБО с учетом факторов, оптимально принятых в расчетных исследованиях. На третьем этапе соискатель проводит лабораторные исследования по изучению общей обсемененности органических отходов в процессе компостирования, изучает культуральные свойства колоний микроорганизмов, выращенных на плотной питательной среде.

Дипломная работа Гайниқызы Г. выполнена в соответствии с рекомендациями и требованиями по оформлению дипломных работ вузов. В работе есть логичность изложения анализа, изложенный текст в исследовании полностью соответствует названиям разделов.

Дипломная работа должна быть допущена к защите с высокой положительной оценкой «отлично».

**Рецензент**

Кадр. х. н., ст. преподаватель  
кафедры ХитОВПСИП  
КазНУ имени Аль-Фараби;  
Рахметуллаева Р.К.

\_\_\_\_\_ 2022 г.



30.05.2022  
ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ  
*eed*

**ОТЗЫВ**

**НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

На дипломную работу

(наименование вида работы)

Ғайниқызы Гүлзира

(Ф.И.О. обучающегося)

5В070100-Биотехнология

(шифр и наименование специальности)

Тема: «Математическое планирование и оптимизация процессов биоремедиации твердых бытовых отходов при их компостировании».

Тема дипломной работы соответствует профилю специальности и является актуальной.

Перед Ғайниқызы Г. были поставлены следующие задачи: изучить особенность обращения твердых бытовых отходов в г. Алматы; определить корреляционную зависимость исследуемых факторов на биоремедиацию тяжелых металлов при компостировании ТБО; определить оптимальные показатели для рассматриваемых факторов, которые повысят процент биоремедиации тяжелых металлов при компостировании ТБО. Все поставленные задачи Ғайниқызы Г. успешно выполнила и на высоком уровне провела изучение объекта, провела осмысление данных из литературных источников.

При выполнении дипломной работы исследовано достаточное количество методической и нормативной литературы по теме. Собранный материал хорошо проанализирован, выдержала утвержденный кафедрой график.


Дипломная работа отвечает предъявленным требованиям. Дипломная работа допущена к защите с оценкой «отлично – 98 %». Ғайниқызы Гүлзира заслуживает присвоения академической степени «бакалавр техники и технологии».

**Научный руководитель**

канд.с/х наук, доцент,

ассоц.профессор

(подпись)

 Джамалова Г.А

«30» 05 20... г.



## Метаданные

Название  
**2022\_БАК\_Файнықызы Гулзира.docx**

Автор **Файнықызы Гулзира** Научный руководитель **Гуля Джамалова**

Подразделение  
**ИГИНГД**

## Список возможных попыток манипуляций с текстом

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся манипуляций в тексте, с целью изменить результаты проверки. Для того, кто оценивает работу на бумажном носителе или в электронном формате, манипуляции могут быть невидимы (может быть также целенаправленное вписывание ошибок). Следует оценить, являются ли изменения преднамеренными или нет.

Замена букв		1
Интервалы		0
Микропробелы		0
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		7

## Объем найденных подобиий

Обратите внимание! Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.



25

Длина фразы для коэффициента подобия 2



5621

Количество слов



44990

Количество символов

## Подобия по списку источников

Просмотрите список и проанализируйте, в особенности, те фрагменты, которые превышают КП №2 (выделенные жирным шрифтом). Используйте ссылку «Обозначить фрагмент» и обратите внимание на то, являются ли выделенные фрагменты повторяющимися короткими фразами, разбросанными в документе (совпадающие сходства), многочисленными короткими фразами расположенные рядом друг с другом (парафразирование) или обширными фрагментами без указания источника ("криптоцитаты").

### 10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	Цвет текста
1	Алматы қаласынан шыққан төгінді суларды ауыр металдардан биологиялық тазалау жолдары 6/3/2021 Satbayev University (ИХИБТ)	16	0.28 %
2	Алматы қаласынан шыққан төгінді суларды ауыр металдардан биологиялық тазалау жолдары 6/3/2021 Satbayev University (ИХИБТ)	12	0.21 %

3	Алматы қаласынан шыққан төгінді суларды ауыр металдардан биологиялық тазалау жолдары 6/3/2021 Satbayev University (ИХиБТ)	12	0.21 %
4	Алматы қаласынан шыққан төгінді суларды ауыр металдардан биологиялық тазалау жолдары 6/3/2021 Satbayev University (ИХиБТ)	11	0.20 %
5	Алматы қаласынан шыққан төгінді суларды ауыр металдардан биологиялық тазалау жолдары 6/3/2021 Satbayev University (ИХиБТ)	10	0.18 %
6	Алматы қаласынан шыққан төгінді суларды ауыр металдардан биологиялық тазалау жолдары 6/3/2021 Satbayev University (ИХиБТ)	8	0.14 %
7	Алматы қаласынан шыққан төгінді суларды ауыр металдардан биологиялық тазалау жолдары 6/3/2021 Satbayev University (ИХиБТ)	6	0.11 %
8	Алматы қаласынан шыққан төгінді суларды ауыр металдардан биологиялық тазалау жолдары 6/3/2021 Satbayev University (ИХиБТ)	6	0.11 %
9	Алматы қаласынан шыққан төгінді суларды ауыр металдардан биологиялық тазалау жолдары 6/3/2021 Satbayev University (ИХиБТ)	6	0.11 %
10	Алматы қаласынан шыққан төгінді суларды ауыр металдардан биологиялық тазалау жолдары 6/3/2021 Satbayev University (ИХиБТ)	6	0.11 %

из базы данных RefBooks (0.00 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из домашней базы данных (2.35 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	Алматы қаласынан шыққан төгінді суларды ауыр металдардан биологиялық тазалау жолдары 6/3/2021 Satbayev University (ИХиБТ)	132 (17)

из программы обмена базами данных (0.00 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из интернета (0.00 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	--------------	---



**Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)**

---

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	СОДЕРЖАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	------------	---