

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сатпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Қ.Тұрысов атындағы Геология және мұнай-газ ісі институты

Химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасы

Құлман Несібелі Нұрманқызы

«Астана қаласы қатты тұрмыстық қалдықтар полигонында техногенді
бұзылған топырақтарды биоремедиациялау үдерістерін математикалық
жоспарлау және оңтайландыру»

Дипломдық жұмыс

Мамандығы 5В070100-Биотехнология

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сатпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Қ. Тұрысов атындағы Геология және мұнай-газ ісі институты

Химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Химиялық және Биохимиялық

Инженерия

Кафедра меңгерушісі

Р.Д докторы

Амитова А.А

«30» мамыр 2022 ж.



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Астана қ. қатты тұрмыстық қалдықтар полигонында техногенді бұзылған топырақтарды биоремедиациялау үдерістерін математикалық жоспарлау және оңтайландыру»

5B070100 – «Биотехнология» мамандығы

Орындаған

Құлман.Н.Н

Ғылыми жетекші

Доктор Ph.D, ассоц. Профессор

Рафикова Х.С.

«30» мамыр 2022 ж.

Пікір беруші

Биология ғылымдарының кандидаты,
Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ биология
және биотехнология факультеті
Биотехнология кафедрасының
профессоры

Атамбаева Ш.А.

«30» мамыр 2022 ж.

Ғылыми кеңесші

Рафикова Х.С.

«30» мамыр 2022 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сатпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Қ. Тұрысов атындағы Геология және мұнай-газ ісі институты

Химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасы

5B070100 – «Биотехнология»

БЕКІТЕМІН

Химиялық

және

Биохимиялық

Инженерия

Кафедра меңгерушісі

PhD докторы

Амитова А.А

«30» мамыр 2022 ж.



**Дипломдық жұмысты орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Құлман Несібелі Нұрманқызы

Тақырыбы: «Астана қ. қатты тұрмыстық қалдықтар полигонында техногенді бұзылған топырақтарды биоремедиациялау үдерістерін математикалық жоспарлау және оңтайландыру»

Университет Ректорының 2021 жылғы «24» желтоқсан № 489-П/Ө бұйрығымен бекітілген.

Дипломдық жұмыстың бастапқы деректері: математикалық модельдеу бойынша есептік зерттеулер жүргізілген эксперименттік жұмыстардың нәтижелері

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2022 жылғы «2» маусым

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер тізімі:

а) ҚТҚ полигонының үйінді денесінің антропогендік даму ерекшеліктерін зерттеу.

б) ҚТҚ полигонының үйінді денесінің биохимиялық процестердің ыдыруы негізінде бес факторлы экспериментті жоспарлау.

в) Биогаз құрамында хром түзілу процесіне анаэробты биологиялық ыдыраудың зерттелетін бес тәуелсіз факторларын оңтайландыру.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер 45 атаудан тұрады.

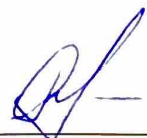
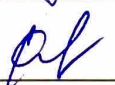
Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылған мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе және әдебиеттерге шолу	Наурыз, 2022	Орындалды
Материал және зерттеу әдістемесі	Сәуір, 2022	Орындалды
Зерттеу нәтижелері	Мамыр, 2022	Орындалды

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушыларының
аяқталған жұмысқа қойылған
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күн	Қолы
Норма бақылау	Доктор PhD,ассоц. Профессор Рафикова Х.С	30.05	
Ғылыми кеңесші	Доктор PhD,ассоц. Профессор Рафикова Х.С	30.05	

Ғылыми жетекші

Тапсырманы орындауға
алған білім алушы

Доктор Ph.D, ассоц.
профессор
Рафикова Х.С.

Құлман Н.Н

Күні

«30» мамыр 2022 ж.

АНДАТПА

Тақырыбы. Астана қаласы қатты тұрмыстық қалдықтар полигонында техногенді бұзылған топырақтарды биоремедиациялау үдерістерін математикалық жоспарлау және оңтайландыру.

Түйінді сөздер: тұрмыстық қатты қалдықтар, үйінді дене, полигон, хром, бес факторлы эксперимент.

Мақсаты. ҚТҚ полигондарында биогаз эмиссиясын жоспарлау және оңтайландыру.

Осы мақсатқа жету үшін келесі **міндеттер** қойылды.

- ҚТҚ полигонының үйінді денесінің антропогендік даму ерекшеліктерін зерттеу.

- ҚТҚ полигонының үйінді денесінің биохимиялық процестердің ыдырауы негізінде бес факторлы экспериментті жоспарлау.

- Биогаз құрамында хром түзілу процесіне анаэробты биологиялық ыдыраудың зерттелетін бес тәуелсіз факторларын оңтайландыру.

Алынған нәтижелер.

Модельдеу әдісімен ҚТҚ полигонының үйінді денесінде органикалық қалдықтардың биологиялық ыдырауы кезінде биогаз құрамында хромның генерациялау дәрежесіне тәуелсіз өзгерулердің әсері зерттелді. Хром үшін ең маңызды факторлар X_1 (органикалық көмірсутектің құрамы, %), X_2 (ылғалдылық, %), X_3 (грунттың тығыздығы, г/см³), X_4 (сүзу коэффициенті, м/тәу) екендігі анықталды. болып табылатыны анықталды. Биогаз құрамында хромның ең көп мөлшерін 55 % X_1 , X_2 , X_3 және X_4 факторлары өзгерген кезде алу жоспарлануда.

Практикалық маңызы. ҚТҚ полигонының үйінді денесінің құрамында бар органикалық қалдықтардың биотехнологиялық параметрлерін анаэробты ыдырауын математикалық модельдеу әдістерімен табу, биогаз құрамында хромның пайда болу дәрежесін арттыру мақсатында нақты полигон үшін инженерлік-техникалық, жергілікті шешімдерді құрастыруға мүмкіндік береді.

Құрылымы және көлемі. Дипломдық жұмыс 35 беттен тұрады, 5 сурет, 5 кесте бар. Библиографиялық көрсеткіште 45 дереккөзге сілтеме жасалған.

АННОТАЦИЯ

Тема. Математическое планирование и оптимизация процессов биоремедиации техногенно нарушенных грунтов на полигоне твердых бытовых отходов в г. Астане

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, полигон, хром, пятифакторный эксперимент.

Цель. Планирование и оптимизация эмиссии биогаза на полигонах ТБО.

Для достижения этой цели были поставлены следующие **задачи**.

- Изучение особенностей антропогенного развития тела отвала полигона ТБО.

- Планирование пятифакторного эксперимента на основе разложения биохимических процессов в организме свалок полигона ТБО.

- Оптимизация пяти исследуемых независимых факторов анаэробного биоразложения в процессе хромообразования в составе биогаза.

Полученные результаты.

Методом моделирования исследовано влияние изменений, не зависящих от степени генерации хрома в составе биогаза при биологическом разложении органических отходов в теле отвала полигона ТБО. Установлено, что наиболее важными факторами для хрома являются X_1 (содержание органических углеводов,%), X_2 (влажность,%), X_3 (плотность грунта, г/см³), X_4 (коэффициент фильтрации, м/сут). выявлено, что является. Наибольшее содержание хрома в биогазе планируется получить при изменении 55% факторов X_1 , X_2 , X_3 и X_4 .

Практическое значение. Поиск методами математического моделирования анаэробного разложения биотехнологических параметров органических отходов, содержащих тело отвала полигона ТБО, позволит разработать инженерно-технические, локальные решения для конкретного полигона с целью повышения степени образования хрома в составе биогаза.

Структура и объем. Дипломная работа состоит из 35 страниц, содержит 5 рисунков, 5 таблиц. Библиографический указатель содержит ссылки на 45 источников.

ANNOTATION

Topic. Mathematical planning and optimization of bioremediation processes of technogenically disturbed soils at the solid waste landfill in Astana

Keywords: solid household waste, landfill, chrome, five-factor experiment.

Goal. Planning and optimization of biogas emissions at landfills.

To achieve this goal, the following **tasks** were set.

- Study of the features of the anthropogenic development of the landfill dump body.
- Planning of a five-factor experiment based on the decomposition of biochemical processes in the body of landfill landfills.
- Optimization of the five investigated independent factors of anaerobic biodegradation in the process of chromium formation in the composition of biogas.

The results obtained.

The influence of changes that do not depend on the degree of chromium generation in the biogas composition during the biological decomposition of organic waste in the landfill dump body has been studied by modeling. It was found that the most important factors for chromium are X_1 (organic hydrocarbon content,%), X_2 (humidity,%), X_3 (soil density, g/cm³), X_4 (filtration coefficient, m/day). It is revealed that is. The highest chromium content in biogas is planned to be obtained when 55% of the factors X_1 , X_2 , X_3 and X_4 change.

Practical significance. The search by methods of mathematical modeling of anaerobic decomposition of biotechnological parameters of organic waste containing the landfill dump body will allow us to develop engineering and technical, local solutions for a specific landfill in order to increase the degree of chromium formation in biogas.

Structure and volume. The thesis consists of 35 pages, contains 5 figures, 5 tables. The bibliographic index contains references to 45 sources.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	8
1 Әдебиетке шолу	9
1.1 Геобиореактор ретінде қатты тұрмыстық қалдықтар полигоны	9
1.2 Органикалық қалдықтардың анаэробты ыдырауы	12
1.2.1 Анаэробты ыдырау сатылары мен микроорганизмдері	12
1.2.2 Анаэробты ыдырау процесіне әсер ететін факторлар	14
1.3 Биогаз, ҚТҚ органикалық фракцияларының анаэробты ыдырауының өнімі ретінде	14
1.3.1 Биогаздың құрамы	14
1.3.2 Қоқыс газы	15
1.4 Қатты тұрмыстық қалдықтар энергия алу көзі ретінде	15
1.5 Биологиялық ыдыраудан алынған өнім	17
2 Материал және зерттеу әдістемесі	20
2.1 Зерттеу объектісі	20
3 Зерттеу нәтижелері	22
Қорытынды	31
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	32

КІРІСПЕ

Жұмыстың өзектілігі. Адам өмірі үшін табиғи ортамен қатар антропогендік орта да қажетті жағдайлар болып табылады. Егер бірінші жағдайда біз табиғаттағы өмірімізді демалыс ретінде байланыстырсақ, екінші жағдайда өміріміздің қажеттілігі ретінде байланыстырамыз. Бұл адамның өз өмірін антропогендік ортада байланыстыратындығын көрсетеді. Біз үшін антропогендік ортаны дамыту бүгінгі таңда бірінші кезектегі міндет болып табылады, өйткені осы дамумен біз түсінуіміз бойынша неғұрлым жайлы өмір аламыз. Бұл жайлылық пен жылулықпен қатар, тауарлар, бұйымдар мен өнімдер түріндегі тұтынушылық мүмкіндіктеріміздің дамуын білдіреді. Жергілікті антропогендік ортаның экономикалық дамуы неғұрлым жоғары болса, соғұрлым олар оңай ауыстырылады, яғни өнімдер, өнімдер мен тауарлар. Сондықтан, бұл қажетсіз және тез арада бүлдіретін өнімдер, сондай-ақ тұрмыста өз мерзімін өткерген тауарлар мен бұйымдар қатты тұрмыстық қалдықтарға (ҚТҚ) арналған контейнерге және бұдан әрі, біздің жергілікті мүмкіндіктерімізбен 94-97% жағдайда, ҚТҚ полигонына кенеттен кетеді, онда, биохимиялық үдерісте қазірдің өзінде қалыптасқан қоқыс денесінің ыдырауы ксенобиотиктердің құрамы мен құрылымында әртүрлі фильтрат пен биогаздың құрамында қалыптасады және олар өз кезегінде табиғи ортаға кетеді. Тауарлар мен өнімдердің антропогендік дамуының бұл тізбегі бізді қатты тұрмыстық қалдықтарды басқарудың жаңа жүйелерін табуға және дамытуға міндеттейді, өйткені бұл проблемаларды елемеу болашақта демалу үшін орын табу қиынға соғады.

Жұмыстың мақсаты. ҚТҚ полигондарындағы биогаз эмиссиясын жоспарлау және оңтайландыру.

Осы мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды:

1 Қатты тұрмыстық қалдықтар полигонының қоқыс денесінің антропогендік даму ерекшеліктерін зерттеу.

2 ҚТҚ полигонының қоқыс денесінің ыдырауының биохимиялық процестеріне негізделген бес факторлы экспериментті жоспарлау.

3 Биогаз құрамындағы метанның түзілу процесіне анаэробты био-ыдыраудың бес тәуелсіз факторларын оңтайландыру.

Практикалық маңызы. Математикалық модельдеу әдістерімен ҚТҚ полигонының қоқыс тастайтын денесінің құрамындағы органикалық қалдықтардың анаэробты ыдырауының оңтайлы биотехнологиялық параметрлерін табу биогаз құрамында метанның пайда болу дәрежесін арттыру және оны практикалық қолдану мақсатында нақты полигон үшін инженерлік-техникалық жергілікті шешімдерді құрастыруға мүмкіндік береді.

Құрылымы мен көлемі. Дипломдық жұмыс компьютерлік мәтіннің 35 бетінде баяндалған, 5 сурет, 6 кестеден тұрады. Библиографиялық әдебиеттер көрсеткішінде 35 дереккөзге сілтемелер берілген.

1 ӘДЕБИЕТКЕ ШОЛУ

1.1 Геобиореактор ретінде қатты тұрмыстық қалдықтар полигоны

Қатты тұрмыстық қалдықтар (ҚТҚ) [1] - бұлантропогендік орта:

- қажет емес немесе жарамсыз болып қалған өнімдер және олардың қалдықтары,
- тұрмыста өз мерзімін өткерген тауарлар мен бұйымдар,
- көп тонналы, құрамы, құрылымы және көлемі бойынша әртүрлі, тұтыну қалдықтары.

ҚТҚ полигонының қоқыс тастайтын заттары – [48] - бұл:

- қоршаған ортаға техногендік жүктемені тұтыну қалдықтарынан азайту үшін әртүрлі инженерлік-технологиялық шешімдері бар антропогендік-жайластырылған аумақ,
- технологиялық қоймалау аймағы,
- литогендік сфера мен биотаның абиотикалық факторларының тұтастығы.

Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, ҚТҚ полигонының қоқыс денесі – бұл ҚТҚ полигонымен байланысты геологиялық табиғи-техногендік (био-антропогендік) құрылым деп қорытынды жасауға болады. ҚТҚ полигонындағы топырақтың ерекше күрделі құрамына байланысты қоқыс тастайтын дене нақты ажыратылған және ерекше экологиялық-геологиялық және гидрогеологиялық жағдайлары бар [3].

Полигондағы ҚТҚ [3]:

1) Бұл:

- техногендік қоқыс топырағы,
- гетерогенді, күрделі-көп фазалы, іс жүзінде біртекті жүйе;

2) Келесі компоненттерден тұрады:

- қатты, оған металдар, пластмасса, түрлі тұрмыстық техника және олардың бөліктері және т. б.,
- сұйық, гидролиз өнімдерімен, атмосфералық тұнба және сығу сұйықтығымен, яғни фильтратпен ұсынылған,
- газ, химиялық өнімдермен ұсынылған, сондай-ақ қалдықтардың органикалық-минералды массасының биохимиялық ыдырауы,
- биотикалық (тірі) компонент.

Осы техногендік қалыптасқан қоқыс денесінің осындай күрделі массасында әр түрлі химиялық және биологиялық процестер жүреді, бұл бір жағынан табиғи ортаға әртүрлі ксенобиотиктердің, екінші жағынан патогендік агенттердің таралуына әкеледі.

Айта кету керек, қатты тұрмыстық қалдықтар полигондарының қоқыс денелері биогаздың пайда болу деңгейінен 1-суретте көрсетілгендей бес санатқа бөлінеді.

1-суреттен көріп отырғанымыздай, жер бетіндегі қабаттағы CH_4 және CO_2 мазмұнымен ерекшеленетін қауіпсіз, ықтимал қауіпті, қауіпті I және қауіпті II

санаттар мен өрт-жарылыс қаупі бар, бірінші жағдайда 0,1 және 0,5% дан аз болады 0,1 және 0,5 астам %, 1,0-ден астам және 10,0 % дейін , 5,0-ге дейін және $N \cdot 10$ айн. 5,0 және $N \cdot 10$ айн. % тиісінше [4, 9].

Классификациясы	Категориясы	жер бетіндегі қабаттағы CH_4 , %	жер бетіндегі қабаттағы CO_2 , %
	Қауіпсіз	0,1-ден кем	0,5 -тен аз
	Потенциалды қауіпті	0,1 -ден көп	0,5 -тен көп
	Қауіпті	1,0 көп	10,0 дейін
	Қауіпті	5,0 дейін	$n \cdot 10$
	Өрт-жарылыс қауіптілігі	5,0 -тен көп	$n \cdot 10$

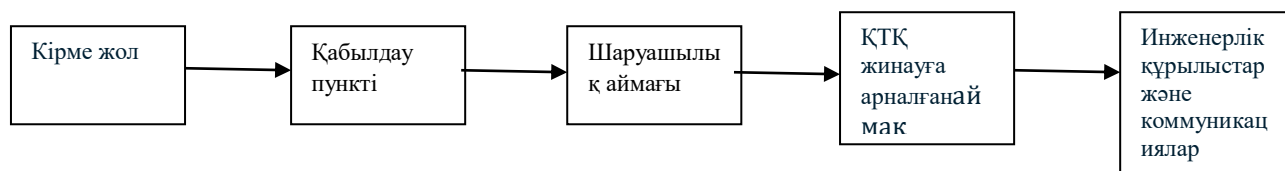
1-сурет-биогаздың пайда болу деңгейіне байланысты полигондардың қоқыс денелерін жіктеу

Қазақстан Республикасының Экологиялық кодексіне сәйкес [5] қалдықтарды орналастыруға арналған полигон мынадай сыныптардың біріне жатқызылуы мүмкін: 1 - сынып - қауіпті қалдықтарды орналастыруға арналған полигон; 2 - сынып-қауіпті емес қалдықтарды орналастыруға арналған полигон; 3-сынып-ҚТҚ орналастыруға арналған полигон.

ҚТҚ арналған полигондар [6]:

- инженерлік-технологиялық жабдықталған құрылыстар,
- тұрмыстық қатты қалдықтарды оқшаулау және залалсыздандыру функцияларын орындайды.

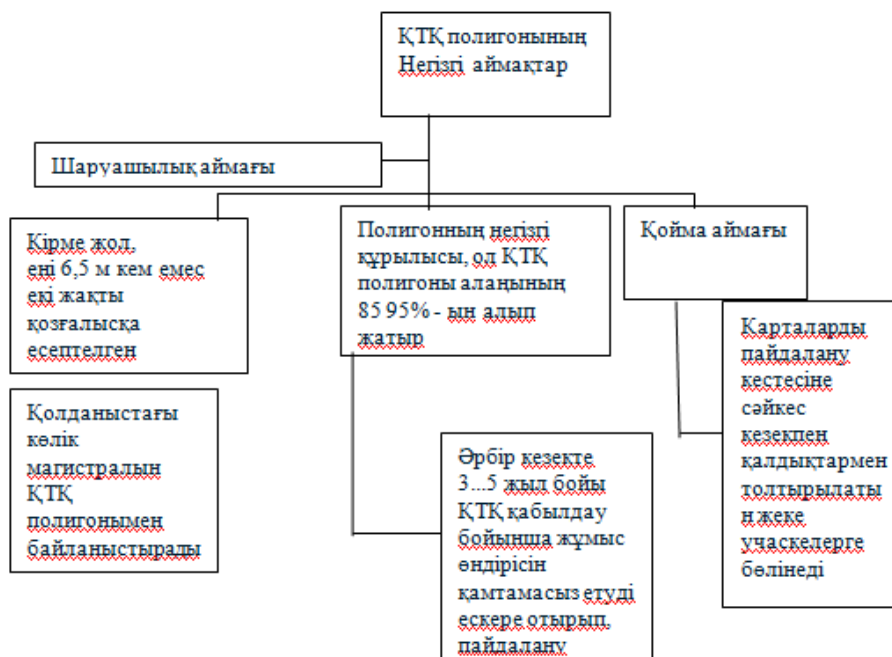
Жоғарыда айтылғандардан қатты тұрмыстық қалдықтарды сақтау (Сақтау) полигоны бүгінде тиімді геобиореактор ретінде қарастырылуы мүмкін. ҚТҚ полигонының негізгі элементтері 2-суретте схема түрінде келтірілген.



2-сурет-ҚТҚ полигонының негізгі элементтері

2-суреттен көріп отырғанымыздай, ҚТҚ полигонының негізгі элементтері шаруашылық (қосалқы) аймақ болып табылады, онда кірме жол, таразысы бар бақылау-қабылдау пункті, әкімшілік-тұрмыстық корпус пен техникаға арналған өндірістік алаңдар және ҚТҚ сақтауға арналған учаскелер шоғырланған

технологиялық аймақ шоғырланған. Бұл 3-суреттегі схема түрінде толығырақ сипатталған.



3-сурет-ҚТҚ полигонының негізгі аймақтары

3-суреттен көріп отырғанымыздай, ҚТҚ полигонындағы қоймалау учаскесі негізгі құрылыс болып табылады және ҚТҚ полигонының жалпы алаңынан шамамен 85-95% - ды алып жатыр, бұл ретте ол әрбір кезек үшін 3-5 жыл бойы ҚТҚ қабылдау және депозиттеу жөніндегі жұмыстарды жүргізу технологиясын қамтамасыз ету үшін пайдалану кезегіне бөлінеді [8]. Ал қоймалау аймағы ҚТҚ қоймалаудың технологиялық картасы болып табылады, ол полигон әкімшілігі жасайтын карталарды пайдалану кестесіне сәйкес кезекпен толтырылады [6]. Шаруашылық аймағында бақылау-қабылдау пунктiмен және әкімшілік-тұрмыстық корпуспен бірге гараж, жанар-жағармай материалдарына, энергия ресурстарына, құрылыс материалдарына, арнайы киімдерге, шаруашылық мүкәммалға және т.б. арналған қойма үй-жайлары орналастырылады [9]. Жоғарыда баяндалғанды қорытындылай келе, мынадай ережелерді жасасуға болады [1-9]: ҚТҚ полигонының 1 -ден үйінді денесін геобиореактор ретінде қарастыруға болады, өйткені ол ерекше экологиялық-геологиялық және гидрогеологиялық жағдайлары бар геологиялық табиғи-техногендік түзілімді білдіреді. 2-ден қоршаған табиғи ортаға арналған қатты тұрмыстық қалдықтар полигондары табиғатқа зиянды әсердің алдын алу және пайдалану кезеңі аяқталғаннан кейін оларды қалпына келтіру үшін қорғаныс тосқауылының функциясын орындайды. 3 -ден қатты тұрмыстық қалдықтар

полигоны олардың табиғи ортаға теріс әсерін болдырмау үшін ксенобиотиктердің эмиссиясын бақылау жүйесімен жабдықталуы керек, мысалы: - биогаз, яғни қоқыс газы, - улы сүзінді, бұл биохимиялық ыдырау процесінде жинақталған қалдықтарда пайда болады. 4-ден ҚТҚ орналастыру полигонының орналасқан жерін таңдау кезінде ескерілуі тиіс талаптар:

1) полигон шекарасынан:

- су объектілеріне,
- ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлерге,
- тұрғын және рекреациялық аймақтарға,
- елді мекендерге дейінгі қашықтық.

2) болуы:

- жерасты сулары,
- жер үсті сулары,
- су қорғау аймақтары,
- ерекше қорғалатын табиғи аумақтар;

3) Геологиялық жағдайлар;

4) гидрогеологиялық жағдайлар;

5) учаскеде су басу қаупі;

6) учаскеде төмендеу қаупі;

7) учаскеде сырғыма қаупі;

8) учаскедегі көшкін қаупі;

9) мемлекеттік табиғи-қорық қорының объектілерін қорғау.

5 (ШСБ) шекараларының санитарлы бақылауды қамтамасыз ету:

- атмосфералық ауаның,
- ашық су қоймалары суының,
- полигонның жұмыс аймағындағы жер асты суларының,
- санитарлық-қорғау аймағы.

6 ҚТҚ полигонының бүкіл аумағының периметрі бойынша қоршау орнату қажет (тереңдігі шамамен 2 м траншея немесе биіктігі шамамен 2 м жер білігі).

7 қатты тұрмыстық қалдықтарды технологиялық картада сақтау кезінде оқшаулау топырақпен (инертті материалмен) жүзеге асырылады: - аралық қалыңдығы шамамен 0,25-0,5 м әр 5 м сайын, - қалдықтардың тығыздалған қабатының бетінде соңғы (2 м дейін).

1.2 Органикалық қалдықтардың анаэробты ыдырауы

1.2.1 Анаэробты ыдырау сатылары мен микроорганизмдері

ҚТҚ полигонының қоқыс тастайтын денесінен биогазды алу метантендағы органикалық қалдықтардың типтік анаэробты ашытуынан кейбір айырмашылықтарға ие, өйткені ҚТҚ органикалық фракциясының ыдырауы қалдықтар оттегі болмаған жағдайда көмілгеннен кейін полигонда тікелей өтеді. ҚТҚ полигонының қоқыс тастайтын денесінен биогазды бөлу процесі қоқыс тастайтын денеден биогазды жинау бойынша инженерлік шешімдер

көзделгеніне немесе көзделмегеніне қарамастан жүруіне байланысты үйінділердегі биомассаны жеке ыдысқа (мысалы, метантенкаға) оқшауламайды, өйткені т. б. метан түзілу процесі оттегі болмаған кезде басталады. Анаэробты ыдырау органикалық заттардың негізгі жанғыш компонент ретінде метанмен (CH₄) биогаз ретінде белгілі құнды өнімге тиімді айналуына негізделген [10]. Анаэробты ыдырау процесі төрт кезеңнен тұрады: гидролиз, ацидогенез, ацетогенез және метаногенез. Биодеградацияның анаэробты процесі жоғарыда аталған төрт кезеңді орындай алатын әртүрлі микроорганизмдердің өзара әрекеттесуіне байланысты [11]. Гидролиз процесінде гидролитикалық бактериялар сәйкесінше көмірсулар, липидтер мен ақуыздарды қантқа, ұзын тізбекті май қышқылдары мен амин қышқылдарына айналдыратын жасушадан тыс ферменттерді шығаруға қабілетті. [12]. Гидролиз реакциясы:

Липидтер → май қышқылдары

Полисахаридтер → Моносахаридтер

Ақуыз → Аминқышқылдары

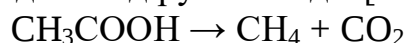
Нуклеин қышқылдары → пуриндер мен Пиримидин [13].

Гидролиздің жылдамдығы субстраттың қол жетімділігімен, бактериялардың көптігімен, тығыздығымен, температурасымен және рН-мен анықталады [14].

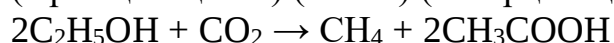
Гидролизді бактериялар тұқымның факультативті анаэробтар тобынан жасайды: *Streptococcus*, *Enterobacterium* [15].

Екінші кезеңде ацетогендік бактериялар, қышқыл түзуші деп те аталады, бірінші фазалық өнімдерді қарапайым органикалық қышқылдарға айналдырады [16], мысалы, сірке, пропион және май қышқылдары және сутегі, көмірқышқыл газы және сірке қышқылы сияқты басқа да маңызды емес өнімдер [17].

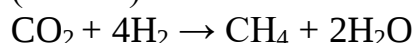
Үшінші кезеңде ацетатты бактериялар, соның ішінде *Syntrophomonas* және *Syntrophobacter* ұрпақтарынан ұшпа май қышқылдарын ацетатқа, СО, сутекке (H₂) айналдырады. *Methanobacterium suboxydans* бактериялары пентан қышқылын пропион қышқылына дейін ыдыратады, ал *Methanobacterium propionicum* пропион қышқылын сірке қышқылына дейін ыдыратады [15]. Метаногенез анаэробты ашытудың соңғы кезеңін білдіреді, онда қол жетімді аралық өнімдерді метан өндірісі үшін метаногенді микроорганизмдер тұтынады [18]. Метаногенді бактерияларға *Methanobacterium*, *Methanobacillus*, *Methanococcus* and *Methanosarcina* [13] жатады. Метаногенез реакцияларын келесідей білдіруге болады [16]:



(сірке қышқылы) (метан) (көмірқышқыл газы)



(этанол)



(сутегі) (су)

1.2.2 Анаэробты ыдырау процесіне әсер ететін факторлар

Анаэробты ыдырау температураға байланысты [19]. Анаэробты ашытудың екі негізгі температуралық режимі бар: мезофильді (35°C) және термофильді (55°C) [20]. Биогаз өндіруге арналған мезофильді реактордың оңтайлы температурасы 35°C . мезофильді диапазонда белсенділік пен бактериялардың өсу қарқыны әр 10°C түсу үшін 50% төмендейді. Биогаз өндірісінің төмендеуі температура 20°C -қа дейін төмендеген кезде басталады, ал өндіріс 10°C -та тоқтайды [21]. Температура деңгейінің 37°C -қа дейін жоғарылауы ыдырау процесіне кететін уақыттың қысқаруына әкеледі. Температураның одан әрі жоғарылауы биогаздың пайда болу жылдамдығын төмендетеді [22]. Анаэробты биодеградация процесінің рН-ы ыдырау процесіне айтарлықтай әсер ететін тағы бір параметр болып табылады [23, 24]. Анаэробты геобиореактордағы оңтайлы рН диапазоны 6,8–ден 7,2-ге дейін [25] анаэробты геобиореактордағы метаногенез рН 6,5-8,2-де тиімді жүреді, ал гидролиз және ацидогенез рН 5,5 және 6,5-де сәйкесінше жүреді [26].

Органикалық материалдағы C/N қатынасы анаэробты ыдырауда шешуші рөл атқарады [27]. Органикалық қалдықтардың анаэробты деградациясы үшін C / N оңтайлы қатынасы 20-35 құрайды [26]. Алайда, шын мәнінде, шикізаттың C / N қатынасы көбінесе 25-30-дан әлдеқайда төмен немесе жоғары [28]. Егер C/N қатынасы тым үлкен болса, азот ақуызға деген қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін метаногендермен тез тұтынылады және материалдағы көміртектің қалған құрамына жауап бере алмайды [29]. Анаэробты ас қорытудың тиімділігін оттегіні химиялық тұтыну (ОХТ) көмегімен де бағалауға болады. ОХТ төмендеуі анаэробты реакторда болатын ыдырау мөлшерін көрсетуі мүмкін, өйткені ол органикалық тұтынуды көрсетеді [30]. Минералды иондар, әсіресе ауыр металдар және жуғыш заттар бактериялардың қалыпты өсуіне жол бермейтін кейбір материалдар болып табылады. Минералдардың аз мөлшері (натрий, калий, кальций, магний, аммоний және күкірт) бактериялардың өсуін ынталандырады, бірақ олардың жоғары концентрациясы улы әсер етеді [31, с.9].

1.3 Биогаз, ҚТҚ органикалық фракцияларының анаэробты ыдырауының өнімі ретінде

1.3.1 Биогаздың құрамы

Қатты тұрмыстық қалдықтар (ҚТҚ) полигондарында органикалық қалдықтардың анаэробты ыдырауы кезіндегі негізгі өнім биогаз болып табылады.

Биогаз-газдардың жанғыш қоспасы. Ол негізінен метаннан (CH_4) және көмірқышқыл газынан (CO_2) тұрады және органикалық қосылыстардың

анаэробты бактериялық ыдырауы нәтижесінде пайда болады, яғни оттегісіз [32].

Оның құрамы ыдырау процесіне ұшыраған шикізат түріне байланысты. Биогаздың құрамына қатысты:

- метан CH_4 (50-75%),
- көмірқышқыл газы CO_2 (25-35%),
- H_2S күкіртсутегі (0-1%),
- H_2 сутегі (0-1%),
- CO көміртегі тотығы (0-2%),
- азот N_2 (0-2%),
- аммиак NH_3 (0-1%),
- O_2 оттегі (0-2%) және
- су- H_2O (2-7%).

Жану кезінде қоқыс денелері түтінмен бірге және күйе атмосфераға бөлінеді мұндай уытты заттар ретінде азот оксиді, күкірт, хлорлы сутегі және т. б. Барлығы биогазда сәйкестендіріледі 100-ден астам химиялық қосылыстар [33].

ҚТҚ полигондары атмосфераға метан шығарындыларының антропогендік көздері болып табылады. Сонымен, олардың парниктік газдың ғаламдық эмиссиясына қосқан үлесін жылына 35-73 тонна (антропогендік 10-20% немесе метанның жалпы эмиссиясының 6-12%) бағалауға болады [34].

Биогаз (метаногендік) технологияларының негізінде анаэробты бактериялардың әсерінен органикалық қалдықтардың анаэробты биоыдырауының күрделі табиғи-антропогендік процестері жатыр [35].

Жоғарыда айтылғандардан биогазогенезге микроорганизмдердің екі тобы шартты түрде қатысады деп қорытынды жасауға болады:

- қышқыл түзетін (ашыту) бактериялар күрделі органикалық қосылыстарды (ақуыздар, майлар, талшықтар және т. б.) қарапайым заттарға ыдыратады, нәтижесінде ашытудың бастапқы өнімдері ашытылған ортада жиналады - ұшпа май қышқылдары, төмен спирттер, сутегі, көміртегі тотығы, сірке және құмырсқа қышқылдары және т. б.;

- метан түзетін бактериялар (архебактериялар) тамақтану үшін жинақталған аз күрделі органикалық қышқылдарды пайдаланады және оларды көбінесе метан мен көмірқышқыл газына ашытады [36].

1.3.2 Қоқыс газы

Қоқыс газы, биогаздың бір түрі ретінде, қатты қалдықтарды биодеградациялау кезінде полигондарда пайда болады. ҚТҚ үйінділерінде органикалық фракция (тамақ қалдықтары, қағаз, картон, тоқыма, ағаш, сүйек және тері) биохимиялық ыдырау процесінен өтеді. Нәтижесінде органикалық заттардың ыдырауының анаэробты процестері қоқыс денесінің қалыңдығында қарқынды қалыптасады. Мұндай жағдайларда қоқыс газының шығуы 120-200 м³/т ҚТҚ шегінде болады, бұл ретте қоқыс газы негізінен полигон жұмысының

алғашқы 5-50-60 жылында пайда болатындығын атап өткен жөн, әсіресе бұл газ алғашқы 5-15 жылда қарқынды түрде шығарылады-толық қордың шамамен 50% [37]. Газдың көп мөлшері жиналған кезде полигон ішіндегі қысым атмосфералық қысымнан жоғары болады және ол атмосфераға ауысады. Бұл газдар полигондардың ішінде және сыртында жағымсыз иістерді тудырады [39]. Қоқыс газының құрамындағы Метан көмірқышқыл газымен салыстырғанда парниктік әсердің дамуына анағұрлым белсенді әсер етеді. Сонымен қатар, метан табиғи ортаға улы, жарылғыш және өрт қауіпі бар.

1.3.3 Биогаз электр энергиясының көзі ретінде

Жоғарыда айтылғандай, қатты тұрмыстық қалдықтарды полигонда сақтау кезінде полигон денесі пайда болады, онда оттегінің жетіспеушілігі, ылғалдылық пен температураның жоғарылауы жағдайында органикалық қалдықтардың ыдырауының анаэробты процестері пайда болады, нәтижесінде полигон газы пайда болады және құрамында метан мен көмірқышқыл газының қоспасы анықталады. Қоспалардың ең аз мөлшері (күкірт, күкіртсутек, азот, кремний) [41].

Зиянды шығарындылар мен төгінділерді азайту үшін полигонды қоқыс газын да, фильтратты да жинау, залалсыздандыру және кәдеге жарату жүйелерімен жабдықтау арқылы ҚТҚ полигонына айналдыруға болады. Ол үшін қоқыс корпусында қалдықтардың биологиялық ыдырау өнімдерін – қоқыс газы мен фильтратты жинау және шығару функциясын орындайтын тік және көлденең құбырлар кешені орнатылады. Осылайша жиналған қоқыс газы залалсыздандырылып, одан әрі жылу (жылу шығару қабілеті 6000-9500 ккал/м³) және электр энергиясын алу үшін пайдаланылуы мүмкін [42].

Шикі қоқыс биогазы одан конденсат пен қатты бөлшектерді шығарғаннан кейін жылу өндіру мақсатында немесе белгілі бір Технологиялық процесте (күйдіру, технологиялық бу өндіру және т.б.) тікелей пайдалану үшін өнеркәсіптік тұтынушыға жеткізіледі [44].

Полигонды пайдаланудағы мұндай тәсіл табиғи орта мен экономикаға пайда әкеледі [45]:

- 1) парниктік газдар шығарындыларын азайту (CH_4 , CO_2 , NO_x);
- 2) ҚТҚ басқаруды жақсарту;
- 3) биогазды жинау және тазарту кезіндегі қаржылық перспективалар;
- 4) полигондарда органикалық қалдықтарды орнықты кәдеге жарату;
- 5) ауаның, су ортасының және топырақтың ластануын азайту жағдайларында жүргізіледі;
- 6) жергілікті / ауыл экономикасын жақсарту.

1.4 Қатты тұрмыстық қалдықтар энергия алу көзі ретінде

Қатты тұрмыстық қалдықтар (ҚТҚ) - бұл үй шаруашылықтары, коммерциялық кәсіпорындар, өнеркәсіптік немесе басқа да кәсіпорындар күн сайын түзетін қоқыс деп аталатын қатты қалдықтар. ҚТҚ органикалық фракциясы муниципалитеттер жинаған барлық тұрмыстық, коммуналдық және өнеркәсіптік қалдықтардың органикалық бөлігі болып табылады.

Қатты тұрмыстық қалдықтар (ҚТҚ) - бұл әртүрлі, негізінен, қауіпті емес, биологиялық ыдырайтын / ыдырамайтын заттарға, көміртекті / көміртекті емес және біз күнделікті өмірде және коммерциялық қызметті реттеуде шығаратын көп қолдануға болатын / жарамсыз қатты қалдықтарға берілетін атау.

Биогазды коммерциялық өндіру үшін басқа материалдармен салыстырғанда ақуызға бай қалдықтарға артықшылық беріледі, өйткені олардың биометандық әлеуеті жоғары.

Қатты тұрмыстық қалдықтардың органикалық фракциясы әдетте табиғатта өте алуан түрлі. Оның анаэробты ыдырау қабілеті оның құрамына көмірсулар, ақуыздар, липидтер және лигно целлюлозасы сияқты баяу ыдырайтын фракциялар тұрғысынан байланысты.

Құрамында ұшпа заттар көп. Бұл қалдықтар (органикалық фракция) органикалық фракция ұсынатын ұшпа заттардың көп болуына байланысты анаэробты ашыту үшін ерекше қызығушылық тудырады [25].

Бұл тұрғыда қатты тұрмыстық қалдықтар биомассаның маңызды көзі болып табылады, өйткені органикалық заттардың мөлшері, әдетте, елдің даму деңгейі, популяция, қолданыстағы қайта өңдеу бағдарламалары және басқалары сияқты факторларға байланысты қатты тұрмыстық қалдықтардың жалпы көлемінің 40-тан 60% - на дейін өзгереді [26, 27].

Әдетте, биологиялық ыдырайтын ҚТҚ фракциясы (яғни, тамақ және биомасса қалдықтары, қағаз және картон) 30% - дан 65% - ға дейін ауытқиды.

1.5 Биологиялық ыдыраудан алынған өнім

Қатты қалдықтардың анаэробты ашытуынан алынған биогаздың негізгі компоненттері метан (48-65%), көмірқышқыл газы (36-41%), азот (17% дейін), оттегі (<1%) және басқа газдардың іздері, мысалы H_2S [29].

Осылайша, биогаз 65% метаннан тұратын әмбебап жаңартылатын энергия көзі болып табылады.

Метанның пайда болу потенциалы көбінесе 170 және 310 м³/т арасында хабарланады [27].

Құрамында 64-69% метан бар Биогаз жалпы энергетикалық әлеуетке ие 23-25 МДж / м³ биогаздың жылу шығару қабілеті шамамен 6 кВтс / м³ құрайды, бұл 0,5 л дизель отынына балама [18].

Биогаз өндірілгеннен кейін анаэробты ыдыраудан кету дигестат деп аталады, сонымен қатар одан әрі тұрақтандыруға және сапалы топырақ қоректенуіне - компостқа айналдыруға болады.

Дигестат / био суспензияны топырақ кондиционері немесе органикалық тыңайтқыш ретінде және ұрықтандыру немесе сұйық тыңайтқыш үшін су

ретінде қолдана алатын ферманың болуы өсімдікті айтарлықтай жүктемеден босатуы мүмкін [31].

Қалдықтарды басқарудың әртүрлі нұсқаларын талдау кезінде анаэробты биодеградация компостингке қарағанда үлкен экологиялық артықшылықтарға әкелетіні анықталды. Valerio (2010) органикалық фракцияларды өңдеудің биологиялық әдісі, мысалы, анаэробты ашыту + анаэробты ашыту өнімдерін компосттау (дигестат) + компостинг (компост), егер соңғы өнім (дигестат, компост) ауыл шаруашылығында қолданылса, азайтылуы мүмкін [20].

Қалдықтардың органикалық фракциясымен жұмыс істеудің тағы бір мүмкін шешімі-жағу. Органикалық фракцияның жануы энергияның қалпына келуіне және пайда болған қалдықтардың биологиялық реактивтілігінің едәуір төмендеуіне әкеледі, тіпті егер биостабилизациямен және қалдықтарды көмумен салыстырғанда жоғары шығындар болса [20].

Осылайша, қалаларда өндірілген қатты қалдықтардың көп мөлшерін топырақтағы қоректік заттарды толтыру үшін пайдалануға болатын дигестат сияқты құнды өнімдерге қайта өңдеуге болады. Анаэробты ашыту дигестаты топырақ құрылымын жақсарту үшін құрғақта қолдануға жарамды азот, фосфор, калий және микроэлементтер сияқты қоректік заттарға бай. ҚТҚ органикалық фракциясының анаэробты ыдырауы кезінде дигестат құрамында 50% - ға дейін Органикалық азот және 50% аммиак болуы мүмкін [17].

Дигестатты тыңайтқыш немесе органикалық тыңайтқыш ретінде пайдаланудан басқа, оны биомассада қатты отын ретінде де қолдануға болады. Калориялық мәні 15-тен 15,8 МДж / кг-ға дейін өзгереді, бұл ағаш отынымен салыстырғанда жоғары. Сондықтан дигестатты ағаш отынының баламалы энергиясы ретінде пайдалануға болады [17].

Дигестаттың сапасы бірнеше факторларға байланысты, мысалы:

- сіңірілетін материалдардың табиғаты,
- биоыдырау процессі,
- жұмыс температурасы,
- ұстау уақыты.

Дигестатта қоздырғыштар болуы мүмкін, сондықтан оны түсірмес бұрын немесе қайта қолданар алдында сапалы және қауіпсіз дигестат алу үшін алдын-ала өңдеу қажет болуы мүмкін. Моно-тұндыру кезінде ҚТҚ фракциясы дигестат түзуі мүмкін, оны тыңайтқыш ретінде қауіпсіз пайдалануға болады. Алайда, биогаздың ауқымды өндірісінде қалдықтардың бірнеше түрін, соның ішінде ағынды суларды пайдалануға болады, сондықтан дигестат тікелей қайта пайдалануға немесе төгуге жарамсыз болуы мүмкін. Анаэробты дигестатты олардың құрамындағы қоректік заттарға байланысты тыңайтқыш немесе органикалық қоспа ретінде пайдалануға болады. Әдетте, пайыздық мазмұн неғұрлым жоғары болса қалдықтарды басқарудың әртүрлі нұсқаларын талдау кезінде анаэробты биодеградация компостингке қарағанда үлкен экологиялық артықшылықтарға әкелетіні анықталды. Valerio (2010) органикалық фракцияларды өңдеудің биологиялық әдісі, мысалы, анаэробты ашыту + анаэробты ашыту өнімдерін компосттау (дигестат) + компостинг (компост),

егер соңғы өнім (дигестат, компост) ауыл шаруашылығында қолданылса, азайтылуы мүмкін .

Дигестаттан алынған гидрокарбонат қатты отын ретінде ұсынылмайды, өйткені оның күл химиялық құрамы және шлак пен ластанудың болжамды сипаттамалары жану үшін өте қолайлы емес [33].

Осылайша, 150° С-тан жоғары температурада дигестатты өңдеу аз пайда әкеледі және алынған гидрокарбонатты балама қолдануды табу керек.

Тамақ қалдықтарының анаэробты дигестатының құрамында аммиак пен ерітілген көмірқышқыл газының жоғары концентрациясы бар екендігі белгілі. Аммиакты рН жоғарылаған кезде ауаны шығару арқылы дигестаттан шығаруға болады. Алайда, дигестаттың рН-ын жоғарылату қиын, өйткені ерітілген көмірқышқыл газы бикарбонат пен карбонат иондарына айналады. Осылайша, аммиакты десорбциялау процесінде сілтілік тұтынуды азайту үшін дигестаттағы көмірқышқыл газын алып тастау керек [34]. Көмірқышқыл газын кетірудің тиімділігін арттыру үшін көптеген зерттеулер жүргізілді, әр түрлі газдарды қолдану арқылы, дигестат температурасын өзгерту арқылы және реакторлардың жұмыс жағдайларын оңтайландыру арқылы [34].

Оңтайлы жағдайда жұмыс істейтін диффузиялық аэратор,:

- 82,1% ерітілген көмірқышқыл газын кетіреді,

- жалпы бейорганикалық көміртектің 13,7% - ын тамақ қалдықтарының анаэробты дигестатынан шығарады,

- дигестаттың рН-ын 0,66-ға арттырады.

Мұнара аэраторы болған жағдайда:

- 69,8% ерітілген көмірқышқыл газын жою,

- жалпы бейорганикалық көміртектің 7,7% - ын алыңыз,

- десорбциядан кейін пісіру ерітіндісінің рН-ын 0,49-ға арттыру.

Сонымен, аэратордың диффузиялық түрі саптама мұнарасының түріне қарағанда жақсы нұсқа болуы мүмкін, әсіресе көмірқышқыл газын шығару тиімділігі жоғары болған кезде. Эксперименттік нәтижелер аэраторлардың екі түрі де жалпы бейорганикалық көміртекті 30% - дан аз жою тиімділігіне қол жеткізгенін көрсетті [34].

2 МАТЕРИАЛ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕМЕСІ

Зерттеу объектісі: ҚТҚ полигонының үйінді денесінде өндірілетін биогаз.

Зерттеу материалдары 2009-2015 жылдар аралығында алынған эксперименттік мәліметтерден алынды [45].

Зерттеу әдістемесі. ТҚҚ органикалық фракциясының анаэробты биодеградациясының негізінде көп факторлы тәуелділік жатыр.

Бес факторлы экспериментті жоспарлау белгілі бір эмпирикалық тәуелділікті анықтауға мүмкіндік береді, біздің жағдайда зерттелетін бес фактордың ҚТҚ полигоны жағдайында биогаз эмиссиясына әсерін зерттейді.

Зерттеу сызықтық емес бірнеше корреляция негізінде экспериментті жоспарлау әдісін қолданды [45]:

$$R = \sqrt{1 - \frac{(N-1) \times \sum (Y_s - Y_m)^2}{(N-K-1) \times \sum (Y_s - Y_{cp})^2}}$$

1 формулада қабылданған мәндер:

N - сипатталған нүктелер саны,

K-әрекет етуші факторлар саны,

Y_s -эксперименттік нәтиже,

Y_m - теориялық (есептік) нәтиже,

Y_{op} -орташа эксперименттік мәні.

Мән келесі шарттарды орындау кезінде маңызды:

$$t_R = \frac{R \times \sqrt{N-K-1}}{1-R^2} > 2$$

Математикалық биология және ықтималдық теориясы зерттелетін функцияларды биотехнологиялық эксперименттерде жеткілікті болатын R - сызықты емес бірнеше корреляция коэффициентімен және оның t_R 5% деңгейінде есептелген маңызды және шамалы деп санайды. Функция шамалы болған кезде, оның өзгеру шекаралары сенімді аралықтан аспайды (нәтижелердің рұқсат етілген таралуының шегі).

Сондықтан жеке функцияның маңыздылығын талдағанда $N = 5$, $K = 1$, өйткені бес фактордың әрқайсысының әсері бөлек қарастырылады.

Жуықтау функциясын таңдау ең кіші квадраттар әдісіне негізделген:

$$Y = a + b \times X. \quad (3)$$

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}, \quad (4)$$

$$a = \frac{\sum Y - b \sum X}{n} \quad (5)$$

Жалпыланған теңдеудің формуласы $Y_{об}$:

$$Y_{об} = \frac{Y_1 \times Y_2 \times \dots \times Y_n}{Y_{cp}^{n-1}} \quad (6)$$

Белгілеулер:

$Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$ – жеке функциялар,

$Y_{ж}$ -жалпыланған функцияның барлық есептелген мәндерінің жалпы орташа мәні.

Жалпыланған теңдеу:

- R корреляция коэффициентінің мәні және жеткіліктілікке T_R мәні бойынша талданады,

- полигонның қоқыс тастайтын денесіндегі ҚТҚ органикалық фракциясының анаэробты ыдырау процесінде биогаз эмиссиясы үшін оңтайлы жағдайларды анықтауға мүмкіндік береді.

3 ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ

Математикалық экспериментте полигонның қоқыс тастайтын денесіндегі ҚТҚ ыдырауының анаэробты процесіне әсер ететін факторлар пайдаланылды, бұл ретте олардың көрсеткіштері әртүрлі ғылыми жұмыстардың теориялық деректеріне сәйкес қабылданды:

1 X_1 – Органикалық көміртектің құрамы, %

2 X_2 – ортаның ылғалдылығы%: белгілі болғандай, ҚТҚ полигонының қоқыс тастайтын денесіндегі тереңдікте ылғалдылық (шөгінділер + қалдықтардың тығыздалуы кезінде пайда болатын су + биологиялық ыдырау процесінде пайда болатын су) ұлғаяды, сондықтан ылғалдылық бойынша мынадай лимиттер қабылданды: 60 (2 м және одан төмен тереңдікте қатысты)-80 (5-7 м және одан төмен тереңдікте)%.

3 X_3 – Грунттың тығыздығы, г/см³.

4 X_4 – Сүзу коэффициенті,м/сут

Нұр-сұлтанк. ҚТҚ полигонының техногенді бұзылған топырақтарындағы хромның құрамы 6,9-дан 15,65 мг/кг-ға дейін құрайды, бұл ШЖК-дан 130 есе жоғары (0,05 мг/кг; і қауіптілік сыныбы) [Джамалова Г. А. қатты коммуналдық қалдықтар полигондарының топырақ құрамының физикалық-химиялық өзгерістері // Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институтының Известиясы техникалық университетінің), № 18 (44), 2013, 83-85 Б.].

Математикалық жоспарлау және астаналық полигонда техногенді бұзылған топырақты биоремедиациялау процестерін оңтайландыру үшін ТБ 1-кестеде келтірілген факторларды есепке алу кезінде жүргізілді.

Кесте 1. Факторлық кеңістік аймағы

Факторлар	Фактор деңгейлері				
	1	2	3	4	5
X_1 – Органикалық көміртектің құрамы, %	6	7	8	9	10
X_2 – Ылғалдылығы, %	29	32	35	38	41
X_3 – Грунттың тығыздығы, г/см ³	0,63	0,65	0,67	0,69	0,71
X_4 – Сүзу коэффициенті, м/сут	0,33	0,43	0,53	0,63	0,73

Астаналық ҚТҚ полигонының топырақтарының хромнан биоремедиациясы зерттеулерде 31-57 аралықта болды %

2-кесте-экспериментті жоспарлаудың матрицасы (бес факторлы)

Тәж. №	Экспериментті жоспарлаудың бес факторлы матрицасы								X ,%
	X ₁		X ₂		X ₃		X ₄		
	Деңг	Мәні	Деңге	Мәні	Деңге	Мәні	Деңге	Мәні	
1	1	6	1	29	5	0.71	1	0.33	31
2	1	6	2	32	4	0.69	3	0.53	54
3	1	6	3	35	3	0.67	2	0.43	41
4	1	6	4	38	2	0.65	4	0.63	56
5	1	6	5	41	1	0.63	5	0.73	51
6	2	7	1	29	5	0.71	1	0.33	55
7	2	7	2	32	4	0.69	3	0.53	33
8	2	7	3	35	3	0.67	2	0.43	55
9	2	7	4	38	2	0.65	4	0.63	43
10	2	7	5	41	1	0.63	5	0.73	34
11	3	8	1	29	5	0.71	1	0.33	41
12	3	8	2	32	4	0.69	3	0.53	48
13	3	8	3	35	3	0.67	2	0.43	35
14	3	8	4	38	2	0.65	4	0.63	47
15	3	8	5	41	1	0.63	5	0.73	57
16	4	9	1	29	5	0.71	1	0.33	36
17	4	9	2	32	4	0.69	3	0.53	46
18	4	9	3	35	3	0.67	2	0.43	53
19	4	9	4	38	2	0.65	4	0.63	37
20	4	9	5	41	1	0.63	5	0.73	50
21	5	10	1	29	5	0.71	1	0.33	41
22	5	10	2	32	4	0.69	3	0.53	54
23	5	10	3	35	3	0.67	2	0.43	42

24	5	10	4	38	2	0.65	4	0.63	32
25	5	10	5	41	1	0.63	5	0.73	39

25 экспериментке негізделген латын квадратына негізделген жоспарлау ($n = p^2$, $p = 5$), X_1 -ден X_5 -ке дейінгі тәуелсіз факторлар 1-5 деңгейлері бойынша таралады.

Әрі қарай, эксперименттік мәліметтер негізінде жеке функциялар есептеледі ($Y_1, Y_2, \dots, Y_5$), олар зерттелетін факторлардың биогазды өндіруге және хромның құрамына әсерін сипаттайды (%) (4-кесте).

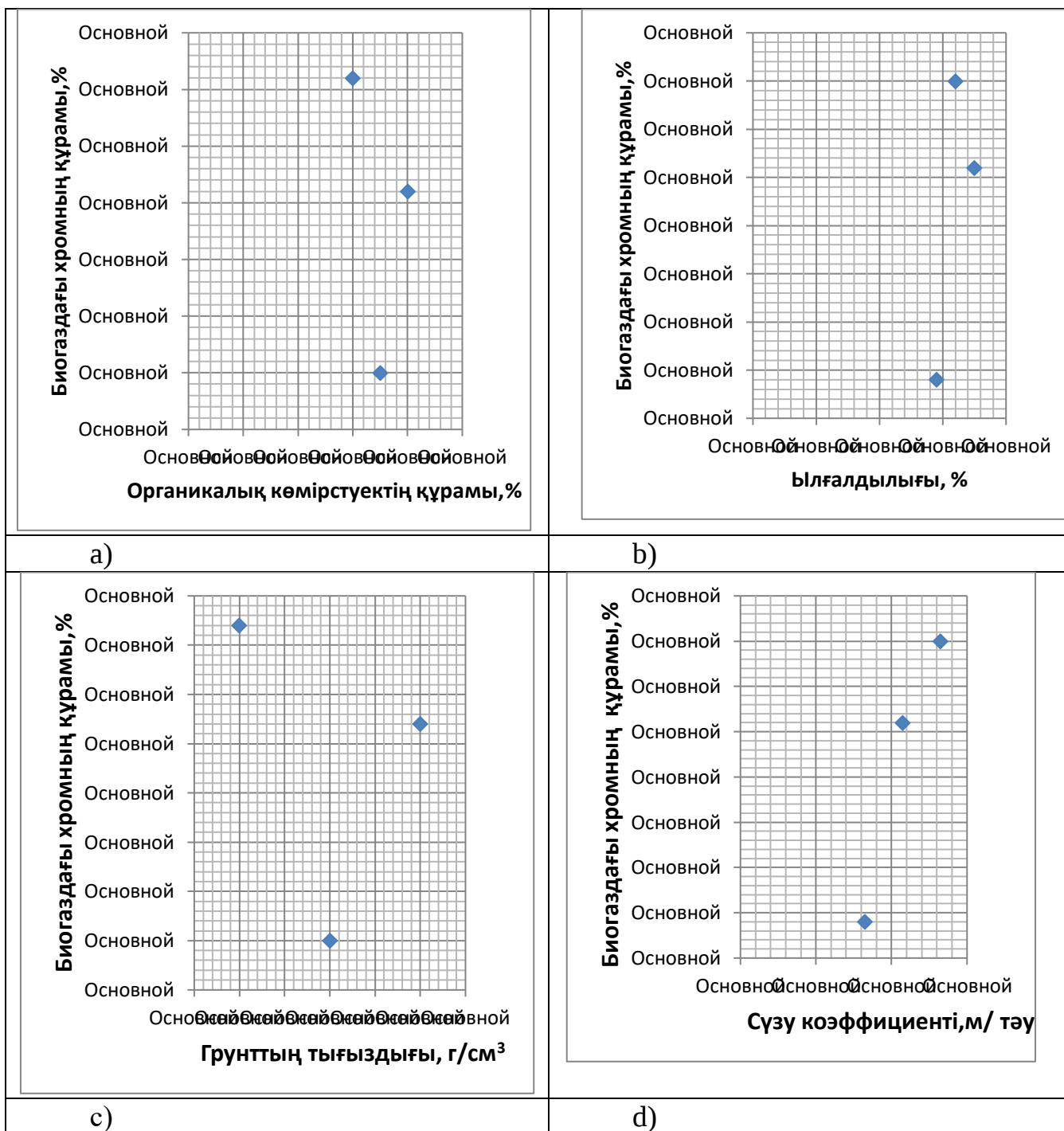
3-кесте- Жеке функциялардың эксперименттік мәндерін есептеу

Тәж №	Экспериментті жоспарлаудың бес факторлы матрицасы								%
	X ₁		X ₂		X ₃		X ₄		
	Деңгей	Мәні	Деңге й	Мәні	Деңге й	Мәні	Деңге й	Мәні	
1	1	31	1	31	5	31	1	31	31
2	1	54	2	54	4	54	3	54	54
3	1	41	3	41	3	41	2	41	41
4	1	56	4	56	2	56	4	56	56
5	1	51	5	51	1	51	5	51	51
6	2	55	1	55	5	55	1	55	55
7	2	33	2	33	4	33	3	33	33
8	2	55	3	55	3	55	2	55	55
9	2	43	4	43	2	43	4	43	43
10	2	34	5	34	1	34	5	34	34
11	3	41	1	41	5	41	1	41	41
12	3	48	2	48	4	48	3	48	48
13	3	35	3	35	3	35	2	35	35
14	3	47	4	47	2	47	4	47	47
15	3	57	5	57	1	57	5	57	57
16	4	36	1	36	5	36	1	36	36
17	4	46	2	46	4	46	3	46	46
18	4	53	3	53	3	53	2	53	53
19	4	37	4	37	2	37	4	37	37
20	4	50	5	50	1	50	5	50	50
21	5	41	1	41	5	41	1	41	41
22	5	54	2	54	4	54	3	54	54
23	5	42	3	42	3	42	2	42	42

24	5	32	4	32	2	32	4	32	32
25	5	39	5	39	1	39	5	39	39

Кесте 4. Зерттелетін функциялардың есептік мәндері

№ фактора	1	2	3	4	5	Ү _{ср}
X_1	31	55	41	36	41	
	54	33	48	46	54	
	41	55	35	53	42	
	56	43	47	37	32	
	51	34	57	50	39	
Σ	46,6	44	45,6	44,4	41,6	44,44
X_2	31	54	41	56	51	
	55	33	55	43	34	
	41	48	35	47	57	
	36	46	53	37	50	
	41	54	42	32	39	
Σ	40,8	47	45,2	43	46,2	44,44
X_3	51	56	41	54	31	
	34	43	55	33	55	
	57	47	35	48	41	
	50	37	53	46	36	
	39	32	42	54	41	
Σ	46,2	43	45,2	47	40,8	44,4
X_4	56	51	43	31	41	
	43	34	54	55	55	
	47	57	33	41	35	
	37	50	48	36	53	
	32	39	46	41	42	
Σ	43	46,2	54	40,8	45,2	44,4



4 - сурет-Нүктелі графиктерге іріктеу: қарастырылатын тәуелсіз факторлардың әсерін зерттеу: X_1 (органикалық көмірсутектің құрамы,%), X_2 (ылғалдылық,%), X_3 (грунттың тығыздығы, г/см³), X_4 (сүзу коэффициенті, м/тәу)ҚТҚ полигонының қоқыс тастайтын денесінің биодеградациясы кезінде метабензге биогаз түзілуінің%.

Кесте 4.1. Зерттелетін функцияларды жуықтау

X_1 – Органикалық көміртектің құрамы, %

№	X			
	1			
	X	Y	X^2	XY
1	6	46.6	36	279.6
2	7	44	49	308
3	8	45.6	64	364.8
4	9	44.4	81	399.6
5	10	41.6	100	416
Σ	40	222.2	330	1768

X_2 – Ылғалдылығы, %

№	X			
	2			
	X	Y	X^2	XY
1	29	40.8	841	1183,2
2	32	47	1024	1504
3	35	45.2	1225	1582
4	38	43	1444	1634
5	41	46.2	1681	1894,2
Σ	175	222,2	6215	7797,4

X_3 – Грунттың тығыздығы, г/см³

№	X			
	3			
	X	Y	X^2	XY
1	0.63	46.2	0,3969	26,106
2	0.65	43	0,4225	27,95
3	0.67	45.2	0,4489	30,284
4	0.69	47	0,4761	32,43
5	0.71	40.8	0,5041	28,968
	3,35	222,2	2,2484	145,738

X_4 – Сүзу коэффициенті

№	X			
	4			
	X	Y	X^2	XY
1	0.33	40.8	0,1089	13,464
2	0.43	45.2	0,1849	19,436
3	0.53	47	0,2809	24,91
4	0.63	43	0,3969	27,09
5	0.73	46.2	0,5329	33,726
Σ	2,65	222,2	1,5045	118,626

5 кесте Зерттелетін функцияларды аппроксимациялау

Формулы	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$	-0.96	0.11	-2	7.01
$a = \frac{\sum Y - b \sum X}{n}$	52.18	40.65	45.84	40.78
$Y = a + b \times X$	$Y_1 = 52.18 + (-0.96) \cdot X_1$	$Y_2 = 40.65 + 0.11 \cdot X_2$	$Y_3 = 45.84(-2) \cdot X_3$	$Y_4 = 40.78 + 7.01 \cdot X_4$
Жеке функциялардың теориялық мәні:				
$Y_{n1} = a + b \cdot X_{n1}$	46.42	43.81	44.58	43.09
$Y_{n2} = a + b \cdot X_{n2}$	45.46	44.17	44.54	43.79
$Y_{n3} = a + b \cdot X_{n3}$	44.5	44.5	44.5	44.49
$Y_{n4} = a + b \cdot X_{n4}$	43.54	44.83	44.46	45,19
$Y_{n4} = a + b \cdot X_{n4}$	42.58	45.16	44.42	45,89

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad a = \frac{\sum Y - b \sum X}{n}$$

$$b_1 = \frac{5 \cdot 1768 - 40 \cdot 222.2}{5 \cdot 330 - (40)^2} = -0.96 \quad a_1 = \frac{222.5 + 0.96 \cdot 40}{5} = 52.18$$

$$b_2 = \frac{5 \cdot 7797.4 - 175 \cdot 222.5}{5 \cdot 6215 - (175)^2} = 0.11 \quad a_2 = \frac{222.5 - 0.11 \cdot 175}{5} = 40.65$$

$$b_3 = \frac{5 \cdot 145,738 - 3.35 \cdot 222.5}{5 \cdot 2,2484 - (3.35)^2} = -2 \quad a_3 = \frac{222.5 + 2 \cdot 3.35}{5} = 45.84$$

$$b_4 = \frac{5 \cdot 118,626 - 2.65 \cdot 222.5}{5 \cdot 1.5045 - (2.65)^2} = 7.01 \quad a_4 = \frac{222.5 - 7.01 \cdot 2.65}{5} = 40.78$$

$$Y_{n1} = 52.18 - 0.96 \cdot 6 = 46.42 \quad Y_{n2} = 40.65 + 0.11 \cdot 29 = 43.81$$

$$Y_{n1} = 52.18 - 0.96 \cdot 7 = 45.46 \quad Y_{n2} = 40.65 + 0.11 \cdot 32 = 44.17$$

$$Y_{n1} = 52.18 - 0.96 \cdot 8 = 44.5 \quad Y_{n2} = 40.65 + 0.11 \cdot 35 = 44.5$$

$$Y_{n1} = 52.18 - 0.96 \cdot 9 = 43.54 \quad Y_{n2} = 40.65 + 0.11 \cdot 38 = 44.83$$

$$Y_{n1} = 52.18 - 0.96 \cdot 10 = 42.58 \quad Y_{n2} = 40.65 + 0.11 \cdot 41 = 45.16$$

$$Y_{n3} = 45.84 - 2 \cdot 0.63 = 44.58 \quad Y_{n4} = 40.78 + 7.01 \cdot 0.33 = 43.09$$

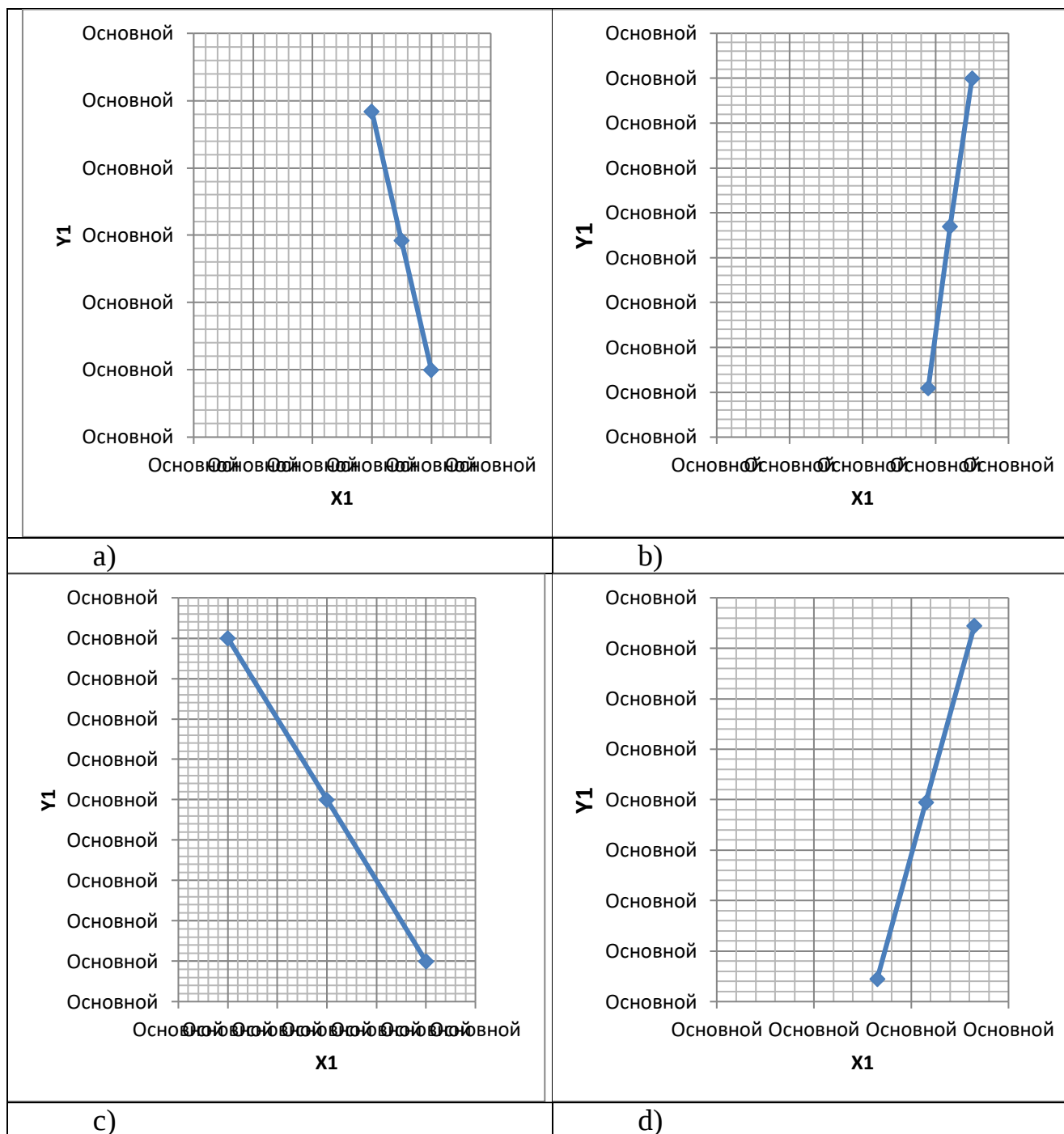
$$Y_{n3} = 45.84 - 2 \cdot 0.65 = 44.54 \quad Y_{n4} = 40.78 + 7.01 \cdot 0.43 = 43.79$$

$$Y_{n3} = 45.84 - 2 \cdot 0.67 = 44.5 \quad Y_{n4} = 40.78 + 7.01 \cdot 0.53 = 44.49$$

$$Y_{n3} = 45.84 - 2 \cdot 0.69 = 44.46 \quad Y_{n4} = 40.78 + 7.01 \cdot 0.63 = 45.19$$

$$Y_{n3} = 45.84 - 2 \cdot 0.71 = 44.42 \quad Y_{n4} = 40.78 + 7.01 \cdot 0.73 = 45.89$$

Формулалар	Биогаздағы хромның есептік құрамы
$Y_{n1} = a + b \cdot X_{n1}$	46.42
$Y_{n2} = a + b \cdot X_{n2}$	45.16
$Y_{n3} = a + b \cdot X_{n3}$	44.58
$Y_{n4} = a + b \cdot X_{n4}$	45.89



5 - сурет-Нүктелік графиктергетандау: X_1 (органикалық көмірсутектің құрамы,%), X_2 (ылғалдылық,%), X_3 (грунттын тығыздығы, г/см³), X_4 (сүзу коэффициенті, м/тәу)ҚКП (X_5) биогазқұрамындахромныңтүзілуінеәсері

5-суретте көрсетілген графиктерден көріп отырғанымыздай, ҚТҚ органикалық компоненттерінің анаэробты тозуы кезінде хромға X_1 (органикалық көмірсутектің құрамы,%), X_2 (ылғалдылық,%), X_3 (грунттын тығыздығы, г/см³), X_4 (сүзу коэффициенті, м/тәу) сияқты тәуелсіз факторлардың әсері зерттелді.

Полигондарда хромды модельдеу нәтижесінде жеке тендеулердің сызықтық тәуелділігімен сипатталатын заңдылықтар алынды.

Функцияларды талдау X_1 (органикалық көмірсутектің құрамы,%), X_2 (ылғалдылық,%), әсері айтарлықтай екенін көрсетті, өйткені Y_1 және Y_2 мәні айтарлықтай байқалады.

Теориялық мәндердің есептеулері көрсеткендей, X_1 және X_2 факторының әсерін сипаттайтын Y_1 және Y_2 функциялары жақсы анықталған (5-сурет), яғни күшті, өйткені олар өзгергенде жоғары беріктікпен сипатталады.

Айта кету керек, эксперименттік мәліметтерге сәйкес нүктелік графиктердің құрылысы эксперименттік қатені ескере отырып, табиғи таралуды анықтайды, яғни, динамикалық өзгертін жағдайларда қатты тұрмыстық қалдықтардың ыдырау процесінде күрделі өзара әрекеттесуді сипаттайтын экспериментке тән. Корреляция коэффициенті 0,7 ($tR = 2,4 > 2$) тендеудің функционалдылыққа сәйкестігін көрсетеді.

Қоршаған орта X_3 (грунттын тығыздығы, г/см³), X_4 (сүзу коэффициенті, м/тәу)хромға әсерін сипаттайтын Y_3 және Y_4 функцияларын талдау тығыздық пен сүзу коэффициенті арақатынас көрсеткіштерінің жоғарылауы биогаздағы хром құрамының төмендеуімен бірге жүретінін анықтады, Диффузиялық процестердің үдеуі жүреді, нәтижесінде биогаз процестері төмендейді (5-сурет).

ХПК, мгО/л (X_4) әсері мардымсыз, өйткені биогаздағы хромның құрамы бойынша график тұрақты және 45 % шегінде болады (5-сурет).

Келесі кезеңде жеке функциялар тендеуге біріктірілді (7):

$$Y_{\text{жал}} = \frac{Y_1 * Y_2 * \dots * Y_n}{Y_{n-1}} = \frac{46.42 * 45.16 * 44.58 * 45.89}{45.5^4} = 45,50\%$$

Жалпыланған тендеуді талдау ҚТҚ полигонының қоқыс тастайтын денесіндегі хром берілген технологиялық параметрлер кезінде X_1 (органикалық көмірсутектің құрамы,%), X_2 (ылғалдылық,%), X_3 (грунттын тығыздығы, г/см³), X_4 (сүзу коэффициенті, м/тәу)биогаз құрамында 45,50% ең жоғары аралықта бөлінуіне ықпал етеді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жүргізілген зерттеулер биогаз өндірісіне, атап айтқанда хромғаорганикалық көміртек, ылғалдылық, тығыздық, сүзу коэффициенті және т. б. сияқты көптеген факторлар әсер ететіндігін көрсетті.

Осыған сәйкес төмендегідей қорытынды жасауға болады:

1 Қатты тұрмыстық қалдықтар полигонының қоқыс денесінің антропогендік даму ерекшеліктерін зерттелді.

2 Биогаз өндірісінде хром үшін ең маңызды факторлар X_1 (органикалық көмірсутектің құрамы, %), X_2 (ылғалдылық, %), X_3 (грунттын тығыздығы, г/см³), X_4 (сүзу коэффициенті, м/тәу) екендігі анықталды.

3 Биогаз құрамындағы хромның түзілу процесіне анаэробты биодыраудың бес тәуелсіз факторларын оңтайландырылды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Подлипский И. И. Геоэкологическая оценка прилегающих территорий полигона бытовых отходов (г. Питкяранта, Республика Карелия) / И. И. Подлипский // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. - 2013. - № 2. - С. 48-56.
- 2 Подлипский И. И. Характеристика полигонов бытовых отходов как объектов геологического исследования / И. И. Подлипский // Вестник СПбГУ. - 2010. - № 7. - С. 15-31.
- 3 Экологический кодекс Республики Казахстан: Кодекс Республики Казахстан № 212-III от 9 января 2007 г.
- 4 Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан № 187 от 23 апреля 2018 года. Об утверждении Санитарных правил «Санитарно-эпидемиологические требования к сбору, использованию, применению, обезвреживанию, транспортировке, хранению и захоронению отходов производства и потребления».
- 5 Экологическое обоснование места размещения полигона твердых бытовых отходов / Е. В. Левин, Р. Ф. Сагитов, Т. А. Гамм [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2016. - С. 182-184.
- 6 Дружакина О. П. Проектирование полигонов твердых бытовых отходов: учебное пособие / О. П. Дружакина. Ижевск: Издательство «Удмуртский университет», 2016. - 28 с.
- 7 Цеханский-Сергеев Г. Л. Полигоны для твердых коммунальных отходов. Проектирование, эксплуатация и рекультивация: свод правил / Г. Л. Цеханский, Сергеев, В. Г. Быков, С. А. Деревянко [и др.]. Москва: Центр методологии и нормирования и стандартизации в строительстве, 2016. - 16 с.
- 8 A Review of the Chemistry of Anaerobic Digestion: Methods of Accelerating and Optimizing Process Efficiency / A. Anukam, A. Mohammadi, M. Naqvi, K. Granström // Environmental and Energy Systems. - 2019. URL: <https://www.mdpi.com/2227-9717/7/8/504> (дата обращения: 01.05.2020).
- 9 Verma S. Anaerobic Digestion of Biodegradable Organics in Municipal Solid Wastes. // S. Verma. - Columbia University, New York, NY, USA, 2002. - 56 p.
- 10 Li Y. Solid-state anaerobic digestion for methane production from organic waste / Y. Li, S. Y. Park, J. Zhu. // Renewable and Sustainable Energy Reviews. - 2012. - № 15. - p. 821-826.
- 11 Okonkwo P. C. Factors Affecting Biogas Production during Anaerobic Decomposition of Brewery effluent- wastewater in a Fluidized Bed Digester. // P. C. Okonkwo, B. O. Aderemi, C. S. Okoli // Journal of Environment and Earth Science. - 2013. - № 8. - p. 32-40.
- 12 Ziemiński K. Methane fermentation process as anaerobic digestion of biomass: Transformations, stages and microorganisms / K. Ziemiński, M. Frąc. // African Journal of Biotechnology. - 2012. - № 11. - p. 4127-4139.
- 13 O. Højberg, H. B. Møller // Microb Biotechnol. - 2015. - p. 787-800.
- 14 Moset V. Mesophilic versus thermophilic anaerobic digestion of cattle manure: methane productivity and microbial ecology / V. Moset, M. Poulsen, R. Wahid, O. Højberg, H. B.

Møller//MicrobBiotechnol. -2015.-p.787-800.

15 Romano RT. Anaerobic digestion of onion residuals using a mesophilicAnaerobicPhased Solids Digester./ RT.Romano, R. Zhang// Biomass Bioenerg.-2011.-№10.-p.4174–4179.

16 KumarS.Performancestudyforanaerobicdigestionofmunicipalsolidwastein a single phase reactor./ S. Kumar, S. Mukherjee, S. Devotta// International JournalofEnvironmentandPollution.-2010.-p.16– 31.

17Cioabla A. Comparative study on factors affecting anaerobic digestion ofagriculturalvegetalresidues/A.Cioabla,I.Ionel,G.Dumitrel,F.Popescu//BiotechnolBi ofuels.-2012. URL:

18 <https://biotechnologyforbiofuels.biomedcentral.com/articles/10.1186/1754-6834-5-39> (датаобращения:01.05.2020).

19Biogas production from locally available aquatic weeds of Santiniketanthrough anaerobic digestion. / A.K. Mathew, I.Bhui, S.N. Banerjee[other]// CleanTechnologies and Environmental Policy.-2015.-p.1681– 1688.

20ДжамаловаГ.А.БиотехнологияпроизводствабиогазаизТБОКарасайског ополигона/Г.А.Джамалова//ВестникКазНУ,Сериябиологическая.-2015.-№1.- С.39-40.

21СмирновЮ.Д.Переработкаорганическихотходовспомощьюбиогазверм итехнологии/ Ю.Д. Смирнов, С.В Ковшов, А.Н. Никулин// ЗапискиГорного института.-2013.-Т.203.С.104-107.

22ВандышеваМ.С.Биогазальтернативныйисточникэнергии/М.С.Вандыш ева// Вестник НГИЭИ.-2014.-С.22-26.

23 Утилизацияипереработкатвёрдыхбытовыхотходов:учебноепособие/А. С. Клинков, П. С. Беляев, В. Г. Однолько [и др]. – Тамбов: ФГБОУВПО«ТГТУ»,2015. – 188с.

24 БалахчинаТ.К.Оценкавоздействиясвалочногогазасполигоновтвёрдых бытовых отходов на человека/Т. К. Балахчина//Научный диалог.-2012.-С.41- 57.

25MohammadA.EnvironmentalImpactofMunicipalSolidWasteLandfillsinSem i-AridClimates-CaseStudy– Jordan/A.Mohammad,M.P.Kenneth//TheOpenWasteManagementJournal.-2012.- №5.-p.28-39.

26ЛюбинскаяТ.В.СнижениеэмиссиибиогазаТБОкакважнейшийэлементс окращения"парниковогоэффекта"/Т.В.Любинская//ВестникРоссийского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасностьжизнедеятельности.-2010.-С.76-80.

27 Физико-химическиеисследованиядляоценкихимическойбезопасности и эффективности применения новой системы очистки свалочногогазанаполигонетвёрдыхбытовыхотходов/А.Г.Малышева,Н.Ю.Козл ова,Е.Г.Растянников[идр.]/Гигиенаисанитария.-2017.-№96(11).-С.1103-1108,

28 Кайзр О. Как обезопасить свалки бытовых отходов/ О. Кайзр// Научно-практическаяконференция«Энерго-

и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий». - 2013. - с. 165-166

29 Щербаков В.И. Утилизация органических отходов на основе производства биогаза/ В.И. Щербаков, Е.С. Голина, Т.В. Щукина, Н.В. Кузнецова // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. - 2013. - №3(17). - С. 192-196.

30 Довженко М. Ю. Оценка масштабов образования твердых бытовых отходов и их энергетического потенциала/ М.Ю. Довженко // Молодёжь и наука: Сборник материалов VII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, посвященной 50-летию первого полета человека в космос - Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2011. - URL: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2011/section01.html> (дата обращения: 06.04.2020).

31 Fagerström A. The role of Anaerobic Digestion and Biogas in the Circular Economy/ A. Fagerström, T. Al Seadi, S. Rasi, T. Briseid // IEA Bioenergy. - 2018. - 24p.

32 Джамалова Г.А. Математическое планирование эмиссии биогаза и фильтрата в процессе интенсивного анаэробного разложения твердых бытовых отходов в биореакторе // Современные проблемы науки и образования. - 2015.

33 Джамалова Г.А. Анализ изменчивости качественного состава биогаза, производимого биореактором при интенсификации анаэробного разложения твердых бытовых отходов // Современные проблемы науки и образования. - 2015. - № 4.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21119> (дата обращения: 06.04.2020).

34 Джамалова Г.А. Математическое планирование выхода продуктов биоразложения твердых бытовых отходов в зависимости от протокола загрузки биореактора // Современные проблемы науки и образования. - 2015. - № 4.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21293> (дата обращения: 06.04.2020).

35 Джамалова Г.А. Анализ изменчивости химического состава фильтрата и эмиссии биогаза при интенсивном анаэробном разложении твердых бытовых отходов // Фундаментальные исследования. - 2015. - № 7-4. - С. 669-674.

36 Nikitina A.A., Kevbrina M.V., Kallistova A.Yu., Nekrasova V.K., Litt Yu.V., Nozhevnikova A.N. Intensification of Microbial Decomposition of Organic Fraction of Municipal Waste: Laboratory and Field Experiments // Applied Biochemistry and Microbiology, 2015. Vol. 51. № 4. PP. 393-401. DOI: 10.1134/S0003683815040122

37 Pandya Swargo A.H., Jagath Dickella Gamaralalage P., Liu C., Knaus M., Onoda H., Mahichi F., Guo Y. Challenges and an Implementation Framework for Sustainable Municipal Organic Waste Management Using Biogas Technology in Emerging Asian Countries // Sustainability, 2019. Vol. 11. PP. 6331 doi:10.3390/su11226331

38 Rusin J., Chamradova K. Organic fraction of municipal solid waste and its high-solids anaerobic digestion // Waste Forum, 2017. Vol. 4. PP. 244-253.

39 Parmar K.R., Ross A.B. Integration of Hydrothermal Carbonisation with Anaerobic Digestion; Opportunities for Valorisation of Digestate // Energies, 2019. Vol. 12. PP. 1586. doi:10.3390/en12091586

40Kang J., Kwon G., Nam J.H., Kim Y.O., Jahng D. Carbon dioxide stripping from anaerobic digestate of food waste using two types of aerators // International Journal of Environmental Science and Technology, 2017. Vol. 14. PP. 1397–1408. DOI 10.1007/s13762-017-1250-1

41 Мусина У.Ш., Козьмин Н.Б., Кутыбаев Н.Р., Нурдилданова Б.Е. Изучение влияния коксуского шунгита (таурита) на содержание кислорода в водных растворах. // Вестник КазНТУ. 2012. № 1 (89). С. 221-225.

42 Стандарт качества компостов. URL: <http://www.green-pik.ru/sections/99.html&article=15> (дата обращения: 31.01.2016).

43 Витковская С.Е. Твердые бытовые отходы: антропогенное звено биологического круговорота. СПб: АФИ, 2012. – 132 с.

44 ГОСТ 12.1.007-76. Классификация и общие требования безопасности.

45 ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмыс
(жұмыс түрлерінің атауы)

Құлман Несібелі Нұрманқызы
(оқушының аты жөні)

5B070100-Биотехнология
(мамандықтың атауы мен шифрі)

Тақырыбы: «Астана қаласындағы қатты тұрмыстық қалдықтар полигонында техногенді бұзылған топырақтарды биоремедиациялау үдерістерін математикалық жоспарлау және оңтайландыру»

Орындалды:

а) графикалық бөлім _____ 10 _____ слайд
б) түсініктеме _____ 35 _____ бет

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Дипломдық жұмысты орындау барысында бірқатар шаралар орындалған. Астана қаласындағы қатты тұрмыстық қалдықтар полигонында техногенді бұзылған топырақтарды биоремедиациялау үдерістерін математикалық жоспарлау және оңтайландыру жұмыстары жүргізілді.

Тақырыпқа сай бірқатар жұмыстар жүйелі орындалған. Үлкен көлемде орындалған. Стандарттан ауытқулар жоқ.

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Бұл дипломдық жұмыс барлық талаптар мен стандарттарға сай жасаған және жұмысты орындау барысында осындай жұмыстарға қойылатын талаптар түгел орындалған. Осы мәселелердің барлығын ескере отырып, Құлман Несібелі Нұрманқызының 5B070100 - Биотехнология мамандығы бойынша бакалавр атағын алуға лайықты деп санап, жұмысты оң деп бағалаймын.

Пікір беруші
Биология ғылымдарының кандидаты,
Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ биология және
биотехнология факультеті
Биотехнология кафедрасының профессоры

«30» _____ 2022 ж.



Атамбаева Ш.А.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сатпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасының 4 курс студенті
Құлман Несібелі “Астана қаласы қатты тұрмыстық қалдықтар полигонында
техногенді бұзылған топырақтарды биоремедиациялау үдерістерін
математикалық жоспарлау және оңтайландыру” тақырыбындағы бітіру
жұмысына

Пікір

Құлман Н.Н дипломдық жұмысында Астана қаласы ҚТҚ полигонында техногенді бұзылған топырақты биоремедиациялау үдерістерін математикалық оңтайлауды қарастырды. ҚТҚ полигонындағы биогаз эмиссиясын жоспарлап және оңтайландырды. Құлман Несібелі биогаз эмиссиясын оңтайландыру үшін осы міндеттемелерді қолданды. Олар:

Біріншіден: ҚТҚ полигонының үйінді денесінің антропогендік даму ерекшеліктерін зерттеу.

Екіншіден: ҚТҚ полигонының үйінді денесінің биохимиялық процестердің ыдырауы негізінде бес факторлы экспериментті жоспарлау.

Үшіншіден: Биогаз құрамында хром түзілу процесіне анаэробты биологиялық ыдыраудың зерттелетін бес тәуелсіз факторларын оңтайландыру.

Және де дипломдық жұмыста сызықтық емес бірнеше корреляцияға негізделген экспериментті жоспарлау әдісі қолданылған. Математикалық оңтайластыру үшін графиктер түзілді.

Дипломдық жұмысты бағалау

Құлман Несібелінің дипломдық жұмысы жоғары ғылыми деңгейде орындалған. Жалпы, диплом жұмысының тақырыбын толық және нақты жеткізді. Кемшіліктер табылған жоқ. Жұмыс қорғауға жіберілді. Ұсынылған баға 95%-“өте жақсы”

Ғылыми жетекші



Доктор PhD, ассоц.профессор

Рафикова Х.С.



Метаданные

Название

2022_БАК_Құлман Несібелі.docx

Автор

Құлман Несібелі

Научный руководитель

Хадичахан Рафикова

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)		19

Объем найденных подоби

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



КП1

25

Длина фразы для коэффициента подоби 2



КП2

5374

Количество слов



КЦ

39356

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 ("критицираты").

10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	Цвет текста
1	https://studfiles.net/preview/2459980/page:19/	28	0.52 %
2	ҚАҰПСІЗДІК ЕРЕЖЕЛЕРІНЕ САЙ ШҰБАТТЫ ӨНДІРУ ЖӨНЕ САҚТАУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ 5/29/2020 Kazakh National Agrarian University (KazNAU)	24	0.45 %
3	ҚАҰПСІЗДІК ЕРЕЖЕЛЕРІНЕ САЙ ШҰБАТТЫ ӨНДІРУ ЖӨНЕ САҚТАУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ 5/29/2020 Kazakh National Agrarian University (KazNAU)	18	0.33 %

4	Шағын биогаз қондырғысының құрылымын жетілдіру және параметрлерін негіздеу 6/12/2020 Kazakh National Agrarian University (KazNAU)	14	0.26 %
5	Учение о биосфере 12/27/2021 Kazakh National Women's Teacher Training University (Deanery)	13	0.24 %
6	Алматы қаласынан шыққан төгінді суларды ауыр металдардан биологиялық тазалау жолдары 6/3/2021 Satbayev University (ИХиБТ)	11	0.20 %
7	Алматы қаласынан шыққан төгінді суларды ауыр металдардан биологиялық тазалау жолдары 6/3/2021 Satbayev University (ИХиБТ)	10	0.19 %
8	ҚАУІПСІЗДІК ЕРЕЖЕЛЕРІНЕ САЙ ШҰБАТТЫ ӨНДІРУ ЖӘНЕ САҚТАУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ 5/29/2020 Kazakh National Agrarian University (KazNAU)	9	0.17 %
9	Алматы қаласынан шыққан төгінді суларды ауыр металдардан биологиялық тазалау жолдары 6/3/2021 Satbayev University (ИХиБТ)	9	0.17 %
10	ҚАУІПСІЗДІК ЕРЕЖЕЛЕРІНЕ САЙ ШҰБАТТЫ ӨНДІРУ ЖӘНЕ САҚТАУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ 5/29/2020 Kazakh National Agrarian University (KazNAU)	9	0.17 %

из базы данных RefBooks (0.00 %)

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

из домашней базы данных (1.66 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	Алматы қаласынан шыққан төгінді суларды ауыр металдардан биологиялық тазалау жолдары 6/3/2021 Satbayev University (ИХиБТ)	89 (13) 1.66 %

из программы обмена базами данных (1.82 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	ҚАУІПСІЗДІК ЕРЕЖЕЛЕРІНЕ САЙ ШҰБАТТЫ ӨНДІРУ ЖӘНЕ САҚТАУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ 5/29/2020 Kazakh National Agrarian University (KazNAU)	71 (6) 1.32 %
2	Шағын биогаз қондырғысының құрылымын жетілдіру және параметрлерін негіздеу 6/12/2020 Kazakh National Agrarian University (KazNAU)	14 (1) 0.26 %
3	Учение о биосфере 12/27/2021 Kazakh National Women's Teacher Training University (Deanery)	13 (1) 0.24 %

из интернета (0.52 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	https://studfiles.net/preview/2459980/page:19/	28 (1)	0.52 %

Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

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