

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Сәтбаев Университеті

Химиялық және биологиялық технологиялар институты

Химиялық процестер және өнеркәсіптік экология кафедрасы

Сулейменова Диана Әділбекқызы

Алматы қаласынан шыққан төгінді суларды ауыр металдардан биологиялық
тазалау жолдары
«Способы биологической очистки сточных вод г.Алматы от тяжелых металлов»
Methods of biological treatment of Almaty wastewater from heavy metals

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

5B060800 - «Экология» мамандығы

Алматы 2021


ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Сәтбаев Университеті

Химиялық және биологиялық технологиялар институты

Химиялық процестер және өнеркәсіптік экология кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
ХПжӨЭ кафедра
меңгерушісі

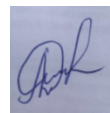

Кубекова Ш.Н.
“ 02 ” 06 2021 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы: «Алматы қаласынан шыққан төгінді суларды ауыр металдардан биологиялық тазалау жолдары»

5B060800 - «Экология» мамандығы бойынша

Орындаған



Сулейменова.Д.Ә

Ғылыми жетекші
б.ғ.д.



Еликбаев.Б.К
" 02 " 06 2021 ж.

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Сәтбаев Университеті

Химиялық және биологиялық технологиялар институты

Химиялық процестер және өнеркәсіптік экология кафедрасы

мамандығы 5В060800 - «Экология»

БЕКІТЕМІН

Химиялық процестер және
өнеркәсіптік экология
Кафедра меңгерушісі,



Кубекова Ш.Н.

"02 " 06 " 2021 ж.

**Дипломдық жобаны орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Сулейменова Диана

Тақырыбы: «Алматы қаласынан шыққан төгінді суларды ауыр металдардан биологиялық тазалау жолдары»

Университет ректорының № 15 бұйрығымен бекітілген « 12 » сәуір 2021 ж.

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі « 07 » маусым 2021 ж.

Дипломдық жоба бастапқы деректері зертханалық зерттеулер нәтижесінде алынған өңделген нәтижелер.

Дипломдық жобада қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазарту дәрежесіне тәуелсіз айнымалылардың әсерін зерттеді.

ә) Көптеген корреляцияны қолдана отырып, математикалық модельдеу негізінде ағынды суларды ауыр металдардан тазарту дәрежесіне зерттелетін факторлардың әсерін анықтады.

б) Ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазарту дәрежесін арттырудың оңтайлы жағдайларын анықтады.



Ұсынылатын негізгі әдебиеттер 9 атаудан тұрады.

**Дипломдық жоба дайындау
КЕСТЕСІ**

Бөлімдердің атауы, әзірленетін мәселелер тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімі	Ескерту
1 Әдеби шолу	12.04.2021	
2 Материал және зерттеу әдістемесі	19.04.2021	
3 Зерттеу нәтижелері. Қорытынды	26.04.2021	

Қолтаңбалар

Жобаның тиісті бөлімдерін көрсете отырып, аяқталған дипломдық жобаның кеңесшілері мен нормативті бақылаушылары

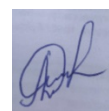
Бөлімдер атауы	Консультанттар, А.Ә.Т (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолтаңба
Дипломдық жоба 1-3 бөлімдері	Еликбаев Б.К. б.ғ.д.	26.04.2021	
Нормоконтролер	Мырзабекова Шарбану Уметаевна	31.05.2021	

Ғылыми жетекші



Еликбаев Б.К.

Тапсырманы білім алушы орындауға қабылдады



Сулейменова Д.

Күні

«17» мамыр 2021 ж.

АҢДАТПА

Өзектілігі. Ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазартуды математикалық жоспарлау әдісі (мысалы, кадмий, мырыш, никель, кобальт және мыс) биотехнологияны дамытуда және оны тазарту қондырғыларында өндіріске енгізуде маңызды.

Зерттеу нысаны-Сорбұлақ тазарту қондырғысы мысалындағы ағынды сулар.

Зерттеу пәні: Ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазартуды математикалық жоспарлау (мысалы, кадмий, мырыш, никель, кобальт және мыс).

Зерттеу мақсаты-Ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазартуды математикалық жоспарлау.

Міндеттері:

1.Тәуелсіз айнымалылардың ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазарту дәрежесіне әсерін зерттеу.

2.Көптеген корреляцияны қолдана отырып, математикалық модельдеу негізінде ағынды суларды ауыр металдардан тазарту дәрежесіне зерттелген факторлардың әсерін анықтау.

3.Ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазарту дәрежесін арттырудың оңтайлы жағдайларын анықтау.

Зерттеу нәтижелері. Оңтайлы қабылданған шарттарды сақтай отырып, белсенді тұнбаның жақсартылған құрамының қатысуымен биосынамалардағы сарқынды суларды аэробты биологиялық тазарту процесін қарқындату кезінде сарқынды суларды ауыр металдардан тазарту дәрежесін шамамен 10% - ға арттыруға болады (97 % эксперименттік көрсеткіштермен салыстырғанда 87% - ға қарсы). Бірнеше корреляция негізінде модельдеу әдісі ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазарту дәрежесіне тәуелсіз айнымалылардың әсерін зерттеді.

АННОТАЦИЯ

Актуальность. Метод математического планирования биологической аэробной очистки сточных вод от тяжелых металлов (на примере кадмия, цинка, никеля, кобальта и меди) актуально при разработке биотехнологии и последующем его внедрении на производство в очистных сооружениях.

Объект исследования – сточные воды на примере очистного сооружения Сорбулак.

Предмет исследования: Математическое планирование биологической аэробной очистки сточных вод от тяжелых металлов (на примере кадмия, цинка, никеля, кобальта и меди).

Цель исследования – математическое планирование биологической аэробной очистки сточных вод от тяжелых металлов.

Задачи:

1. Изучить влияние независимых переменных на степень биологической аэробной очистки сточных вод от тяжелых металлов.

2. Установить влияние исследуемых факторов на степень очистки сточных вод от тяжелых металлов на основе математического моделирования с применением множественной корреляции.

3. Определить оптимальные условия для увеличения степени биологической аэробной очистки сточных вод от тяжелых металлов.

Результаты исследования. При интенсификации процесса аэробной биологической очистке сточных вод в биопрудах в присутствии улучшенного состава активного ила с соблюдением оптимальных принятых условий можно повысить степень очистки сточных вод от тяжелых металлов примерно на 10 % (при сравнении с экспериментальными показателями: 97 % против 87 %). Методом моделирования на основе множественной корреляции изучено влияние независимых переменных на степень биологической аэробной очистки сточных вод от тяжелых металлов.

Структура и объем дипломного проекта. Дипломный проект изложен на 27 страницах цифрового формата А4. Структура дипломного проекта включает введение, три главы (обзор литературы; объект, методы и результаты исследования), заключение и выводы. В тексте содержится 9 таблиц и 8 рисунков. Количество изученной литературы – 9.

ANNOTATION

Relevance. The method of mathematical planning of biological aerobic wastewater treatment from heavy metals (for example, cadmium, zinc, nickel, cobalt and copper) is relevant in the development of biotechnology and its subsequent implementation in the production of wastewater treatment plants.

The object of the study is waste water on the example of the Sorbulak treatment plant. Subject of research: Mathematical planning of biological aerobic wastewater treatment from heavy metals (on the example of cadmium, zinc, nickel, cobalt and copper).

The aim of the study is mathematical planning of biological aerobic wastewater treatment from heavy metals.

Tasks:

1. To study the influence of independent variables on the degree of biological aerobic wastewater treatment from heavy metals.

2. To determine the influence of the studied factors on the degree of wastewater treatment from heavy metals on the basis of mathematical modeling using multiple correlation.

3. Determine the optimal conditions for increasing the degree of biological aerobic wastewater treatment from heavy metals.

The results of the study. With the intensification of the process of aerobic biological wastewater treatment in bioprudes in the presence of an improved composition of activated sludge, in compliance with the optimal accepted conditions, it is possible to increase the degree of wastewater treatment from heavy metals by about 10 % (when compared with experimental indicators: 97% vs. 87 %). The influence of independent variables on the degree of biological aerobic wastewater treatment from heavy metals was studied by the method of modeling based on multiple correlation.

Structure and scope of the diploma project. The thesis project is presented on 27 pages of digital A4 format. The structure of the thesis project consists of an introduction, three chapters (review of the literature; object, methods and results of the study), conclusion and conclusion. The text contains 9 tables and 8 figures. The number of studied literature-9.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ.....	9
1 ӘДЕБИЕТКЕ ШОЛУ	10
2 ЗЕРТТЕУ ОБЪЕКТІСІ, ПӘНІ ЖӘНЕ ӘДІСТЕМЕСІ.....	11
2.1 Зерттеу объектісі мен пәні.....	11
2.2 Зерттеу әдістемесі.....	11
3 ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ.....	13
3.1 сандық және сапалық даму нәтижесі ретінде қоршаған ортаға тұрмыстық ағындардың антропогендік қысымын күшейту.....	13
3.2 Ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазартуды математикалық жоспарлау кезіндегі нәтижелер мен талқылау.....	13
ҚОРЫТЫНДЫ.....	26
Пайдаланылған әдебиеттер.....	27

Кіріспе

Өзектілігі. Ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазартуды математикалық жоспарлау әдісі (мысалы, кадмий, мырыш, никель, кобальт және мыс) биотехнологияны дамытуда және оны тазарту қондырғыларында өндіріске енгізуде маңызды.

Зерттеу нысаны-Сорбұлақ өзеніндегі ағынды су жинақтағышы ағынды сулар.

Зерттеу пәні: Ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазартуды математикалық жоспарлау (мысалы, кадмий, мырыш, никель, кобальт және мыс).

Зерттеу мақсаты-Ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазартуды математикалық жоспарлау.

Міндеттері:

1.Тәуелсіз айнымалылардың ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазарту дәрежесіне әсерін зерттеу.

2.Көптеген корреляцияны қолдана отырып, математикалық модельдеу негізінде ағынды суларды ауыр металдардан тазарту дәрежесіне зерттелген факторлардың әсерін анықтау.

3.Ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазарту дәрежесін арттырудың оңтайлы жағдайларын анықтау.

Зерттеу нәтижелері. Оңтайлы қабылданған шарттарды сақтай отырып, белсенді тұнбаның жақсартылған құрамының қатысуымен биосынамалардағы сарқынды суларды аэробты биологиялық тазарту процесін қарқындату кезінде сарқынды суларды ауыр металдардан тазарту дәрежесін шамамен 10% - ға арттыруға болады (97 % эксперименттік көрсеткіштермен салыстырғанда 87% - ға қарсы). Бірнеше корреляция негізінде модельдеу әдісі ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазарту дәрежесіне тәуелсіз айнымалылардың әсерін зерттеді.

Дипломдық жобаның құрылымы мен көлемі. Дипломдық жоба А4 сандық форматындағы 27 беттерде баяндалған. Дипломдық жоба құрылымы кіріспеден, үш тараудан (әдебиетке шолу; зерттеу объектісі, әдістері мен нәтижелері), қорытындыдан тұрады. Мәтінде 9 кестелер мен 8 суреттер бар. Зерттелген әдебиеттер саны-9.

1 Әдебиетке шолу

Ағынды суларды ауыр металдардан аэробты тазартудың химиялық процестерін ескере отырып, төрт факторлы экспериментті жоспарлау, мысалы, ауыр металдар (АМ), бұл химиялық көрсеткіштердің АМ-да қарастырылып отырған факторлардың әсеріне эмпирикалық тәуелділігін ашуға мүмкіндік береді.

Зерттеу сызықтық емес бірнеше корреляция әдісін қолданады [1], ол өз кезегінде көп факторлы жоспарлау матрицасын құруды көздейтін латын квадраттарына негізделген. Ол үшін деңгейлер ($p=5$) зерттелетін факторлар бойынша ($n=p^2=25$) белгіленеді және факторлық кеңістіктің математикалық аймағы анықталады.

Қорғасын мен мыс мысалында ауыр металдардан Ағынды суларды биологиялық аэробты тазартудың толықтығы критерийі (Ур функциясы тәуелді шама ретінде) - зерттелген ауыр металдардан ағынды суларды тазарту дәрежесі. Ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазартуды математикалық жоспарлау (мысалы, кадмий, мырыш, никель, кобальт және мыс) зертханалық химиялық зерттеулер барысында алынған мәліметтерге негізделген [2].

Эксперименттердің нәтижелері [2] бойынша тазалау дәрежесінің ($Y, \%$) алынған эксперименттік мәндерінен жұмыста баяндалған әдістеме бойынша іріктеу (экспериментті жоспарлаудың көпфакторлы матрицасы) құрастырылады [1, 3, 4].

Заңдылықтарды анықтағаннан кейін, ең кіші квадраттар әдісімен жеке функциялардың маңыздылығын анықтау:

- жуықтау жүргізіледі,

- $U_{ж}$ жалпыланған теңдеуі шығарылады,

- R корреляция коэффициентінің шамасы және t_R мәні бойынша ағынды сулардың қоршаған ортаға антропогендік әсерін болдырмауға бағытталған ағынды сулардан ауыр металдарды (кадмий, мырыш, никель, кобальт және мыс мысалында) биологиялық аэробты тазарту процесінің оңтайлы жағдайларын анықтау үшін талданады [5].

2 Зерттеу объектісі, пәні және әдістемесі

2.1 Зерттеу объектісі мен пәні

Зерттеу нысаны-Сорбұлақ өзеніндегі ағынды су жинақтағышы ағынды сулар.

«Сорбұлақ» өзеніндегі ағынды су жинақтағышы-бұл [5]:

1 Техникалық сипаттамасы:

-көл-жинаушы (Қаз. ССР Министрлер Кеңесінің 11.09.1969 ж. Алматы қ. № 957-р ағынды суларды бұру туралы өкімі)

- ағынды суларды жинауға, соңына дейін тазалауға және сақтауға арналған табиғи тұйық қазаншұңқыр,

- ағынды суларды жинағышқа ағызу тәсілі: өздігінен ағу.

- өлшемдері: 13,25 (ұзындығы) x 9,5 (ені) км және 25 м (максималды тереңдігі) және 15,5 м (орташа тереңдігі), айна ауданы – 58 км².

2 Географиялық сипаттамасы:

- орналасқан жері: Алматы облысының Іле ауданы;

Зерттеу пәні: Ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазартуды математикалық жоспарлау (мысалы, кадмий, мырыш, никель, кобальт және мыс).

2.2 Зерттеу әдістемесі

Жұмыста экспериментті жоспарлау әдісі қолданылды, оның негізінде сызықты емес бірнеше корреляция көрсеткіші жатыр [3, 4]:

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

мұндағы:

N – сипатталған нүктелер саны,

K – қолданыстағы факторлар саны,

Y_{ϑ} – тәжірибелік нәтиже,

Y_m – теориялық (есептік) нәтиже,

Y_{cp} – орташа эксперименттік мәні.

Егер шарт орындалса, мән маңызды болады:

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

Жуықтау функциясын таңдау әдісі ең кіші квадраттар әдісіне негізделген. Түзу теңдеуіне қатысты:

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

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

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

Алынған нәтижелер негізінде жартылай функциялардың маңыздылығын анықтағаннан кейін жалпыланған теңдеу алынады $Y_{об}$:

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

мұндағы:

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

Y_{cp} – жалпыланған функцияның барлық ескерілетін мәндерінің жалпы орташа мәні жеке функцияның аз санына тең.

3 Зерттеу нәтижелері

3.1 сандық және сапалық даму нәтижесі ретінде қоршаған ортаға тұрмыстық ағындардың антропогендік қысымын күшейту

Планетаның халық санының өсуі урбанизацияланған аумақтардың ұлғаюымен, қатты тұрмыстық қалдықтар (қатты тұрмыстық қалдықтар) мен ағынды суларды өндірумен тығыз байланысты (жыл сайын бір адамға шаққанда халықтың ағынды сулар мен қатты тұрмыстық қалдықтарды өндіруі 1,5% жетуі мүмкін [6]). Сонымен қатар, адам шығаратын ағынды сулар мен қатты қалдықтардың қоршаған ортаға техногендік қысымының жоғарылауы құнарлы жерлердің үлкен аумақтарының иеліктен шығарылуынан және қоршаған ортаның ластануынан көрінеді. Бұл ретте қоршаған ортаның ластануы кумулятивті сипатқа ие, өйткені адам уақыт өте келе қалдықтар мен ағындардың өндірісін ұлғайтып қана қоймай, қалдықтар мен ағындарды зиянды заттармен урбандап байытады (жыл сайын 6,0-7,2 %)[7].

Осылайша, қоршаған ортаға адам шығаратын қалдықтар мен ағындардың антропогендік қысымының артуы ағынды сулар мен қалдықтардың сандық (күніне 200 л [8]) және сапалық (ауыр металдармен антропогендік байыту 6,0 - 7,2 % [7]) дамуының нәтижесі деп қорытынды жасауға болады.

Зерттеудің мақсаты-биологиялық тоғандарда қарқынды аэробты биологиялық тазарту процесінде ағынды сулардың эмиссиясын математикалық жоспарлау.

3.2 Ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазартуды математикалық жоспарлау кезіндегі нәтижелер мен талқылау

Биологиялық әдістерді жеңілдету және технологиялық бақылауды жүргізу үшін ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазартуды математикалық жоспарлау кезінде (мысалы, кадмий, мырыш, никель, кобальт және мыс) экспериментте тұрмыстық ағынды суларды тазартудың аэробты процесі үшін маңызды факторларды қабылдау ұсынылады:

- X₁ факторы: рН 6-дан 8-ге дейін (0,5 сынып аралығы);
- X₂ факторы: БПК₅, мгО₂/л 8-ден 16-ға дейін (сынып аралығы 2 мгО₂ / л);
- X₃ факторы: сульфаттар (SO₄²⁻, мг/л) 60-тан 80-ге дейін (сынып аралығы 5 мг/л);
- X₄ факторы: хлоридтер (Cl⁻, мг/л) 40-тан 60-қа дейін (сынып аралығы 5 мг/л).

Факторлық кеңістік аймағының көрсеткіші есеп деректеріне негізделген [9]

1-кестеде ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазартуды математикалық жоспарлау үшін зерттелетін факторлық кеңістіктің ауданы көрсетілген.

1-кесте-ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазартуды математикалық жоспарлауға арналған факторлық кеңістік аймағы

Факторлар		Факторлар деңгейі				
		1	2	3	4	5
X_1	pH	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
X_2	БПК, мгО ₂ /л	8	10	12	14	16
X_3	SO ₄ ²⁻ , мг/л	60	65	70	75	80
X_4	Cl ⁻ , мг/л	40	45	50	55	60

Латын квадратының негізінде 25 эксперименттен тұратын матрица жасалды ($n=p^2=25$). Осы матрица бойынша X_1, X_2, X_3, X_4 тәуелсіз факторлары 1-5 деңгейлері бойынша бөлінді (2-кесте).

Жалпыланған теңдеу R корреляция коэффициенті мен t_R мәні бойынша талданады.

Жалпыланған теңдеуді талдау зерттелетін ағынды суларды биологиялық аэробты тазарту кезінде ағынды суларды ауыр металдардан (мысалы, кадмий, мырыш, никель, кобальт және мыс) максималды тазартудың оңтайлы жағдайларын анықтауға мүмкіндік береді.

3-кестеде алынған жеке функциялар (Y_1, Y_2, Y_3, Y_4) зерттелетін факторлардың ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазарту процесіне әсерін сипаттайды (мысалы, кадмий, мырыш, никель, кобальт және мыс).

Модельдерді ең аз квадраттар әдісімен талдау (4-7-кестелер) ағынды суларды ауыр металдардан тәжірибелік биологиялық аэробты тазарту процесін көрсетуге мүмкіндік берді (мысалы, кадмий, мырыш, никель, кобальт және мыс). Алынған деректерді көрнекі түрде көрсету үшін біз экспериментте Ағынды суларды биологиялық аэробты тазартудың ауыр металдардан (кадмий, мырыш, никель, кобальт және мыс мысалында) зерттелетін факторларға тәуелділігінің графигін (1-4 суреттер) құрамыз.

1-4 суреттерде pH; БПК, мгО₂/л; HCO₃⁻, мг/л; Cl⁻, мг/л сияқты тәуелсіз факторлардың әсерінен ағынды суларды биологиялық аэробты тазарту процесінде ауыр металдардың өзгеру заңдылықтары көрсетілген (кадмий, мырыш, никель, кобальт және мыс мысалында).

Кесте 2. Экспериментті жоспарлаудың он факторлық матрицасы

№ М ән і	X ₁		X ₂		X ₃		X ₄		АМ тазала у дәреж есі,%
	Деңг ейі	Мәні	Деңге йі	Мәні	Деңге йі	Мәні	Деңге йі	Мәні	
1	1	6,0	5	16	4	14	3	50	85
2	1	6,0	4	14	1	8	2	45	81
3	1	6,0	1	8	2	10	5	60	83
4	1	6,0	3	12	5	16	4	55	77
5	1	6,0	2	10	3	12	1	40	96
6	3	6,5	5	16	4	14	3	50	80
7	3	6,5	4	14	1	8	2	45	90
8	3	6,5	1	8	2	10	5	60	89
9	3	6,5	3	12	5	16	4	55	93
10	3	6,5	2	10	3	12	1	40	99
11	2	7,0	5	16	4	14	3	50	76
12	2	7,0	4	14	1	8	2	45	79
13	2	7,0	1	8	2	10	5	60	88
14	2	7,0	3	12	5	16	4	55	94
15	2	7,0	2	10	3	12	1	40	92
16	5	7,5	5	16	4	14	3	50	82
17	5	7,5	4	14	1	8	2	45	87
18	5	7,5	1	8	2	10	5	60	86
19	5	7,5	3	12	5	16	4	55	84
20	5	7,5	2	10	3	12	1	40	100
21	4	8,0	5	16	4	14	3	50	95
22	4	8,0	4	14	1	8	2	45	98
23	4	8,0	1	8	2	10	5	60	91
24	4	8,0	3	12	5	16	4	55	97
25	4	8,0	2	10	3	12	1	40	75

3-кесте-Жеке функциялардың эксперименттік мәндері

№ фактор	Деңгейі					Орташа мәні
	1	2	3	4	5	
X ₁	84,4	90,2	85,8	87,8	91,2	87,88
X ₂	87,4	92,4	89	87	83,6	87,88
X ₃	87	87,4	92,4	83,6	89	87,88

X ₄	92,4	87	83,6	89	87,4	87,88
----------------	------	----	------	----	------	-------

4-кесте-жеке функциялардың эксперименттік мәндерін есептеу

Фактор		Есептік мәндер			
		X	Y	X ²	XY
рН	1	6,0	84,4	36	506,4
	2	6,5	90,2	42,25	586,3
	3	7,0	85,8	49	600,6
	4	7,5	87,8	56,25	658,5
	5	8,0	91,2	64	729,6
	∑	35	439,4	247,5	3081,4

5-кесте-жеке функциялардың эксперименттік мәндерін есептеу

Фактор		Есептік мәндер			
		X	Y	X ²	XY
БПК	1	8	87,4	64	699,2
	2	10	92,4	100	924
	3	12	89	144	1068
	4	14	87	196	1218
	5	16	83,6	256	1337,6
	∑	60	439,4	760	5246,8

6-кесте-жеке функциялардың эксперименттік мәндерін есептеу

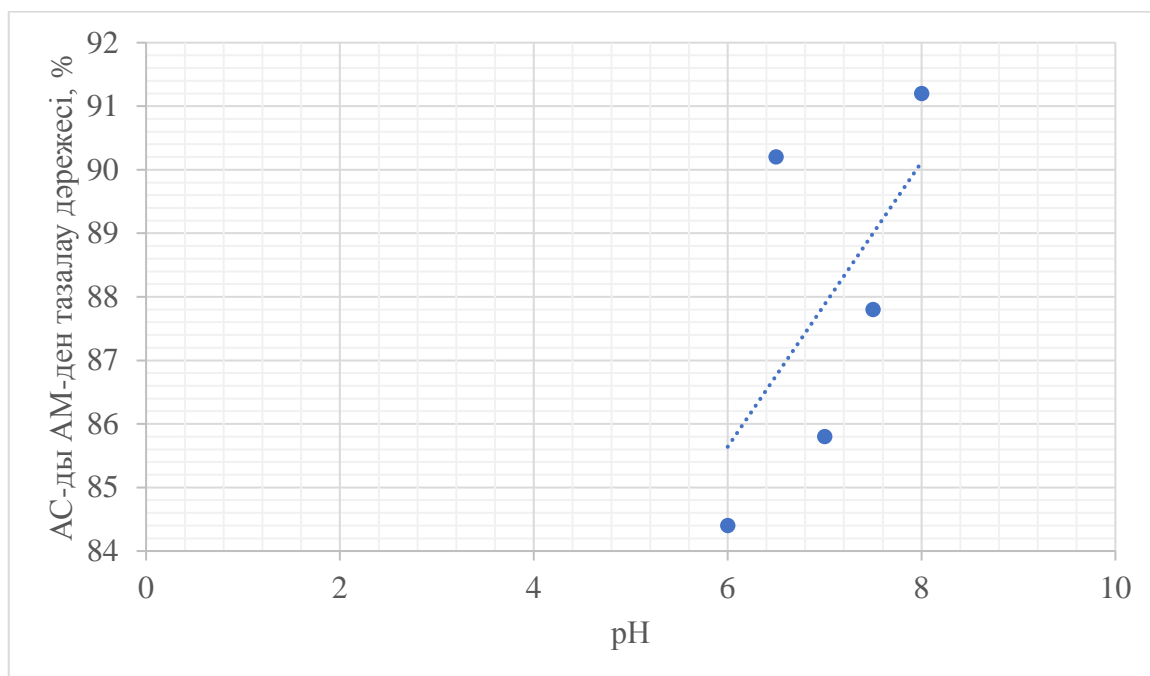
Фактор		Есептік мәндер			
		X	Y	X ²	XY
SO ₄ ²⁻	1	60	87	3600	5220
	2	65	87,4	4225	5681
	3	70	92,4	4900	6468
	4	75	83,6	5625	6270
	5	80	89	6400	7120
	∑	350	439,4	24750	30759

7-кесте-жеке функциялардың эксперименттік мәндерін есептеу

Фактор		Есептік мәндер			
		X	Y	X ²	XY

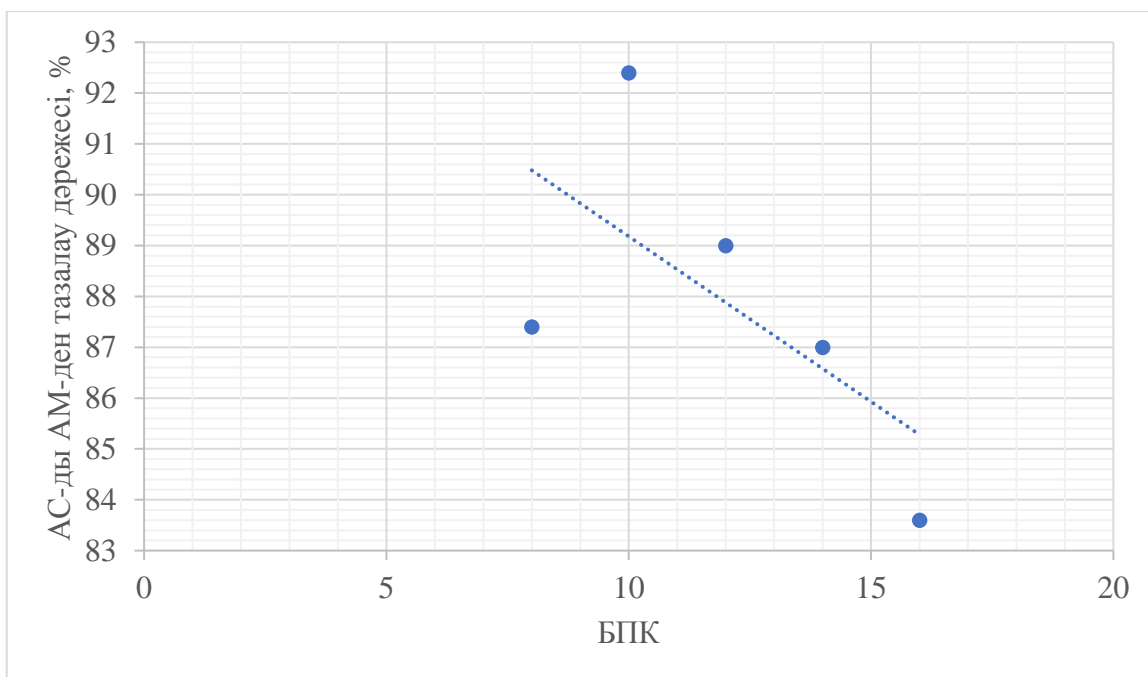
Cl ⁻	1	40	92,4	1600	3696
	2	45	87	2025	3915
	3	50	83,6	2500	4180
	4	55	89	3025	4895
	5	60	87,4	3600	5244
	Σ	250	439,4	12750	21930

Осы графиктерден эксперимент барысында ағынды суларды ауыр металдардан тазарту бойынша секіргіш процестер бар екенін көреміз, бұл кешендегі қарастырылған факторлар үшін оңтайлы жағдайлардың сақталмағанымен түсіндіруге болады.



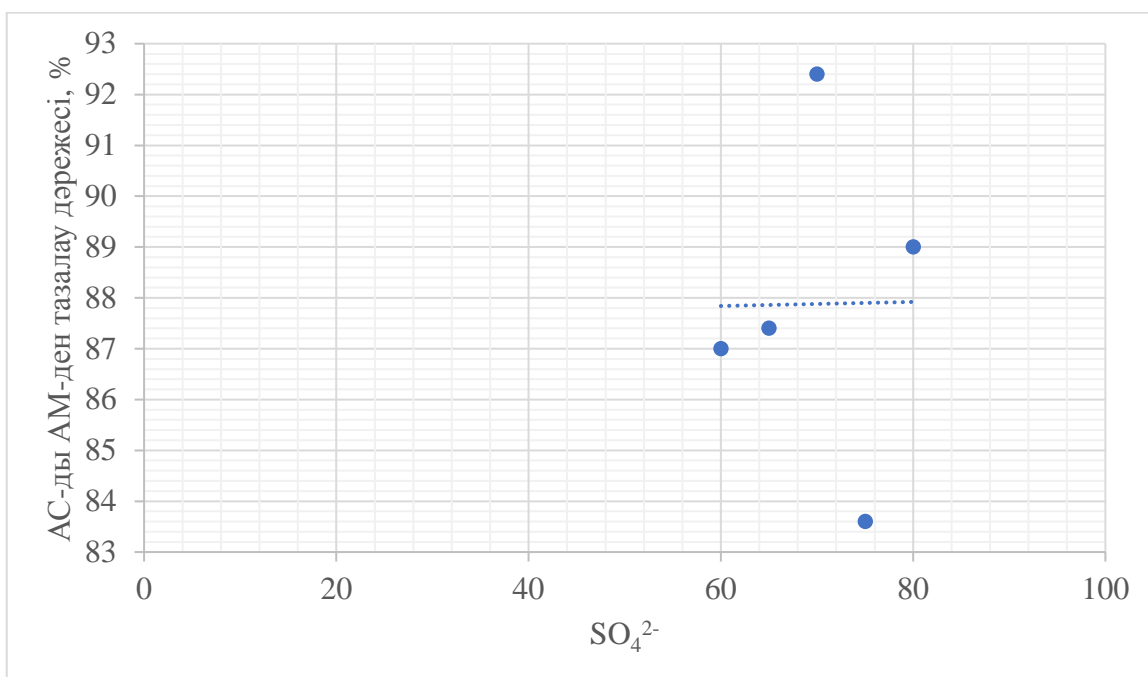
* АС-ағынды сулар; АМ – ауыр металдар

1-сурет-РН экспериментіндегі ағынды суларды биологиялық аэробты тазартудың ауыр металдарға тәуелділігі (кадмий, мырыш, никель, кобальт және мыс мысалында)



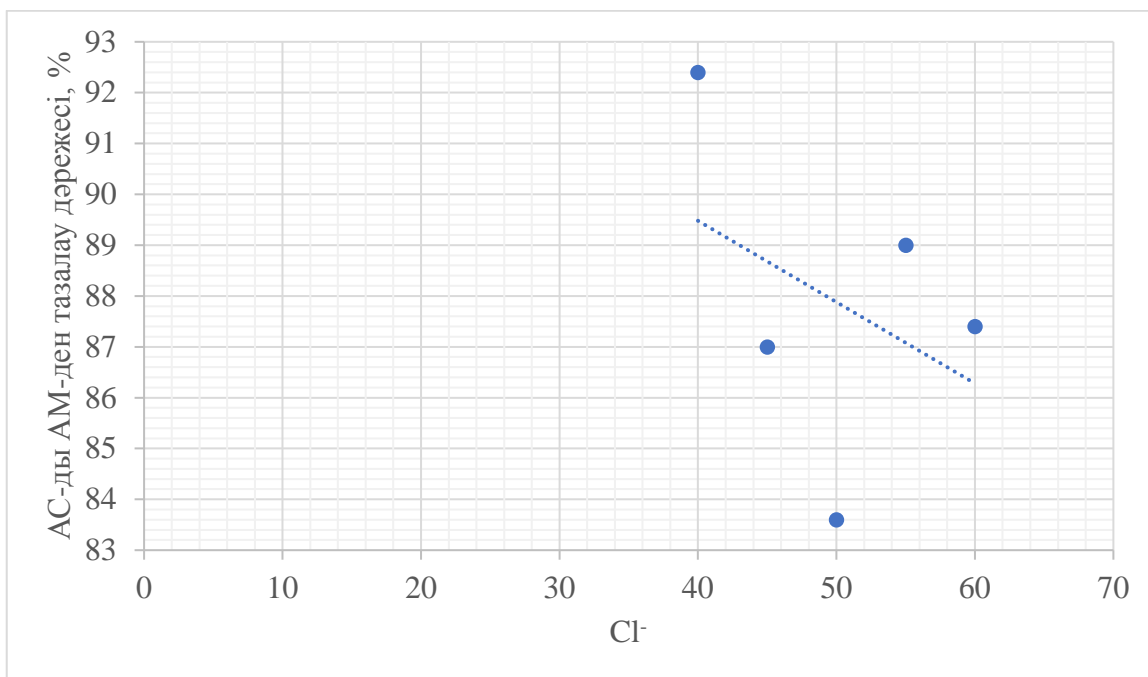
* АС-ағынды сулар; АМ – ауыр металдар

2-сурет-Ағынды суларды биологиялық аэробты тазартудың ауыр металдарға тәуелділігі (мысалы, кадмий, мырыш, никель, кобальт және мыс) БПК экспериментінде



* АС-ағынды сулар; АМ – ауыр металдар

3-сурет- SO_4^{2-} экспериментіндегі Ағынды суларды биологиялық аэробты тазартудың ауыр металдарға тәуелділігі (кадмий, мырыш, никель, кобальт және мыс мысалында)



4-сурет-Ағынды суларды биологиялық аэробты тазартудың ауыр металдарға тәуелділігі (мысалы, кадмий, мырыш, никель, кобальт және мыс) Cl^- экспериментінде

Енді біз жеке функциялардың теориялық алгебралық мәндерін анықтаймыз (8-кесте).

8-кестені толтыру үшін біз 4 және 5 формулаларын қолданамыз. Төменде осы формулаларды қолдана отырып, барлық есептеулер келтірілген.

pH:

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} = \frac{5 \cdot 3081,4 - 35 \cdot 439,4}{5 \cdot 247,5 - (35)^2} = 2,24$$

$$a = \frac{\sum Y - b \sum X}{n} = \frac{439,4 - 2,24 \cdot 35}{5} = 72,2$$

БПК:

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} = \frac{5 \cdot 5246 - 60 \cdot 439,4}{5 \cdot 760 - (60)^2} = -0,67$$

$$a = \frac{\sum Y - b \sum X}{n} = \frac{439,4 - (-0,67) \cdot 60}{5} = 95,92$$

SO₄²⁻:

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} = \frac{5 \cdot 30759 - 350 \cdot 439,4}{5 \cdot 24750 - (350)^2} = 0,004$$

$$a = \frac{\sum Y - b \sum X}{n} = \frac{439,4 - 0,004 \cdot 350}{5} = 87,6$$

Cl⁻:

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} = \frac{5 \cdot 21930 - 250 \cdot 439,4}{5 \cdot 12750 - (250)^2} = -0,16$$

$$a = \frac{\sum Y - b \sum X}{n} = \frac{439,4 - (-0,16) \cdot 250}{5} = 95,88$$

Есептеу кезінде алынған көрсеткіштер 8-кестеге енгізіледі.

8-кесте - зерттелетін функцияларды жуықтау

Формула	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$	2,24	- 0,67	0,004	- 0,16
$a = \frac{\sum Y - b \sum X}{n}$	72,2	95,92	87,6	95,88
$Y = a + b \times X$ (7)	Y ₁ = 72,2 + 2,24 · X ₁	Y ₂ = 95,92 - (- 0,67) · X ₂	Y ₃ = 87,6 + 0,004 · X ₃	Y ₄ = 70,4 - 0,0004 · X ₄

Алынған мәндер 7 формуласына ауыстырылады (8-кестені қараңыз).

9-кестеде осы формула факторлық кеңістікті ескере отырып берілген (1-кестені қараңыз):

pH:

$$Y_{n1} = a + b \cdot X_{n1} = 72,2 + 2,24 \times 6,0 = 85,64$$

$$Y_{n2} = a + b \cdot X_{n2} = 72,2 + 2,24 \times 6,5 = 86,76$$

$$Y_{n3} = a + b \cdot X_{n3} = 72,2 + 2,24 \times 7,0 = 87,88$$

$$Y_{n4} = a + b \cdot X_{n4} = 72,2 + 2,24 \times 7,5 = 89,00$$

$$Y_{n5}=a+b \cdot X_{n5} = 72,2 + 2,24 \times 8,0 = 90,12$$

БПК:

$$Y_{n1}=a+b \cdot X_{n1} = 95,96 + (-0,67) \times 8 = 90,6$$

$$Y_{n2}=a+b \cdot X_{n2} = 95,96 + (-0,67) \times 10 = 89,26$$

$$Y_{n3}=a+b \cdot X_{n3} = 95,96 + (-0,67) \times 12 = 87,92$$

$$Y_{n4}=a+b \cdot X_{n4} = 95,96 + (-0,67) \times 14 = 86,58$$

$$Y_{n5}=a+b \cdot X_{n5} = 95,96 + (-0,67) \times 16 = 85,24$$

SO₄²⁻:

$$Y_{n1}=a+b \cdot X_{n1} = 87,6 + 0,004 \times 60 = 87,84$$

$$Y_{n2}=a+b \cdot X_{n2} = 87,6 + 0,004 \times 65 = 87,86$$

$$Y_{n3}=a+b \cdot X_{n3} = 87,6 + 0,004 \times 70 = 87,88$$

$$Y_{n4}=a+b \cdot X_{n4} = 87,6 + 0,004 \times 75 = 87,90$$

$$Y_{n5}=a+b \cdot X_{n5} = 87,6 + 0,004 \times 80 = 87,92$$

Cl:

$$Y_{n1}=a+b \cdot X_{n1} = 95,88 + (-0,16) \times 40 = 89,48$$

$$Y_{n2}=a+b \cdot X_{n2} = 95,88 + (-0,16) \times 45 = 88,68$$

$$Y_{n3}=a+b \cdot X_{n3} = 95,88 + (-0,16) \times 50 = 87,88$$

$$Y_{n4}=a+b \cdot X_{n4} = 95,88 + (-0,16) \times 55 = 87,08$$

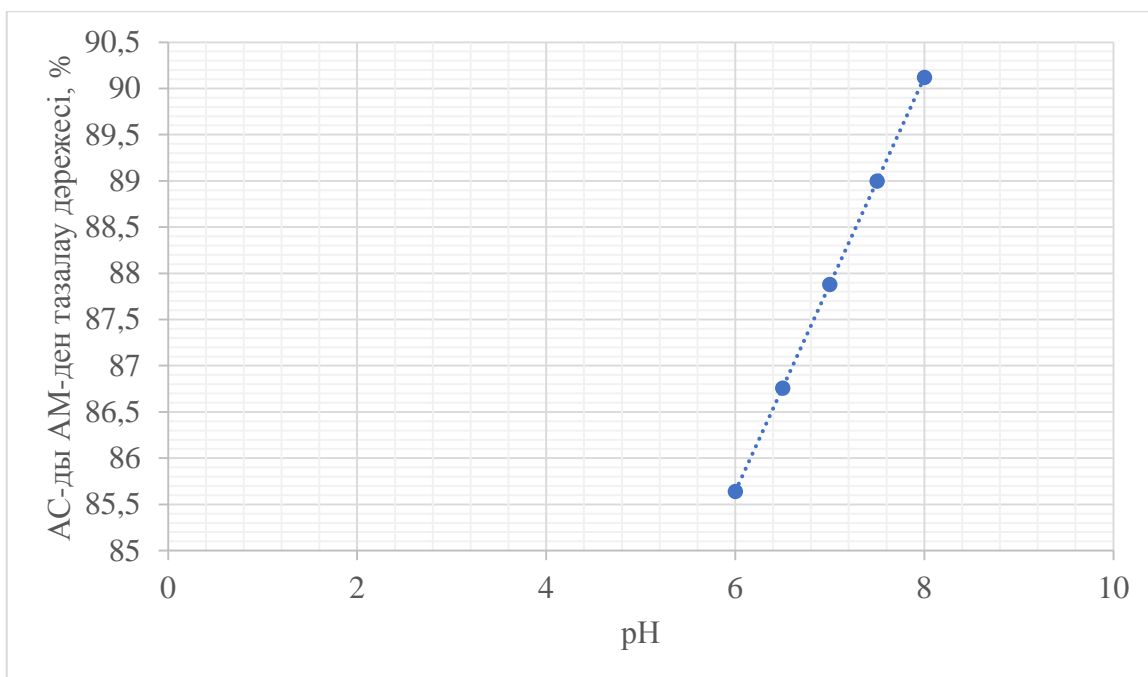
$$Y_{n5}=a+b \cdot X_{n5} = 95,88 + (-0,16) \times 60 = 86,28$$

Есептеу кезінде алынған көрсеткіштер 9-кестеге енгізіледі.

9-кесте-жеке функциялардың теориялық мәндері

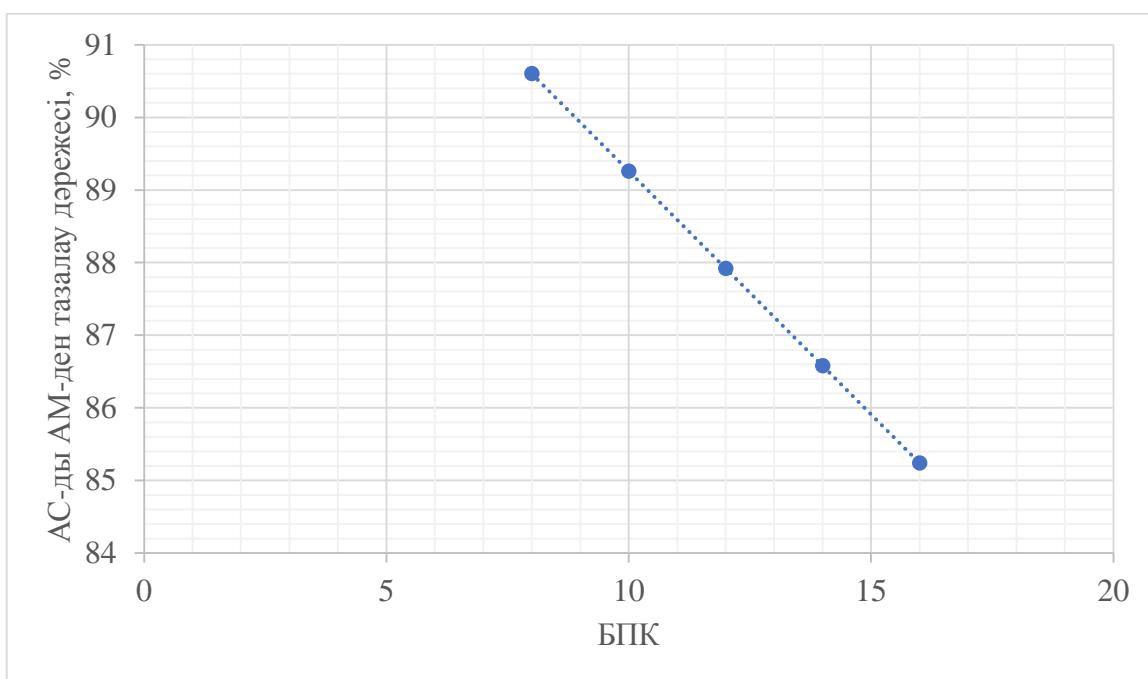
Формула	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Y _{n1} =a+b · X _{n1}	85,64	90,6	87,84	89,48
Y _{n2} =a+b · X _{n2}	86,76	89,26	87,86	88,68
Y _{n3} =a+b · X _{n3}	87,88	87,92	87,88	87,88
Y _{n4} =a+b · X _{n4}	89,00	86,58	87,90	87,08
Y _{n5} =a+b · X _{n5}	90,12	85,24	87,92	86,28

Алынған теориялық деректерді көрнекі түрде көрсету үшін ағынды суларды ауыр металдардан (мысалы, кадмий, мырыш, никель, кобальт және мыс) биологиялық аэробты тазартудың зерттелетін факторларға тәуелділігінің графиктерін (5-8 суреттер) құрамыз.



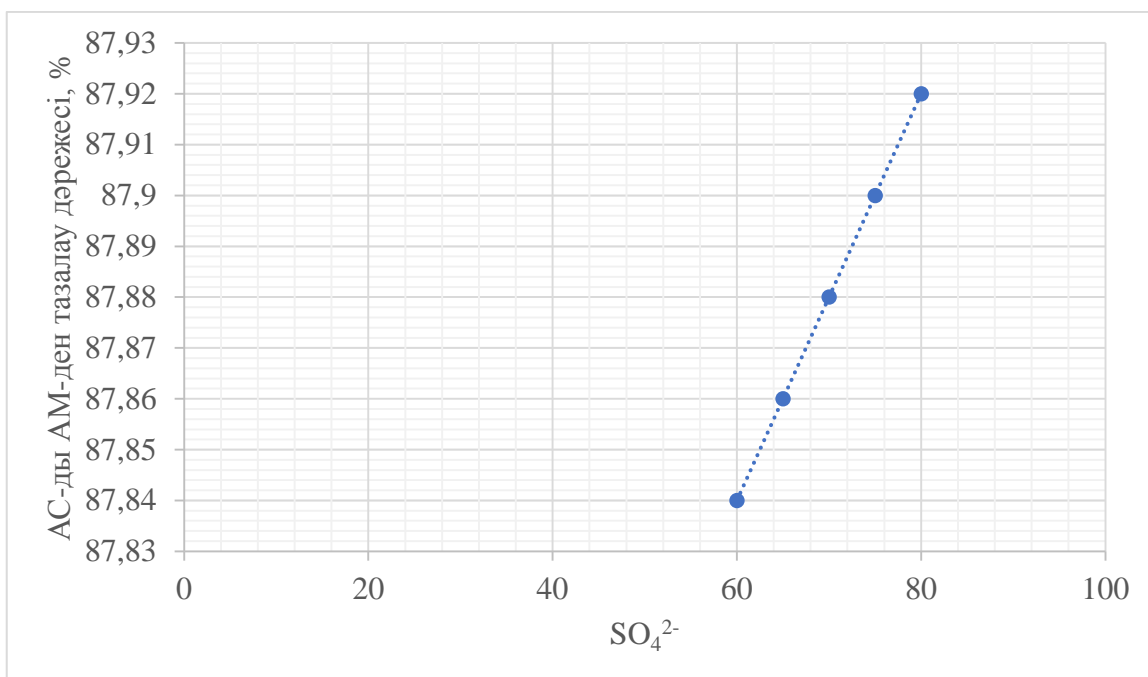
* АС-ағынды сулар; АМ – ауыр металдар

5– сурет-нүктелік графиктерге іріктеу: Ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазартудағы тәуелсіз факторлардың (рН) әсері (мысалы, кадмий, мырыш, никель, кобальт және мыс)



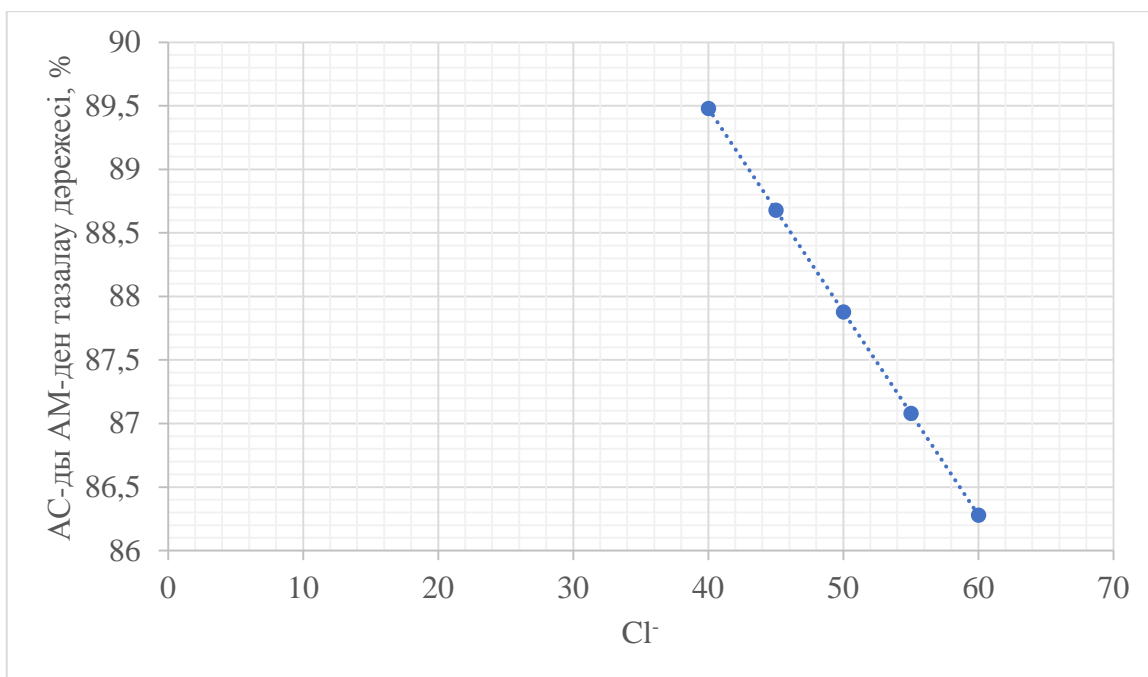
* АС-ағынды сулар; АМ – ауыр металдар

6-сурет-нүктелік графиктерге іріктеу: Ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазартудағы тәуелсіз факторлардың әсері (мысалы, кадмий, мырыш, никель, кобальт және мыс)



* АС-ағынды сулар; АМ – ауыр металдар

7- сурет-нүктелік графиктерге іріктеу: Ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазартудағы тәуелсіз факторлардың (SO_4^{2-}) әсері (мысалы, кадмий, мырыш, никель, кобальт және мыс)



8 – сурет-нүктелік графиктерге іріктеу: Ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазартудағы тәуелсіз факторлардың (Cl⁻) әсері (мысалы, кадмий, мырыш, никель, кобальт және мыс)

Функцияларды талдау (5–8-суреттер) мынаны көрсетті: - рН (X₁) әсері күшті, өйткені Y₁ мәні ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазарту дәрежесі ретінде (6-сурет) айтарлықтай ерекшеленетін аралықта өзгереді: рН 85,64-тен 6,0-ден 90,12% - ға дейін, рН 8.0-ге тең.

рН неғұрлым жоғары болса (8-ден 6-ға дейін), біз көріп отырғанымыздай, ағынды суларды ауыр металдардан тазарту пайызы соғұрлым жоғары болады. Үлгіні тазартылған жүйенің белсенді тұнбаның гетеротрофты микроорганизмдерімен автокаталитикалық тотығуымен түсіндіруге болады.

Дәл осындай көрініс ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазартуда (мысалы, кадмий, мырыш, никель, кобальт және мыс), SO₄²⁻ сияқты тәуелсіз фактордың әсерін қарастырғанда байқалады (7-сурет):

- SO₄²⁻ (X₃) әсері күшті, өйткені U₃ мәні ауыр металдардан ағынды суларды биологиялық аэробты тазарту дәрежесі ретінде (5-сурет) өте қысқа аралықта күрт өзгереді (60-тан 80-ге дейін): 87,84-тен 87,92% - ға дейін.

Көріп отырғанымыздай, SO₄²⁻ (80-ден 60-қа дейін) неғұрлым жоғары болса, ағынды суларды ауыр металдардан тазарту пайызы соғұрлым жоғары болады (87.92-ден 87.84% - ға дейін).

Үлгіні тазартылған жүйенің белсенді тұнбаның гетеротрофты микроорганизмдерімен автокаталитикалық тотығуымен түсіндіруге болады.

Мұндай өзара әрекеттесулер аэробты тотығу процестеріне тән. рН және SO_4^{2-} ге байланысты ауыр металдардан Ағынды суларды тазартудың өзгеру заңдылықтары изотипті түрде өзгереді, сондықтан зерттелген жүйелерде, яғни аэрация кезінде ағынды суларда жүретін аэробты биологиялық процестердің ұқсастығын бағалауға болады.

БПК және Cl^- ауыр металдардан Ағынды суларды биологиялық аэробты тазарту дәрежесіне әсерін сипаттайтын Y_2 және Y_4 функцияларын талдау сәйкесінше зерттелген факторлардың жоғарылауымен тазарту деңгейінің төмендегенін анықтады: қарастырылатын факторлар неғұрлым төмен болса, ағынды суларды ауыр металдардан тазарту пайызы соғұрлым жоғары болады: БПК және Cl^- : зерттелетін факторлар үшін тазартудың максималды пайызы бірінші деңгейде байқалады, ең азы - соңғы, бесінші.

Барлық суреттердің деректерін талдау зерттелген жүйелердегі тотығу процестерінің сәйкестігін көрсетті және растады. SO_4^{2-} қышқыл қалдықтарының болуы-су ортасында күкірт қышқылының пайда болуына және реакцияларға оттегінің бөлінуіне ықпал етеді:



Зерттелетін жүйеде зерттелген факторлардың әсері айтарлықтай. $Y_5=f(X_5)$ тәуелділігі зерттелетін фактор интервалында ауыр металдар құрамының айтарлықтай төмендеуін көрсетеді (5 - 8-суреттер). Мұны белсенді тұнба болған кезде күрделі ағынды қоспадағы өзара әрекеттесу қарқындылығының төмендеуімен түсіндіруге болады. Жеке функциялар жалпыланған 6 теңдеуде біріктірілген:

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

$$\frac{(72,2 + 2,24 \times X1) \times (95,96 + (-0,67) \times X2) \times (87,6 + 0,004 \times X3) \times (95,88 + (-0,16) \times X4)}{87,88^{5-1}}$$

Жалпыланған теңдеуді талдау көрсетілген технологиялық параметрлермен биологиялық аэробты процестерді оңтайландыру кезінде ағынды суларды ауыр металдардан жоғары тазартуға ықпал ететіндігін көрсетті – 97 %.

Қорытынды

Дипломдық жобада Алматы облысындағы Сорбұлақ көлін ауыр металдардан биологиялық тазалау жолдарын зерттедім.

Оңтайлы қабылданған шарттарды сақтай отырып, белсенді тұнбаның жақсартылған құрамының қатысуымен биосынамалардағы сарқынды суларды аэробты биологиялық тазарту процесін қарқындату кезінде сарқынды суларды ауыр металдардан тазарту дәрежесін шамамен 10% - ға арттыруға болады (эксперименттік көрсеткіштермен салыстырғанда: 87% - ға қарсы 97 %).

Қорытындылар:

1) Бірнеше корреляция негізінде модельдеу әдісі ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазарту дәрежесіне тәуелсіз айнымалылардың әсерін зерттедім.

2) Барлық зерттелген факторлар күшті факторлар екендігі анықталды:

- фактор X_1 : рН 6-дан 8 дейін;
- фактор X_2 : БПК₅, мгО₂/л 8-ден 16 дейін;
- фактор X_3 : сульфат (SO₄²⁻, мг/л) 60-тан 80 дейін;
- фактор X_4 : хлорид (Cl⁻, мг/л) от 40-тан 60 дейін.

3) Ауыр металдардан ағынды суларды биологиялық аэробты тазартудың ең үлкен пайызы-97 %, келесі оңтайлы жағдайларда алуға болады:

- X_1 коэффициенті: рН 8;
- X_2 коэффициенті: BOD₅, мгО₂ / л 8;
- фактор X_3 : сульфаттар (SO₄²⁻, мг / л) 80;
- фактор X_4 : хлоридтер (Cl⁻, мг / л) 40.

Осылайша:

Ағынды суларды ауыр металдардан биологиялық аэробты тазарту процестерін модельдеу нәтижелерін талдау тотығу-тотықсыздану әсерлесуі жағдайында өзара әрекеттесудің біркелкілігін анықтадым.

Үлгілердің беріктігі аэрацияның қарқындылығына және тотығу жағдайында белсенді тұнбаның гетеротрофты микроорганизмдері арасындағы күрделі өзара әрекеттесуге байланысты.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Казова Р.А. Моделирование обезвреживания техногенных материалов // Материалы XI международной научно-технической конференции «Новое в безопасности жизнедеятельности. Экология». Алматы: КазНТУ имени К.И.Сатпаева. 2008. – С.56–59.
- 2 Бекказинова Д. Б., Алексанова А. Г. Содержание тяжёлых металлов (Cd, Zn, Co, Ni, Cu) в сточных водах города Алматы // Вестник КазНМУ. 2010. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/soderzhanie-tyazhyolyh-metallorv-cd-zn-co-ni-cu-v-stochnyh-vodah-goroda-almaty> (дата обращения: 30.05.2021).
- 3 Малышев В.П. Математическое планирование металлургического и химического эксперимента. Алма-Ата: Наука, 1977. – 35 с.
- 4 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: www.science-education.ru/127-21293 (дата обращения: 31.05.2021).
- 5 Алматы су. Водоснабжение и канализация. URL: https://almatysu.kz/?page_id=483&lang=ru (дата обращения: 30.05.2021).
- 6 Зайнуллин Х.Н., Абдрахманов Р.Ф., Савичев Н.А. Монография. Утилизация промышленных и бытовых отходов (на примере Уфимской городской свалки). Уфа, УНЦ РАН. 1997. – 235 с.
- 7 Малышевский А.Ф. Обоснование выбора оптимального способа обезвреживания твердых бытовых отходов жилого фонда в городах России. МПРиЭ РФ. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. Общественный совет при Росприроднадзоре Комиссия научного совета РАН по экологии и чрезвычайным ситуациям. М., 2012. 48с.
- 8 СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. Sewerage. Pipelines and wastewater treatment plants. Актуализированная редакция.
- 9 Отчет «Экологическое состояние накопителя «Сорбулак», 2010 г. - 118 с.