

**Таттибаева Жадра Аширхановнаның 6D060600 - «Химия» мамандығы бойынша PhD философия докторы дәрежесін алу үшін «Суды сазды тасымалдаушыларда иммобилизацияланған микроағзалар жасушаларының көмегімен Cr (III) және Cr (VI) иондарынан сорбциялық тазарту» тақырыбында жазылған диссертациясына**

**АҢДАТПА**

**Зерттеу тақырыбының өзектілігі.** Қазіргі таңда қоршаған ортаны қорғаудың негізгі міндеттерінің қатарында су мен ауаны хром қосылыстарынан тазарту жолдарын іздеу Қазақстан үшін, әсіресе Батыс өңірлерде өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Себебі, хром өндіру бойынша еліміз әлемнің жетекші елдері Оңтүстік Африка, Үндістан және Қытай сияқты елдердің қатарынан орын алады.

Осындай ағын сулардан металл иондарын бөліп алудың белгілі әдістерінің ішінде сорбция – ең қарапайым, қолжетімді әдіс болып табылады, бірақ мәселе тиімділігі жоғары сорбенттерді таңдау болып табылады. Микроағза жасушалары ауыр металл иондарының арзан сорбенттері болып табылады, алайда оларды адсорбциядан кейін ерітінділерден бөлудің қиындығына байланысты кеңінен қолдану кейбір шектеулерді туындатады. Сондықтан оларды қатты минералды тасымалдаушылар бетінде Cr (III) және Cr (VI) иондарын адсорбциялауға қабілетті микроағза жасушаларын иммобильдеу әдісі қолданылды. Микроағза жасушаларын саз минералдары бөлшектерінің бетіне мықтап бекіту үшін, олардың жасуша бетімен әрекеттесуге қабілетті функционалды топтарының болуы маңызды. Бұл қатты тасымалдаушылардың бетін өзгерту, жасуша-хром иондарының өзара әрекеттесу ерекшелігін анықтау, жасушалардың функционалды қатты бетке жақындығын анықтау бойынша іргелі зерттеулер жүргізуді талап етеді. Шаңқанай кен орнының цеолиттері жасуша тасымалдаушысы ретінде пайдаланылды. Қатты беттің модификаторы ретінде кең таралған өнеркәсіптік катионды полимер – хитозан қолданылды.

**Зерттеу жұмысының мақсаты:** Суды хром қосылыстарынан тазалау үшін Cr (III) және Cr (VI) иондарының балдыр жасушалары бетіндегі адсорбциясының жағдайларын оңтайландыру.

**Міндеттері:**

1. Cr (III) және Cr (VI) иондарының *Spirulina platensis*, *Chlorella vulgaris* ZBS1 балдыр жасушаларының бетіндегі адсорбциясына ортаның рН-ы мен температурасының әсерін анықтау;
2. Cr (III) және Cr (VI) иондарының *Spirulina platensis*, *Chlorella vulgaris* ZBS1 балдыр жасушаларының бетіндегі адсорбциясын заманауи адсорбция модельдері шеңберінде өңдеу және термодинамика тұрғысынан сипаттау;
3. Cr (III), Cr (VI) иондарының балдыр жасушалары бетінің

электрокинетикалық потенциалына әсерін анықтап, негіздеу;

4. Cr (III), Cr (VI) иондарының балдыр жасушаларына токсикалық және коагуляциялық әсерлерін анықтау;

5. Балдыр жасушаларын цеолит бетіне иммобилизациялау арқылы композиттік биосорбенттер алу;

6. Cr (III) және Cr (VI) иондарын *Spirulina platensis*, *Chlorella vulgaris* ZBS1 балдыр жасушаларының бетінен десорбциялау және бисорбенттерді регенерациялау жағдайларын анықтау.

**Зерттеу әдістері:** Рентгенфазалық талдау, рентгенфлюоресценттік талдау, атомды-абсорбциялық спектроскопия, ИҚ-спектроскопия, УҚ-спектрофотометрия, сканерлеуші электрондық микроскопия (СЭМ), оптикалық микроскопия, электрокинетикалық талдау (Z-сайзер) және БЭТ әдісі.

#### **Қорғауға ұсынылатын негізгі қағидаттар:**

1. Cr (III), Cr (VI) иондарының *Spirulina platensis* және *Chlorella vulgaris* ZBS1 балдыр жасушалары бетінде адсорбциясы бағаланып, нәтижелер Ленгмюр, Фрейндлих, Дубинин-Радушкевич және Темкин модельдері шеңберінде өңделді. Адсорбция негізінен ковалентті емес электростатикалық әрекеттесулермен анықталады, алайда адсорбцияланған иондардың жасуша бетінің функционал топтарымен байланысуында ион алмасу, тотығу-тотықсыздану процестері және донорлық-акцепторлық әрекеттесулердің рөлі маңызды;
2. Есептелген ( $\Delta G^\circ$ ,  $\Delta H^\circ$ ,  $\Delta S^\circ$ ) термодинамикалық параметрлер бойынша *Chlorella Vulgaris* ZBS1 балдыр жасушаларының бетіндегі Cr (VI) иондарының адсорбциясы эндотермиялық және өзінен-өзі жүрмейтіндігі, ал *Spirulina platensis* балдыр жасушаларының бетіндегі Cr (III) иондарының адсорбциясы экзотермиялық және өзінен-өзі жүретіндігі адсорбцияланатын иондардың зарядымен және ортаның рН-ымен анықталады;
3. Cr (III) иондарының  $10^{-3}$  моль/л концентрациясы *Spirulina platensis* жасушаларына қарсы тұру қабілетін беретіні, 7 күннен соң жаңа балдыр жасушаларының пайда болуы, олардың Cr (III) иондарын қоректік орта ретінде пайдаланғанын білдіреді. Ал Cr (VI) иондарының токсикалық әсері жасушаның қорғаныс және гидратталған микроортасын бұзып, жасушаішілік ортаға түсетіндігімен ерекшеленеді;
4. Cr (III) иондарының  $10^{-5}$  –  $10^{-3}$  моль/л концентрациясында *Spirulina platensis* жасушаларының бетіндегі адсорбциясы олардың коагуляциясына апарады. Алайда, Cr (III) тұзының концентрациясы  $10^{-1}$  моль/л болғанда, коагуляция жасуша бетінің көп зарядты Cr (III) иондарымен шамадан тыс зарядталуына байланысты балдыр суспензиясының тұрақтануымен ауыстырылады.

5. Cr (III), Cr (VI) иондарының балдыр жасушалары бетінен десорбциясы 0,1 моль/л HCl және 0,1 моль/л NaOH ерітінділерінде 120 минутта сәйкесінше 78,5% және 80,3% жетеді. Цеолит-хитозан-балдыр жасушалары биокомпозитін судан Cr (III), Cr (VI) иондарын бөліп алу үшін кемінде 5 рет регенерациядан өткізіп, қайталап қолдануға болады.

**Зерттеу жұмысының ғылыми жаңалығы:**

1. Алғаш рет Cr (III), Cr (VI) иондарының *Spirulina platensis* және *Chlorella vulgaris* ZBSI балдыр жасушалары бетінде адсорбциясы кешенді түрде қарастырылды. Cr (III) иондарының балдыр жасушаларының бетіндегі адсорбциясы температура артқан сайын кемитіндігі және бұл үрдіс псевдо-бірінші реттік кинетикалық модельмен, ал Cr (VI) иондарының адсорбциясы температура жоғарылаған сайын артатыны және оның псевдо-екінші реттік кинетикалық модельмен жүретіндігі анықталады.

2. Термодинамика тұрғысынан Cr (III) иондарының *Spirulina platensis* балдыр жасушаларының бетіндегі адсорбциясы кезінде температураның жоғарылауымен  $\Delta G^\circ$ -дің теріс мәнінің артуы адсорбция процесінің қолайлылығын білдіреді, яғни адсорбент пен адсорбаттың байланысу күші артатындығын көрсетеді. Ал Cr (VI) иондарының *Chlorella vulgaris* ZBSI жасушаларының бетіндегі адсорбциясында  $\Delta G^\circ$  мәндерінің оң болуы, балдыр жасушаларының бетінің аниондық топтары мен Cr (VI) аниондары арасындағы электростатикалық тебісу күштерін басу үшін энергия шығыны болып табылады.

3. Cr (III) катиондары да, Cr (VI) аниондары да төмен концентрацияларда ( $10^{-5} - 10^{-4}$  моль/л) *Spirulina platensis*, *Chlorella vulgaris* ZBSI балдыр жасушалары бетінің терістігін күшейтіп, жоғары концентрацияларда ( $10^{-3} - 10^{-1}$  моль/л) оны төмендететіндігі көрсетілді. Алайда Cr (III) катиондарының әсері төмен концентрацияларда бетке қосымша аниондық топтарының шығатынымен және жоғары концентрацияларда ҚЭЖ-тың сығылуымен байланысты болса, Cr (VI) аниондарының әсері олардың төмен концентрацияларда беттің теріс зарядын көбейтіп, жоғары концентрацияларда олардың қарсы иондарының беттің теріс зарядын бейтараптаумен негізделеді.

4. Cr (III) иондарының *Spirulina platensis* балдыр жасушалары бетіндегі адсорбциясы оның суспензияларының коагуляциясына апарады. Cr (III) қосылыстарының  $10^{-3}$  моль/л концентрациясы *Spirulina platensis* балдыр жасушаларына ынталандырушы әсер беретіндігі, ал Cr (VI) иондарының, керісінше, бұл жағдайда токсикалық әсері анықталды.

5. Лиофильдігі жоғары *Spirulina platensis*, *Chlorella vulgaris* балдыр жасушаларын судан бөліп алу үшін оларды цеолит бетіне иммобильдеу ұсынылды. Теріс зарядты тасушы бетіне теріс зарядталған жасушаларды бекіту үшін минерал бөлшектерінің беті катиондық полимер - хитозанмен өңделді.

## **Зерттеу нәтижелерінің теориялық және практикалық маңыздылығы**

Жұмыс нәтижелерінің практикалық маңыздылығы жоғары сорбциялық қасиетке ие биосорбенттер мен сазды биокомпозиттер синтездеу және олардың адсорбциялық сипаттамаларын анықтау болып табылады. Практикалық қолданылу мүмкіндігі өндірістің қалдық суларынан уыттылығы жоғары хром иондарынан тазалайтын жоғары эффективті биосорбенттер алуға және оларды сипаттауға негізделген. Аталған биосорбенттер қоршаған ортаны қорғау үшін қолданылуы мүмкін. Сонымен қатар биосорбенттер мен биокомпозиттерді алу және қолданудың экономикалық тиімділігі шикізаттарының арзандығымен және қолжетімділігімен негізделеді.

## **Ғылымды дамыту бағыттарына немесе мемлекеттік бағдарламаларға (жобаларға) сәйкестігі**

Диссертациялық жұмыс Қазақстан Республикасының Білім және Ғылым Министрлігі қаржыландырған "BR05236419 – Жоғары эффективті кең спектрлі практикалық қолданыс мүмкіндігі бар функционалданған органикалық заттар мен материалдарды құру" ғылыми бағдарлама шеңберінде орындалды (2018-2021 ж.ж.).

**Жарияланымдар.** Диссертациялық жұмыс тақырыбы бойынша зерттеулердің нәтижесінде бірлесіп 13 ғылыми жұмыс жарияланды, оның ішінде Scopus базасына кіретін “Heliyon” журналында (Q1, 82%) 1 мақала, “Eastern-European Journal of Enterprise Technologies” журналында (Q3, 29%) 1 мақала, ҚР Ғылым және жоғары білім министрлігі Жоғарғы білім және ғылым саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті тізіміне кіретін «ҚазҰУ хабаршысы» химия сериясында, «Ғылыми-техникалық «КАХАК» қоғамы жаңалықтары, «Промышленность Казахстана» журналдарында 3 мақала, сондай-ақ халықаралық және республикалық ғылыми конференциялар мен форумдарда 8 баяндаманың материалдары мен тезистері.

### **Әр мақаланы дайындауға докторанттың жеке үлесі**

Докторант «Heliyon» журналында (2022, V. 8, Issue 9, e10468, Q1) «Peculiarities of adsorption of Cr (VI) ions on the surface of *Chlorella vulgaris* ZBS1 algae cells» мақаласын құрастыру үшін эксперименттік мәліметтерді алуға, эксперимент нәтижелерін өңдеуге және талқылауға тікелей қатысты.

Докторант «Eastern-European Journal of Enterprise Technologies» журналында (2021, 4(10) (112), P. 14-23, Q3) «Analysis of Cr (III) ions adsorption on the surface of algae: implications for the removal of heavy metal ions from water» мақаласын құрастыру үшін эксперименттік мәліметтерді алуға, эксперимент нәтижелерін өңдеуге тікелей қатысты.

Докторант «Chemical bulletin of KazNU» журналында (2019, V. 94, №4, P. 20-26) «Adsorption modification of the zeolite surface with chitosan» мақаласын құрастыру үшін эксперименттік мәліметтерді алуға, эксперимент нәтижелерін өңдеуге және түсіндіруге тікелей қатысты.

Докторант «КАХАК» журналында (2019, №3 (66), 85-90 бб.) «*Chlorella vulgaris* балдыр жасушаларын  $\text{Cr}^{3+}$  иондарының адсорбенті ретінде қолдану» мақаласын құрастыру үшін эксперименттік мәліметтерді алуға, эксперимент нәтижелерін өңдеуге және тікелей қатысты.

Докторант «Промышленность Казахстана» журналында (2020, №3, 40-43 бб.) «*Spirulina platensis*-хитозан-цеолит композиті көмегімен Cr (III) иондарын сулы ерітінділерден бөлу» мақаласын құрастыру үшін эксперименттік мәліметтерді алуға, эксперимент нәтижелерін өңдеуге және түсіндіруге тікелей қатысты.

Докторант халықаралық ғылыми конференциялар мен форумдарда 8 баяндаманың материалдары мен тезистерін құрастыру үшін эксперименттік мәліметтерді алуға, эксперимент нәтижелерін өңдеуге тікелей қатысты.