

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Дүйсембин Қ.Д., Алиакбарова З.М. Жасқа сай физиология және мектеп гигиенасы (оқулық) - Алматы: Дәуір, 2009 ж, 21-25 б.
2. Матюшонок М.Т., Турик Г.Г, Крюкова А.А. Балалар мен жасөспірімдер физиологиясы және гигиенасы Алматы: Мектеп, 2010 ж, 10 б.
3. Ермакова С.А. Балалар мен жасөспірімдер гигиенасы (оқу құралы) Қарағанды: Ақ-Нұр, 2014ж, 11-13 б.
4. Бейсембаева З.И. Балалар мен жасөспірімдер гигиенасы пәнінен тәжірибелік сабаққа арналған оқулық Қарағанды: Ақ-Нұр, 2014ж, 18 б.
5. Ордабекова С.О., Абдрақов Б.Қ., Ахауова Г.Қ. Жас ерекшелік анатомиясы, физиологиясы және гигиенасы Қарағанды: Ақ-Нұр, 2012 ж, 20-22 б.
6. Гигиена детей и подростков учебное пособие/ под ред. проф. В.Р.Кучмы.-М: ГЭОТАР-Медиа, 2010, 36-39 б.
7. В.Н. Кардашенко, Е.П. Стромская. Гигиена детей и подростков: -Москва: Медицина, 2009 г. -88-89б.
8. Неменко Б.А. Оспанова Г.К Балалар мен жасөспірімдер гигиенасы (Оқулық).- Алматы 2010.76 б.
9. М.В. Антропова. Гигиена детей и подростков. Изд.5-ое: -М: Медицина, 2012г.-21-23б.
10. М.Құсайынов атындағы АОДБАММИ жалпы орта мекетемі оқушыларының дәрігерлік тексеріс нәтижелері.

ҒТАМР 34.27.49

ХРОМ ИОНЫМЕН ЛАСТАНҒАН АҒЫНДЫ СУ ҚҰРАМЫН ТАЗАРТУДА МИКРОБИОЛОГИЯЛЫҚ ӘДІСТІ ҚОЛДАНУ

Р.И. ИЗИМОВА, А. ҚОЯНБАЙҚЫЗЫ

Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік мемлекеттік университеті, Ақтөбе, Қазақстан

Аңдатпа. Қазіргі таңда қоршаған орта нысандарының, соның ішінде ағын су құрамының ауыр металл иондарымен ластануы күрделі, әрі өзекті мәселелердің қатарында екені белгілі. Су сапасына тікелей әсер ететін және ғылыми тұрғыдан да зерттеу жұмысына арқау болып отырған мәселе - су құрамының металл қосылыстарымен, оның ішінде хром иондарымен ластануы. Хром металы ағзада жинақталып, ішкі зат алмасу процесіне тікелей әсер етуіне байланысты адам ағзасы үшін қауіпті деп саналады. Хром ионы бір ортадан екінші ортаға ауысқанда оңай түрде өз қалпын ауыстырып, соның нәтижесінде түрлі биохимиялық үдерістерден оңай өтіп, ағзадағы өзге де химиялық және физикалық реакцияларға әсерін жылдам береді. Ағзада ауыр металдар иондарының әсері нәтижесінен туындайтын токсикалық процестер жедел және

созылмалы улануға, аллобиотикалық үрдістердің орын алуына, сонымен қатар, мутагенез, канцерогенез сияқты арнайы улану үрдістері түрінде көрініс береді. Мақалада алты валентті хром ионымен Cr(VI) ластанған ағынды су құрамын тазартудағы барынша қарапайым, жылдам және шығын деңгейі төмен микробиологиялық әдісті қолданудың тиімділігі қарастырылады.

Кілт сөздер: хром, ағынды суларды тазарту, хромды қалпына келтіруші микроорганизмдер, *Aeromonas dechromatica*, факультативті – анаэробты микроорганизм, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas fluorescens* SC106, *Pseudomonas fluorescens* LB300

Аннотация. Загрязнение объектов окружающей среды, особенно сточных вод ионами тяжелых металлов является одной из наиболее актуальных проблем на данный момент. Загрязнение воды соединениями металлов, в том числе ионами хрома является проблемой, которая напрямую влияет на качество воды. Хром считается опасным для организма человека из-за его накопления в организме и его прямого воздействия на внутренние обменные процессы. Ионы хрома могут легко изменять свое поведение из одной среды в другую, тем самым легко проходя через различные биохимические процессы и быстро влияя на другие химические и физические реакции в организме. Токсические процессы, возникающие в результате воздействия ионов тяжелых металлов на организм, проявляются в форме острых и хронических отравлений, возникновении аллобиотических процессов, а также особых процессов интоксикации, таких как мутагенез и канцерогенез. В статье описывается микробиологическая технология очистки сточных вод от ионов шестивалентного хрома, позволяющая существенно упростить технологию очистки сточной воды, ускорить процесс очистки и уменьшить затраты.

Ключевые слова: очистка сточных вод, хромовосстанавливающие микроорганизмы, *Aeromonas dechromatica*, факультативно - анаэробные бактерии, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas fluorescens* SC106, *Pseudomonas fluorescens* LB300

Annotation. Sewage pollution by heavy metal ions is one of the most pressing problems at the moment. The problem, that directly affects the quality of water and the subject of scientific research is water pollution by metal compounds, including chromium ions. Chromium is considered dangerous for the environment and the human body due to its accumulation in the body and its direct effect on internal metabolic processes. Chromium ions can easily change their behavior from one medium to another, thereby easily passing through various biochemical processes and quickly affecting other chemical and physical reactions in the body. Toxic processes resulting from the action of heavy metal ions on the body manifest themselves in the form of acute and chronic poisoning, the occurrence of allobiotic processes, as well as special intoxication processes, such as mutagenesis and carcinogenesis. The article describes the microbiological technology of wastewater treatment from hexavalent chromium ions, which allows to significantly simplify the technology of wastewater treatment, speed up the treatment process and reduce costs.

Key words: wastewater treatment, chromium regenerating microorganisms, *Aeromonas dechromatica*, optional anaerobic bacteria, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas fluorescens* SC106, *Pseudomonas fluorescens* LB300

Ағынды су құрамының алты валентті хром ионымен ластануы арнайы әдістер көмегімен қалпына келтіруді талап ететін күрделі мәселелердің бірі болып саналады.

Хром Cr (лат. Chromium) Менделеев периодтық кестесінің VI тобына жататын химиялық элемент. Табиғи жағдайда хром бос күйде кездеспейді, негізінен хром оксиді Cr₂O₃ немесе хромит FeCr₂O₄ түрінде кездеседі. Қоршаған ортада хром элементінің III және VI валентті иондары ажыратылады. Улылық деңгейі бойынша III валентті хром ионына

қарағанда VI валентті хром ионы салыстырмалы түрде «қауіпті канцероген» тобына жатқызылады. Ағынды су құрамына хром ионы әртүрлі өндірістік іс-әрекеттер, өндірістік қалдықтар нәтижесінде келіп түседі. Хромның өндірістік салаларда кеңінен қолданылуы оның ыстық температураға шыдамдылығы, қаттылығы, коррозиялық процестерге төзімділігімен байланысты[1].

Хром металы организмде жинақталып, ішкі зат алмасу процесіне тікелей әсер етуіне байланысты қоршаған орта мен адам ағзасы үшін қауіпті деп саналады. Хром ионы бір ортадан екінші ортаға ауысқанда оңай түрде өз қалпын ауыстырып, соның нәтижесінде түрлі биохимиялық үдерістерден оңай өтіп, ағзадағы өзге де химиялық және физикалық реакцияларға әсерін жылдам бере алады.

Алты валентті хром ионы өз кезегінде өте жоғары генотоксикалық қасиетке ие: ол тірі жасушадағы генетикалық ақпараттың бұзылысын тудырып, ДНК мутациясының пайда болуына әкеледі.

Қоршаған ортаға хром ионының түсуінің негізгі екі жолы бар деп қарастырылады. Бірінші - ауа қабатының дезинтеграциялық немесе химиялық ұшқыш заттар әсерінен ластануы. Екінші - түрлі хром қоры бар өнеркәсіптер мен зауыттардың қалдық өнімдерінің топырақ пен ауаға таралуы. Соның нәтижесінде көптеген ірі өндірістік зауыттар айналасында топырақ пен ауыз судың, ауаның және өсімдіктер мен жануарлардың қалыпты тіршілігіне айтарлықтай зиянды әсер ететін хромның жоғары мөлшері бар хромды аймақтар пайда болады. Ауа арқылы хром қосылыстары алдымен топырақ пен су қоймаларына таралады. Өндірістік ағынды су құрамында хром ионының таралуы беткей және жерасты су көздерінің хроммен ластануының негізгі көзі болып саналады[1,2].

Дүние жүзі бойынша Ақтөбе облысы хром өндіру саласы бойынша IV орынға, Қазақстан аумағы бойынша I орында тұр, қазіргі уақытта хром бойынша Ақтөбе өңірі «геохимиялық» аймақ ретінде қалыптасқан. Ақтөбе хром өңдеу зауыты монокромат, натрий бихроматы, хромды ангидрид өндіру жағынан кеңінен сұранысқа ие. Қазақстандағы ірі зауыттардың қатарына кіреді және аталмыш зауыт арқылы өндірілетін хром қосылыстары тікелей АҚШ, Германия, Жапония елдеріне экспортталады.

Ақтөбе облысы аймағының хроммен ластануының негізгі себебі мен басталуы 1957 жылы Ақтөбе хром өңдеу зауытының іске қосылуымен тікелей байланысты. Ақтөбе хром өңдеу зауыты елге экономикалық тұрғыдан тиімді әрі жоғары деңгейлі пайда түсіргенімен, елдің экологиялық қажеттілігіне, оның ішінде зауыт орын тепкен Ақтөбе қаласы аймағының экологиясына, әсіресе жерасты, ағын сулардың сапалық құрамына айтарлықтай тікелей және жанама түрде жағымсыз әсер етуде. Ақтөбе облысының жерасты ауыз су көлемі жағынан жеткілікті болғанымен, ол су қоры толыққанды қолданыс таппаған, әзірге 10 - 20% су қоры

ғана тиімді түрде қолданылады. Оның негізгі себебі - су сапасының нормативтерге сай болмауы, яғни су қорларының ластануы және соның нәтижесінде бірқатар елді мекендерде халықтың сапалы ауыз сумен қамтамасыз етілуінің жеткіліксіздігіне де әкеліп соғуда.

Жалпы орталықтандырылған су жүйесінің және ағын су құрамының тазалығының сақталуы жергілікті халықтың денсаулығы үшін өте маңызды болып саналатыны белгілі, сондықтан суды тазарту өткір мәселе.

Хромды ағынды суларды тазартуда механикалық, химиялық, физикалық әдістер жеке дара және кешенді әдістер жиынтығыда қолданылады. Аталған әдістердің әрбірінің өзіне тән артықшылықтары мен кемшілік жақтары бар, ең бастысы тәжірибеде әдістердің барынша экономикалық және экологиялық тұрғыдан тиімді болуына басым көңіл бөлінеді [2,3].

Қазіргі таңдағы жоғары тиімділікке ие әдістердің бірі ретінде хромды ағынды суларды тазартуда микробиологиялық әдістер жан-жақты зерттелуде. Биоремедиация тәсілінің мәні - микроорганизмдерді мақсатты түрде арнайы токсикалық, қауіпті қосылыстарды тазарту үшін қолдану. Микробиологиялық зерттеудің бұл әдісі ХХ ғасырдың екінші жартысында қолданыс таба бастады. Осы мақсатта арнайы сынамалардан өткен бірқатар микронысандар түрлері мен штамдары тәжірибеде қолдануға ұсынылған.

Ағынды суды алты валентті хром ионынан биологиялық жолмен тазартудың негізгі екі тәсілі белгілі: бірінші - алты валентті хром ионын микронысан жасушасына адсорбциялау, бұл әдіс «биосорбция» деп аталады. Екінші, биотрансформация әдісі - ферменттік реакция көмегімен тікелей алты валентті хром ионын улылық деңгейі салыстырмалы түрде төмен үш валентті хром ионына айналдыру. Ұсынылып отырған микробиологиялық әдістер технологиялық тұрғыдан барынша қарапайым, шығын көлемі төмен, экология жағынан қауіпсіз болуына байланысты жоғары сұранысқа ие. Микробиологиялық әдіспен қалпына келтірулер орындалу жағынан химиялық әдіске ұқсас болып келгенімен, көп жағдайда биологиялық қаныққан ортаның артықшылығы басым деп саналады. Хромды ағынды суды тазартуда микробиологиялық әдісті қолдану үшін бос оттегінің болуы, көмір қышқылының органикалық концентрациясы, рН көлемінің деңгейі, ерітіндідегі хром Cr ионының массасы сияқты негізгі бірнеше факторлардың болуы маңызды саналады [4].

Хромды ағынды суды микробиологиялық әдіс көмегімен тазартуда аса мән берілетін жағдай – осы мақсатта қолданылатын микронысандардың биологиялық қасиеттері. Бүгінгі таңда ғалымдармен жан-жақты зерттелу сатыларында тұрған бактериялар арасында *Pseudomonas* тобының өкілдері: *Ps.aeruginosa*, *Ps. synxantha*, *Ps. putida*, *Ps. ambigua*, *Ps. fluorescens*, *Ps.dechromaticans* және *Acinetobacter lwoffii*, *Bacillus megaterium*, *Escherichia coli* бактерияларының осы бағыттағы мүмкіндіктері мол екендігі айтылады[6].

Алға қойған міндеттерді жүзеге асыру мақсатында, яғни зерттеу жұмысының тәжірибелік бөлімінде, микробиологиялық тәсілдердің тиімділігін салыстырмалы бағалау үшін бірнеше микронысандар түрлерін қолданып зерттеулер жүргізілді. Қолдану сипатының қарапайымдылығы, микронысанның қолжетімділігі, тәжірибелік жұмыстың орындалу ұзақтығы, ең бастысы - ағынды су құрамын алты валентті хром ионынан тазарту мүмкіндігінің жоғары дәрежесіне ие *Aeromonas dechromatica*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas fluorescens SC106*, *Pseudomonas fluorescens LB300* микронысандарының салыстырмалы артықшылықтары сапалық және сандық көрсеткіштер түрінде бағаланды. Нәтижесінде жасалған тұжырым осы микронысандардың және жалпы микробиологиялық әдістің басқа тәсілдер алдында тиімді деп болжауға мүмкіндік берді.

Тәжірибелік зерттеуде қолданылған микронысандардың қысқаша биологиялық сипаттамасы.

Aeromonas dechromatica – грамм-теріс, факультативті анаэроб, оксидаза – оң, 2,4-диамино-6,7 -диазопропилпиридинге сезімталдық көрсетпейтін бактерия, ол 3% NaCl қосылған ортада көбейеді және өсуі үшін қолайлы рН 6,8-7,0 аралығында болуы қажет. Аталған бактерияның хромның токсикалық иондарын қайта қалпына келтіруі, яғни улылығын төмендету қабілеттілігі оны *Aeromonas dechromatica* деп атауға негіз болған.

Pseudomonas fluorescens - *Pseudomonas* тобына жататын, грамм-теріс, 2-4 талшықтан тұратын, қозғалмалы, оксидаза-оң, таяқша тәрізді бактерия. Тыныс алу типіне байланысты қатаң аэробты, суды және топырақты мекендейді. *Pseudomonas fluorescens* бактериясының өсуіне қажетті қолайлы температура - 25-30 °С.

Pseudomonas aeruginosa - грам-теріс ,қозғалмалы таяқша тәрізді, облигатты аэробты бактерия. Су және топырақты мекендейді, адамдар үшін шартты түрде патогенді микронысандардың қатарына жатады. Көлемі – 0,5-1,0 мкм шамасында. Әмбебап орталар-ет-пептонды агар (ЕПА) және ет-пептон сорпасы (ЕПС) қоректік орталарында жақсы өседі. Протеаза түзуге қабілетті,тығыз қоректік ортада R, S,M формалы колониялар түзеді.

Aeromonas dechromatica микронысанын қолданып хромды ағын су құрамын тазартуда тиімді нәтижеге қол жеткізу үшін алдын- ала тазарту мақсатында зерттеуге алынатын ағын су талапқа сәйкес бірнеше кезеңдерден тұратын дайындық сатысынан өткізіледі. Алдымен, тазартылатын ағынды суды 3-4 сағат көлемінде тұндырып қою міндетті деп саналады. Екіншіден, микронысан үшін арнайы қолданылатын қоректік ортаны бейтараптандыру, *Aeromonas dechromatica* микронысаны үшін ортаның қышқылдық деңгейі, яғни рН 6.8 – 7.2 болуы шарт [6].

Aeromonas dechromatica микронысанын қолдану арқылы хромды ағынды суды тазарту арнайы ауа өткізілмейтін ортаға тұрақты түрде ағынды суды және микробиологиялық

үдерістің барысын жылдамдататын органикалық реагенттерді қосу арқылы жүргізілді. Осы мақсатта қолданылатын негізгі микронысанның таза өнімі 1-1,5 айдан кейін ғана қосылды. Анаэробты орта жағдайында тікелей хром гидроксидінің түзілуімен жүзеге асырылатын алты валентті хром ионын толықтай үш валентті хром ионына айналдыру үшін шамамен 5-6 сағат қажет. Микробиологиялық қалпына келу үрдісі аяқталғаннан кейін органикалық реагент сұйық фазадан ажырап, басқа ағынды су құрамындағы өзге хромат қосылыстарын қалпына келтіру мақсатында қолдануға болады.

Жүргізілген тәжірибелік зерттеулер хромды өндірістік суды тазартуда *Aeromonas dechromatica* бактериясын қолдану Cr(VI) ионын тек қана 70-250 г/л дейінгі концентрациясында тиімді бейтараптандыратынын көрсетті. Барлық өсіру талаптарын сақтаған жағдайда *Aeromonas dechromatica*ны қолдану ағын су құрамын хром ионынан 60% деңгейіне дейін тазартуға мүмкіндік беретіні болжанды.

Аталған микронысанның қабілеттерін салыстырмалы бағалау мақсатында генетикалық және физиологиялық қасиеттері жеткілікті белгілі және биохимия, биоремедиация салаларында қолдануға ыңғайлы деп саналатын *Pseudomonas* тобының өкілдері *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas fluorescens* SC106, *Pseudomonas fluorescens* LB300 штамдары таңдалып, осы микроорганизмдердің биосорбциялық қабілеттерін зерттеу үшін тәжірибелер қойылды.

Зерттеулер алынған арнайы ағынды су үлгілері құрамында хром ионының мөлшерін анықтау үшін атомды адсорбциялық спектрофотометр (AAS) құралы арқылы тексерістен өткізілді. Ағынды су сынамаларына стерильді дистелденген су қосып, араластырып, тығыз қоректік ортаға себіліп, термостатқа 37°C температурада 24 сағатқа қойлды. Өсіп шыққан бактериялар колонияларының ішінен үш доминантты колониялар таңдалып, биологиялық қасиеттері сипатталды және одан әрі сатылы өсіруді жалғастыру үшін, қоректік сорпаға себіліп өсірілді. Бөлініп алынған микронысандар Берги жүйесіне сай бактериологиялық және биохимиялық тестілеуден өткізілді және дайын штамдардың алдын-ала калий хроматы ($K_2Cr_2O_7$) ерітіндісі қосып дайындалған хром ионының әртүрлі- 500, 1000, 1500 және 2000 мл концентрациясына деген төзімділігі анықталды. Осы мақсатта арнайы 7г калий гидрокарбонаты, 2г калий дигидрофосфаты, 1 г аммоний сульфаты, 1 г глюкоза, 0,5 г натрий цитраты, 0,1 г магний фульфаты қосылған қоректік сорпа дайындалды және Эрленмейер құтысына аталған қоректік қоспадан 250 мл және жеке жоғарыда аталып өткен әрбір хром ионының концентрациясынан 100 мл енгізілді.

Асептикалық шарттарды ескере отырып, үш таңдалып алынған микронысан штамдары осы құтыларға 0,1 мл көлемде жеке енгізілді. Құтылар бөлме температурасында

инкубацияланды. 15 күннен кейін әр құтыдан сынамалар алынды және он минут ішінде 10000 айн/мин жылдамдықпен центрифугадан өткізілді. Жоғарыда көрсетілген хром концентрациялары үшін ААС көмегімен бөлініп алынған сұйықтықтарға стандартты әдістерді қолдану арқылы талдау жасалды. Хром концентрациясының пайыздық төмендеуі әр хром концентрациясы үшін бастапқы және қорытынды нәтижелерді ескеру негізінде есептелді. Жоғарыда сипатталған зерттеу жұмысының нәтижесі кестеде толықтай пайыздық көрсеткіштерімен бірге берілген [5].

Кесте 1. Микронысандардың ағынды су құрамын хром ионынан тазартуының салыстырмалы көрсеткіштері

Микронысан атауы	Ағынды судағы хром ионының бастапқы концентрациясы(мл)	Ағынды судағы хром ионының соңғы концентрациясы(мл)	Хром ионы концентрациясының төмендеу нәтижесі (%)
P. Aeruginosa	500	44.06	91.2
	1000	205.20	80.7
	1500	489.60	77.4
	2000	733.60	72.3
Pseudomonas fluorescens SC106	500	62.49	87.2
	1000	243.80	75.62
	1500	463.80	67.36
	2000	733.60	63.32
Pseudomonas fluorescens LB300	500	64.00	87.2
	1000	241.00	75.9
	1500	456.80	69.5
	2000	730.80	62.9

Кестеде көрініс тапқандай, *Pseudomonas* тобына жататаын микроорганизмдерді өзара салыстыра отырып, зерттеу жүргізу барысында *Pseudomonas fluorescens* арқылы ағынды су құрамын алты валентті хром ионынан тазартуда 80% хром ионы толыққанды қалпына келтіріліп, ағын су құрамының тазартылуы жүзеге асса, *Pseudomonas aeruginosa* штаммы арқылы бұл көрсеткіш 90%-ды құрайтындығы анықталды. Зерттеу барысында таңдалынып алынған үш микронысан штаммдары да хром ионы концентрациясын ағын су құрамынан 60% деңгейде төмендететіні анықталды.

Қорыта келе, зерттеу мақсатында алынған микронысандар: *Aeromonas dechromatica*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas fluorescens SC106*, *Pseudomonas fluorescens LB300* ағынды су құрамынан хром ионын бейтараптандыруға қабілетті, бірақ, салыстырмалы түрде *Aeromonas* тобына жататын микронысанға қарағанда *Pseudomonas* тобы өкілдерінің белсенділік деңгейі біршама жоғары деп бағалауға мүмкіндік берді.

Пайдаланылган әдебиеттер тізімі

1. Каратаев О.Р., Кудряцева Е.С., Мингазетдинов И.Х. Разработка технологии очистки сточных вод: статья // Вестник Казанского технологического университета - 2014. -С.52-55
2. Мамырбаев А.А. Токсикология хрома и его соединений, монография. Ақтөбе, 2012. -284 с.
3. Буракаева А.Д., Русанов А.М., Лантух В.П. Роль микроорганизмов в очистке сточных вод от тяжёлых металлов: Методическое пособие. Оренбург, 2015. -54 с.
4. Некрасов Б.А., Гвоздырева Г.И., Политова Р.А., Бураков М.М. Моделирование миграции шестивалентного хрома в четвертичном водоносном горизонте в долине р.Илек // Вода: экология и технология. Тезисы докладов Шестого Международного конгресса. Сибико Интернэшнл, 2006. -С.179-180
5. Congeevaram S., Dhanarani S., Park J., Dexilin M., Thamaraiselvi K. Biosorption of Chromium and Nickel by Heavy Metal Resistant Fungal and Bacterial Isolates. Journal of Hazardous Materials. 2007. P.146. –С. 270–277
6. Akinbowale O.L., Peng H., Grant P., Barton M.D. Short Communication: Antibiotic and Heavy Metal Resistance in Motile Aeromonads and Pseudomonads from Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Farms in Australia. International Journal of Antimicrobial Agents. 2007. P.30. –С.177–182