

**БУХОРО ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ PhD.03.30.12.2019.V.72.02
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДА БИР МАРТАЛИК
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

АЗИМОВ ШАВКАТ ШУХРАТОВИЧ

ОҚОВА СУВЛАРНИ БИОРЕМИДАЦИОН ЙЎЛ БИЛАН ТОЗАЛАШ

03.00.12-Биотехнология

**11.00.05 – Атроф-муҳитни муҳофаза қилиш ва табиий ресурслардан оқилона
фойдаланиш**

**БИОЛОГИЯ ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Биология фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по
биологическим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on biological
sciences**

Азимов Шавкат Шухратович

Оқова сувларни биоремедиацион йўл билан тозалаш 5

Азимов Шавкат Шухратович

Очистка сточных вод методом биоремедиации 21

Azimov Shavkat Shuxratovich

Wastewater treatment by bioremediation 37

Эълон қилинган илмий ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works... 41

**БУХОРО ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ PhD.03.30.12.2019.B.72.02
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДА БИР МАРТАЛИК
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

АЗИМОВ ШАВКАТ ШУХРАТОВИЧ

ОҚОВА СУВЛАРНИ БИОРЕМИДАЦИОН ЙЎЛ БИЛАН ТОЗАЛАШ

03.00.12-Биотехнология

**11.00.05 – Атроф-муҳитни муҳофаза қилиш ва табиий ресурслардан оқилона
фойдаланиш**

**БИОЛОГИЯ ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда, иқтисодиётнинг турли хил ишлаб чиқариш жабҳаларида ҳосил бўладиган зарарли кимёвий моддаларни ўзида сақловчи оқова сувларнинг жуда катта ҳажмда ҳосил бўлиши жиддий экологик муаммоларни келтириб чиқармоқда. Оқова сувларни биологик усулда тозалаш техноген экотизим барқарорлигини таъминлашда муҳим аҳамият касб этибши билан ажралиб туради. Жумладан, юксак сув ўтлари асосида зарарли кимёвий моддалар билан зарарланган оқова сувларни тозалаш экология ва атроф-муҳитни химоя қилиш нуқтаи назаридан ўта муҳим аҳамият касб этади. Ишлаб чиқариш жараёнида терини қайта ишлаш корхоналари, қоғоз ишлаб чиқариш фабрикалари, кўмир шахталари ва иссиқлик электростанцияларидан чиқадиган оқова сувлар Сг сақлаганлиги билан сув экотизимлари учун ўта хавфли ҳисобланади.

Жаҳонда, терини қайта ишлаш корхоналаридаги оқова сувлар таркибидаги кимёвий, зарарли моддаларнинг тўлиқ тозаланмаслиги оқибатида атроф муҳитга кескин экологик муаммолари бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада оқова сувлар таркибидаги хром токсик хусусиятни аниқлаш, енгил саноатда галваникада, терини қайта ишлашда, металлларни тайёрлаш ва силлиқлашда хром асосий воситалардан бири сифатида қўллаш, терини қайта ишлаш корхоналаридан чиқаётган ва физик-кимёвий усуллар билан тозаланаётган оқова сувларни биологик тозалаш усулини такомиллаштириш, терини қайта ишлаш корхоналарида катта миқдорда сульфитлар, аммоний азот ва оқсилли бирикмалар ҳосил бўлиши экотизимнинг кескин ўзгаришига олиб келаётганлигига алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда, айниқса, мустақилликка эришилганидан кейин экологик ҳолатни барқарорлаштириш, табиий ресурслардан ва мавжуд сув захираларидан оқилона фойдаланиш, сувни тежашнинг инновацион технологияларини амалиётга кенг жорий этиш орқали сув ресурсларини турли хилдаги ифлосланишлардан муҳофаза қилиш, инсонларнинг турли хил зарарли моддалар билан зарарланишининг олдини олиш бўйича муайян илмий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида¹ «...одамларнинг экологик хавфсиз муҳитда яшашини таъминлаш, маиший чиқиндиларни қайта ишлаш комплексларини қуриш ва модернизация қилиш, уларнинг моддий-техника базасини мустаҳкамлаш, аҳолини чиқиндини йўқ қилиш бўйича замонавий объектлар билан таъминлаш...» вазифалари белгилаб берилган. Ушбу вазифалардан келиб чиққан ҳолда, жумладан, республикамизда ишлаб чиқариш корхоналарида оқова сувларни тозалашда кенг қўлланиладиган физик-кимёвий усуллар билан биргаликда биологик усулларни ҳам уйғунлаштирилган ҳолда қўллаш муҳим илмий-амалий аҳамият касб этади.

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасининг янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги Фармони.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7-февралдаги ПФ-4947-сон «2017-2021 йилларда Ўзбекистонни ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги, 2019 йил 30 октябрдаги ПФ-5863-сон «2030 йилгача бўлган даврда Ўзбекистон Республикасининг Атроф-муҳитни муҳофаза қилиш концепциясини тасдиқлаш тўғрисида»ги фармонлари, 2018 йил 25 октябрдаги ПҚ-3983-сон «Ўзбекистон Республикаси кимё саноатини жадал ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2019 йил 16-сентябрдаги ПҚ-4453-сон «Енгил саноатни янада ривожлантириш ва тайёр маҳсулотлар ишлаб чиқаришни рағбатлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ва 2019 йил 3 апрелдаги ПҚ-4265-сон «Кимё саноатини янада ислоҳ қилиш ва инвестицион жозибадорлигини ошириш» тўғрисидаги қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни бажаришга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг IV «Атроф муҳитни муҳофаза қилиш ва табиий ресурслардан оқилона фойдаланиш» устувор йўналишига мувофиқ ҳолда бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Ишлаб чиқариш корхоналари техник оқова сувлари таркибини юксак сув ўтлари асосида тозалаш биотехнологияларини ишлаб чиқиш бўйича илмий тадқиқотларга О.Б.Сопрунова (2005), О.Ф.Филенко, О.И.Шадрина (2004), Й.В.Гошу (2007), А.Е.Заикин (2007), А.Р.Гальперина (2012), М.Л.Русских (2012), Л.В.Коробка (2000), Bennicelli et al. (2004), Upadhyay et al. (2007), Rai (2008), Mashkani and Ghazvini (2009) ларнинг ишлари бағишланган.

Ўзбекистон олимлари А.М.Музаффаров (1980), Т.Т.Таубаев (1980), М.Абдиев (1975), Дж.К.Қутлиев (2008), Р.Ш.Шаёқубов (2005), С.Б.Бўриев (1995), Х.Бердиқулов (1998), С.Хўжжиев (2005), Д.А.Мирзаева (2021) ларнинг тадқиқот ишлари билан юксак сув ўтлари асосида оқова сувлар таркибини турли хил тузлар, пестицидлар, оғир металллар ва радиацион металллардан тозалаш бўйича илмий изланишлар олиб борилган ва улар соҳа ривожланиши учун салмоқли ҳисса қўшганлар. Аммо, тери ишлаб чиқариш корхоналаридан чиқаётган юқори даражада хром (Cr) сақловчи техник оқова сувларни юксак сув ўтлари асосида биологик усулда тозалаш бўйича тадқиқот ишлари олиб борилмаган. Шу боисдан, терини қайта ишлаш корхоналаридан чиқаётган ва физик-кимёвий усуллар билан тозаланаётган оқова сувларни биологик тозалаш усули билан уйғунлаштириш муҳим илмий, амалий ва экологик аҳамият касб этади.

Диссертация тадқиқотининг бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университети ва Тошкент кимё-технология институтининг ҳамкорликдаги «Оқова сувларни биологик

усулда тозалашнинг илмий асослари» мавзусидаги илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади терини қайта ишлаш корхоналаридан чиқаётган техник оқова сувлар таркибидаги хром (Cr) миқдорини биоремедиация усулида тозалаш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

юксак сув ўтларининг хромли оқова сувларни тозалашдаги имкониятларини баҳолаш;

хром (Cr) нинг юқори даражасига бардошли бўлган *Azolla caroliniana* культурасини олиш;

азолланинг хромга мослашган культуралари асосида юқори хром сақловчи оқова сувларни тозалаш жараёнларини таҳлил қилиш;

азолланинг қуруқ массасида хромнинг сорбцияланиш жараёнларини таҳлил қилиш;

хромли оқова сувларни биоремедиация усулида тозалашнинг намунавий технологиясини ишлаб чиқиш ва амалиётга татбиқ этиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида юксак сувўтлари (*A.caroliniana*, *L. minor*, *P.stratiotes*, *E.crassipes*), терини қайта ишлаш корхоналарининг хром (Cr) сақлаган оқова сувлари ва оқова сувларни тозалашнинг намунавий технологияси олинган.

Тадқиқотнинг предметини юксак сув ўтлари экологияси, макрофитларнинг ўсиб ривожланиш биологияси, оқова сувларнинг физик-кимёвий таркиби, макрофитларнинг биомасса ҳосил қилиш индекси, макрофитларнинг кимёвий таркиби, макрофитларнинг оқова сувларда ривожланишининг экологик-биологик тавсифи ташкил этган.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишида физик-кимёвий, биотехнологик, алгологик, Доспехов, А.Стеве ва Cohen Daviel, Блумберг, Scoups, Pearson ва экологик токсикологик таҳлил усуллари қўлланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

хромли (Cr⁶⁺) оқова сувда *A.caroliniana*, *L.minor*, *P.stratiotes*, *E. crassipes*) ўсиб ривожланиши ва яшовчанлик кўрсаткичлари илмий асосланган;

терини қайта ишлаш корхоналаридан чиқадиган оқова сувларнинг дастлабки ва физик-кимёвий ишлов берилгандан кейинги кимёвий таркиби аниқланган;

хромнинг юқори даражасига (артизан суви ва корхонанинг ишлаб чиқаришдан чиққан қолдиқ суви асосида хромнинг 30% гача миқдорига чидамли бўлган *A.caroliniana* нинг мослашган культураси олинган ва унинг яшовчанлик кўрсаткичлари: ((мг/л) 0,5→0,87%, 1,0→0,68%, 1,5→0,59%, 2,0→0,50%, 2,5→0,46%, 3,0→0,39%) аниқланган;

илк бор *Azolla caroliniana* нинг турли хил концентрацияли хром сақлаган оқова сувлар таркибидан хромни (4,87 мг/л хромни 2,34 мг/л гача) камайтириши ва қуруқ массасига нисбатан ўртача 0,56-1,09 мг/г миқдорда хромни сорбциялаши қобилияти исботланган;

азолланинг ривожланиши давомида натрийни ўстиришнинг 7-кунда 27,92 мг/г, 10-кунда 36,72 мг/г, хлорни ўстиришнинг 7-кунда 1,67 мг/г, 10-кунда 47,69 мг/г миқдорида тўплаши аниқланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

хромли оқова сувларни биоремедиация усулида тозалашнинг намунавий технологияси ишлаб чиқилган;

хромли оқова сувларни биоремедиация жараёнида хром билан бир қаторда натрий ва хлорид тузларининг миқдорини камайтириш имкониятлари аниқланган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Ишда классик ва замонавий усулларнинг қўлланилганлиги ҳамда илмий ёндашувлар, таҳлиллар асосида олинган натижаларни назарий маълумотларга мос келиши, уларнинг етакчи илмий нашрларда чоп этилганлиги, илмий ҳамжамият томонидан давлат фундаментал лойиҳаларини бажариш давомида тан олинганлиги, популяцион маълумотларни замонавий дастурлар (Biostat 2007) асосида статистик таҳлил қилинганлиги, амалий натижаларни ваколатли давлат ва халқаро ташкилотлар томонидан тасдиқланганлиги ҳамда амалиётга жорий этилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти юксак сувўтилари хромга толерантлиги бўйича танлаш асосида олинган фундаментал билимларга асосланиб, сунъий шароитда турли хил концентрацияларда хром билан зарарлантирилган артизан суви ва корхонанинг ишлаб чиқаришдан чиққан қолдиқ суви асосида хромнинг 30% гача миқдорига чидамли бўлган *A.caroliniana* нинг мослашган култураси олинганлиги, хромли (30%) оқова сувга мослашган *A.caroliniana* нинг 5 кунлик културасининг фотосинтез жараёни 50-80% гача тикланишга эришилганлиги, азоллани етиштириш давомида (7-кун) дастлабки экув материалининг (600 кг ҳўл биомасса) нисбатан 3 баробарга оширилганлиги (1800 кг) ва културанинг муртакланиш кўрсаткичи 78,4-82,6% га етишига эришилганлиги ҳамда хром, натрий ва хлорни биосорбциялаш кўрсаткичлари ўрнатилганли, терини қайта ишлаш корхонаси оқова сувларини тозалашнинг экологик ва биологик самарадорлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти биоремедиация тозалаш технологияси асосида оқова сув таркибидаги хром (Cr) миқдори, шунингдек, натрий ва хлорнинг РЭМ (рухсат этидган миқдори) даражасигача камайтирилганлиги асосида корхонадан чиқадиган ва “Шўрўзьяк” зовурига ташланадиган оқова сувнинг кимёвий таркибини мўътадиллаштирилганлиги, оқова сувларнинг кимёвий ва биокимёвий тозалаш жараёнларидан кейин махсус тиндиргич-сув ҳавзаларида биоремедиация усулида экологик мувозонат бузилишининг олдини олишга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Юксак сувўтлари асосида терини қайта ишлаш корхоналари оқова суви таркибидаги хром

миқдорини камайтириш технологиясини ишлаб чиқиш ва уни амалиётга татбиқ этиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

оқова сувлар таркибидаги хром қолдиқ миқдорини *A.caroliniana* макрофити асосида биоремедиацион йўл билан тозалаш “PENG-SHENG CHARM” МЧЖ қўшма корхонасида амалиётга жорий этилган («O'zcharmsanoat» уюшмасининг 2021 йил 9 июндаги АС-9/1621-сон маълумотномаси). Натижада, Сирдарё вилоятидаги «Шўрўзьяк» зовурига ташланадиган оқова сувнинг кимёвий таркиби зарарсизлантирилган, бу эса экологик вазиятни барқорорлаштириш имконини берган;

сунъий шароитда турли хил концентрацияларда хром (6⁺) билан зарарлантирилган артизан суви ва корхона қолдиқ суви асосида хромнинг 30% гача миқдорига чидамли бўлган *A.caroliniana*нинг хромга мослашган культураси «PENG-SHENG CHARM» МЧЖ қўшма корхонасида амалиётга қўлланилган («O'zcharmsanoat» уюшмасининг 2021 йил 9 июндаги АС-9/1621-сон маълумотномаси). Натижада, хромга мослашган *A.caroliniana* культураси оқова сув таркибидаги хром (6⁺) миқдорини 54000 дан 2200 мг/л гача, татқиқотнинг 14-кунига келиб 54000 дан 20 мг/л миқдоригача камайтириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробациялари. Тадқиқот натижалари 3 та халқаро ва 3 та республика илмий-амалий анжуманларда тақдим этилган ва муҳокама қилинган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича 5 та илмий иш, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 5 та илмий мақола, жумладан, 3 таси хорижий ва 2 таси республика журналларида нашр этилган.

Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши. Диссертация таркиби кириш, 3 та боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 118 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

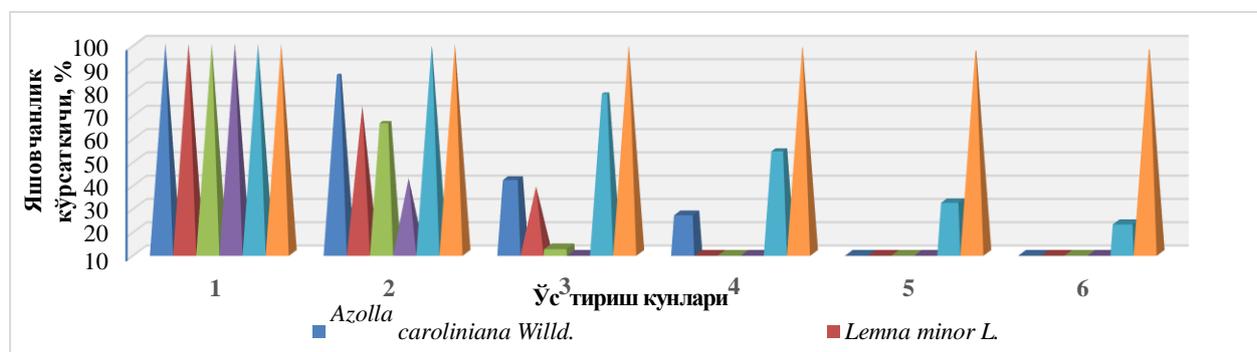
Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотнинг долзарблиги ва зарурати, унинг мақсад ва вазифалари асослаб берилган, тадқиқот объекти таърифланган, тадқиқот Республика фани ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мувофиқлиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти ёритиб берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий қилинганлиги, босиб чиқарилган ишлар ва диссертация таркиби тўғрисида маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Ишлаб чиқариш корхоналари оқова сувларини биологик тозалашда макрофитларнинг аҳамияти**» деб номланган биринчи бобида юксак сувўтларидан фойдаланган ҳолда турли хил кимёвий зарарли

моддалардан терини қайта ишлаш корхоналари оқова сувларини тозалашда фойдаланишнинг устувор муаммоларининг ҳозирги ҳолати, уларни ишлаб чиқариш шароитида қўллашнинг зарурлигини белгиловчи асосий омиллар ҳақида умумий маълумотлар берилган. Адабиётлар шарҳи асосида маълумотларни таҳлил қилиш тадқиқотнинг мақсади ва вазифаларини шакллантиришга имкон берди.

Диссертациянинг «**Юксак сув ўтлари асосида оқова сувларни тозалаш жараёнларини тадқиқи этиш усуллари**» деб номланган иккинчи бобида, юксак сув ўтларининг классификацияси, уларни ўстиришнинг анъанавий усуллари, озуқа муҳитлари, оқова сув таркибидаги кимёвий моддаларни аниқлаш, массспектрометрик усуллар ёрдамида оқова сувлар ва юксак сувўтлари биомассасини таҳлил қилиш, макрофит таркибига хромнинг адсорбцияланиши, тадқиқот усуллари ва тажрибаларни шакллантириш схемалари акс эттирилган.

Диссертациянинг «**Оқова сувларни биоремедиацион йўл билан тозалаш жараёнлари**» деб номланган учинчи бобида замонавий илмий техник билимларга асосланган ҳолда юксак сувўтлари ёрдамида терини қайта ишлаш корхоналари оқова сувларини хром ва бошқа хил кимёвий моддалардан тозалаш жараёнларини ўрганишга бағишланган. Жумладан, юксак сув ўтларининг тадқиқотнинг асосий объекти ҳисобланган хромга бўлган сезгирлиги тадқиқ этилган (1-расм).

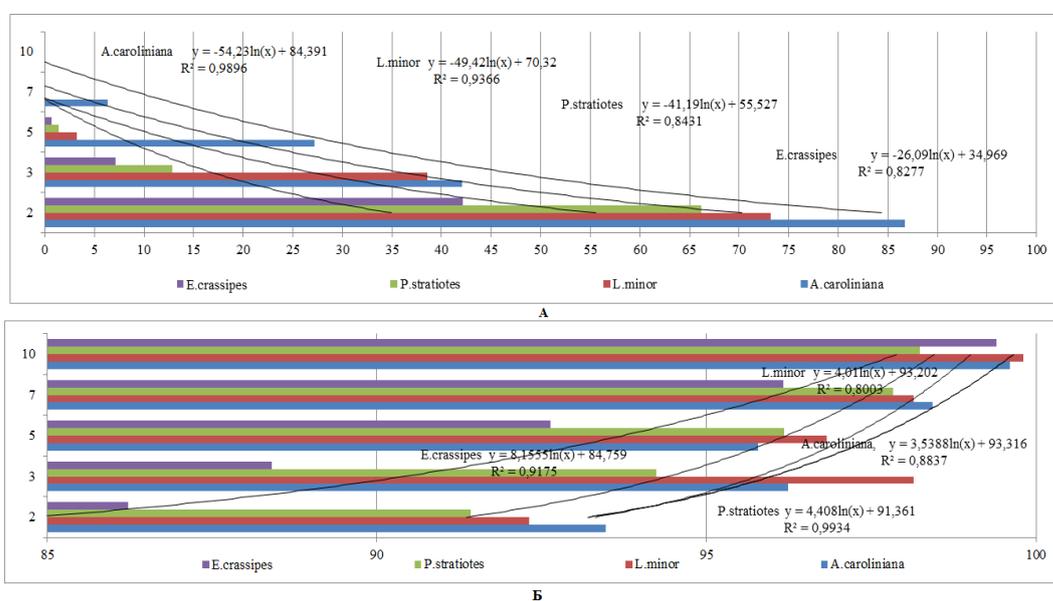


1-расм. Макрофитларнинг хромга (6⁺) чидамлилиги таҳлили (1,0 мг/л)

Олинган натижаларга кўра юксак сувўтларининг хромга бўлган толерантлигининг турлича эканлиги қайд этилди. Тадқиқот ишида турли хил турга мансуб юксак сувўтларининг хромга бўлган толерантлиги ўрганилганда, азолланинг тажрибадаги бошқа юксак сувўтларига нисбатан бир қадар чидамли эканлиги кузатилди. Жумладан, кунлар давомида *Lemna minor L.* ни 3,0 мг/л миқдорида хром сақлаган озуқа муҳитида ўстирилганда яшовчанлик кўрсаткичлари биринчи кунга нисбатан иккинчи кунда 26,79% га камайган бўлса, иккинчи кунга нисбатан учинчи кунда 52,6% камайганлиги, кузатишнинг бешинчи кунида эса дастлабки ҳолатга нисбатан некрозга учраши ёки буткул яшовчанликни йўқотиш ҳолати 96,79% ни ташкил этганлиги қайд этилди. Кузатишнинг бешинчи кунида умумий

яшовчанлик 3,21% ни сақлаб қолганлиги ёки кузатишнинг еттинчи кунда тўлиқ яшовчанлик йўқотилганлиги аниқланди.

Шунингдек, юксак сувўтларининг хромга нисбатан толерантлигининг регрессив хусусиятлари, жумладан, статистик натижалар асосида лагорифмик кўрсаткичларда таҳлил қилинди (2-расм). Олинган натижаларга кўра, қонуниятларда қайд этилгани каби хром сақлаган сувга нисбатан артизан сувида юксак сувўтларининг яшовчанлик кўрсаткичлари бир бирига тескари регрессияда шаклланганлиги қайд этилди. Кузатишнинг 3-кунда тескари регрессияда яшовчанлик 57,89% га камайганлиги, тўғри регрессияда эса худди шу кун яшовчанлик кўрсаткичи 3,76% га камайганлиги қайд этилди. Демак, тўғри регрессия асосида ўстиришнинг учинчи кунга бориб, йўқотилган 6,53% яшовчанлик кўрсаткичининг 2,77% га қайта тикланганлиги, мазкур юксак сув ўтининг стресс шароитга бир қадар мослашишга эришганлигини кўрсатади.



2- расм. Макрофитларнинг хромга нисбатан толерантлигининг лагорифмик кўрсаткичлари (А- хром сақлаган сувдаги тескари регрессия, Б- Назорат (корхона артизан суви)даги тўғри регрессияси)

Бунинг исботи сифатида кузатишнинг еттинчи кунини қайд этиш мумкин. Жумладан, тескари регрессия ҳолатида кузатишнинг еттинчи кунда яшовчанликнинг йўқотилиши, яъни кучли, қайта тикланмайдиган некроз ҳолати ёки юксак ўсимлик ҳужайраларининг тўлиқ нобул бўлиш ҳолати, дастлабки культуранинг яшовчанлигига нисбатан 93,68% ни ташкил этган бўлса, тўғри регрессия ҳолатида йўқотилган яшовчанлик кўрсаткичи (6,53%) 4,96% га тикланиб, яшовчанлик кўрсаткичи 98,43% ни ташкил этганлиги қайд этилди. Юксак сувўтларининг регрессив ривожланишидаги мазкур ҳолатлар стресс омилларга мослашувчанлик сифатида қараш имконини беради. Жумладан, терини ошлаш ва қайта ишлаш корхонаси кундалик эҳтиёжлари учун фойдаланиб келинаётган артизан сувлари таркиби, янги

экилган юксак сувўтлари намуналари учун қисқа муддатли стресс ҳолатни вужудга келтириб, уларнинг мазкур муҳитга мослашишларини вужудга келтиради. Шу боисдан, кейинги тадқиқотлар учун хромнинг 3мг/л миқдоридаги стресс шароитга толерантлик намоён қилган *Azolla caroliniana* нинг мослашган тури танлаб олинди. Тадқиқотлар давомида *Azolla caroliniana* нинг 3мг/л хром (+⁶) сақлаган сувда етти кун давомида ўстирилганда 6,32% яшовчанлик намоён қилган, вегетатив танасининг қисман, тахминан 52,8% қисми некрозлашган 1100 г биомассасидан фойдаланилди. Мазкур биомасса, органик маҳсулотлар, минерал тузлар ва артизан суви аралашмасидаги сунъий озуқа муҳитида қайта ривожлантирилиб, умумий яшовчанлик ҳолати 100% даражага келгунга қадар қайта ривожлантирилиб, хромга мослашган культура олинди. Тадқиқотларда азолла културасининг хромга бўлган толерантлигини ошириш маҳсулдорлиги сифатида биомасса ҳосил қилиш маҳсулдорлиги асос қилиб олинди. Олинган натижаларни қайта тасдиқлаш мақсадида 3,0 мг/л миқдоридаги таъсири остида олинган ва қайта жонлантирилган *A. caroliniana* култураси сувли озуқа муҳитида (Тамия), айнан хромнинг (+⁶) олти валентли эритмасига толерантлиги асосида қайта тажрибалар ўтказилди (3.2.1-жадвал).

Олинган натижаларга кўра, азоллани хром (+⁶) таъсирида етиштириш давомида мазкур культураларнинг бир қадар мослашган вариантларини олишга эришилди. Азолланинг 0,5 мг/л миқдоридаги таъсирига бир қадар чидамли бўлиб, ўстиришнинг учинчи кунда ўртача ривожланиш кўрсаткичи 1:0,69 нисбатни ташкил этган бўлса, ўстиришнинг 10-кунга бориб, ривожланиш кўрсаткичи 1:0,98 нисбатгача етганлиги қайд этилди. Шунингдек, тажриба вариантлари кесимида олинган ўртача биомасса қиймати 1150,92 г/м² ни ташкил этганлиги қайд этилди. Вариантлар кесимида ўртача 10 кунлик ривожланиш кўрсаткичи 0,87 коэффциентини ташкил этиши аниқланди. Шунингдек, хромнинг 3,0 мг/л миқдоридаги таъсири остида етиштирилган азолла културасининг ривожланиш коэффциенти ўртача 1:0,39 нисбатни ташкил этиб, умумий биомасса ҳосил қилиш кўрсаткичи 1,79 г/м² ни ташкил этганлиги қайд этилди (3-расм).



А



Б

3-расм.
Azolla caroliniana нинг 3,0 мг/л хром (+⁶) сақлаган сувда (А) ривожланиш коэффциенти ва биомасса ҳосил қилишининг умумий кўриниши (назорат Б)

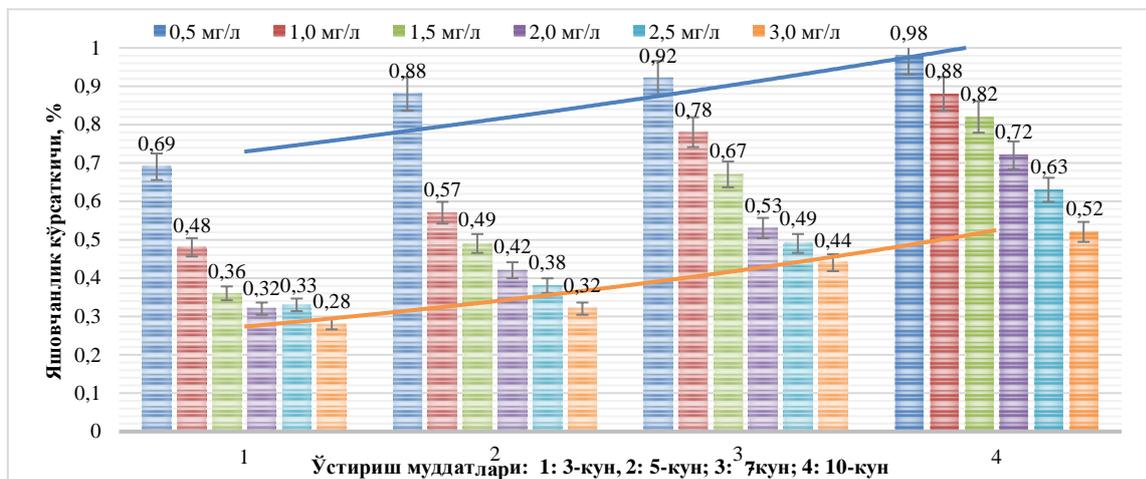
Шунингдек, хромли сувнинг дастлабки ҳолатига нисбатан тажриба сўнгидаги ҳолати 5 балли тизимда ҳисоблаганда ўртача 4,8 баллга тенг

рангсизлантирганлиги ҳамда кузатишнинг учинчи кунидан бошлаб типик ҳиднинг тўлиқ йўқолиши қайд этилди. Азолла ҳужайраларининг хром таъсирида некрозга учраши ва некроздан чиқиш ҳолати жуда кам яъни 5-8% атрофида бўлиши кузатилди (4-расм).



4-расм. Азолла ҳужайраларининг хром таъсирида некрозга учраши
(А: 1,0 мг/л; Б: 2,0 мг/л; С: 3,0 мг/л)

Терини ошлаш ва қайта ишлаш корхонасидан чиқадиган асосий хом ашё Кейинги тадқиқотларда олти валентли хромли сувда азолланинг яшовчанлик кўрсаткичлари тадқиқ этилди (5-расм). Олинган натижаларга кўра, *A.caroliniana* нинг хром концентрацияси ошиб борган сари ривожланиш коэффиценти камайиб бориши ((мг/л): 0,5→0,87%, 1,0→0,68%, 1,5→0,59%, 2,0→0,50%, 2,5→0,46%, 3,0→0,39%) ва шунга корреляцион ҳолда яшовчанлик кўрсаткичи мос равишда камайиб бориши қайд этилди.



5-расм. Азолланинг турли хил концентрацияли хромда яшовчанлиги, %

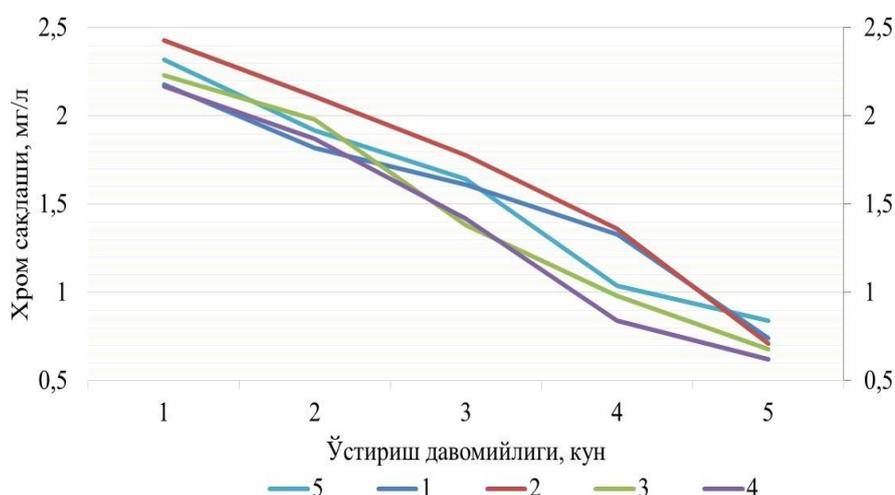
Тадқиқотнинг қизиқарли томони, яшовчанлик кўрсаткичи 0,52% ни ташкил этган ҳолда биомассанинг жуда кам бўлиши қайд этилди. Бунга сабаб ўстирилган озука муҳитида водопровод сувидан фойдаланилиб, унга аниқ миқдордаги хром қўшилганлигидадир. Хромнинг юқори концентрациясига азолланинг бардошлилиги ва унинг хромни сорбциялаш хусусиятига озука муҳитидаги макро-, микроэлементлар ва минерал тузларнинг йўқлиги билан изоҳлаш мумкин. Демак, азолланинг стресс шароитли муҳитларга мослашиши ва биоаккумуляцион хусусиятини тўлақонли намоён этиши учун

бир қанча факторлар таъсир кўрсатади. Жумладан, макроэлементлар (фосфор, азот, калий, калция, магний) ҳамда микроэлементлар (молибден, кобальт, марганец ва бошқалар) муҳим аҳамият касб этади.

Шу боисдан кейинги тадқиқотларда хромнинг 3 мг/л миқдорига чидамлилиқ намоён қилган, нисбатан мослашган азолла культурасининг яшовчанлиқ кўрсаткичини ошириш ҳамда максимал биомасса ҳосил қилиш жараёнини таъминлаш мақсадида зарарлантирилган озуқа муҳити таркиби ишлаб чиқилди. Тадқиқот натижаларига кўра, Dwi P.Widiastuti (D) бўйича тайёрланган озуқа муҳитида азолланинг ўсиб, ривожланиши талаб даражасида эканлиги қайд этилди. Жумладан, ўстиришнинг ўнинчи кунда вариантлар кесимида олинган маълумотлар асосида биомасса ҳосил қилиш кўрсаткичи ўртача 1592,76 г/м² ни ташкил этганлиги аниқланди. Назорат озуқа муҳитига нисбатан қиёсланганда 626,25 г/м² миқдорида кам биомасса ҳосил қилиши қайд этилди. Бунда, хромли озуқа муҳитида ҳужайраларнинг ривожланиш кўрсаткичлари камроқ бўлиши қайд этилиб, азолланинг тана қисми назоратдагига нисбатан қисқа, илдиз узунлиги ва тармоқланиши камлиги, барг юзаларининг нисбатан кичиклиги билан ажралиб туриши аниқланди. Демак, биомассани хромли озуқада кам ҳосил қилишига мазкур кўрсаткичлар ҳам сабаб бўлган деган хулосага келинди.

Шунингдек, Watanabe ва унинг ҳамкасблари бўйича тайёрланган озуқа муҳитида азолланинг вариантлар кесимида ўртача биомасса ҳосил қилиши 1845,91 г/м² ни ташкил этганлигини кўриш мумкин. Аммо, назорат озуқа муҳитига таққосланганда, назоратдагига нисбатан 395,45 г/м² биомасса кам ҳосил қилиши аниқланди. Шунга қарамасдан D озуқа муҳитига нисбатан W озуқа муҳитида азолланинг биомасса ҳосил қилиши хромли шароитда 102,62 г/м², хромсиз назорат вариантлари ўзаро қиёсланганда 77,66 г/м² миқдорида кўпроқ биомасса ҳосил қилиши қайд этилди. Ҳар иккала озуқа муҳити таркибий жиҳатдан бир хилдаги макро ва микроэлементларни сақлашига қарамасдан, бир биридан кескин фарқ қиладиган биомасса олинганлигини мазкур макро ва микроэлементларнинг миқдорий жиҳатидан фарқланиши билан тушунтириш мумкин. Жумладан, D озуқа муҳитига нисбатан, W озуқа муҳитида биомасса ҳосил бўлиши 253,15 г/м² кўп эканлиги қайд этилди. Мазкур ҳолатни озуқа муҳитлари таркибидаги P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Mo, B, Cu Zn каби азолланинг ўсиб ривожланишида муҳим роль ўйнайдиган макро ва микроэлементлар мавжудлиги билан изоҳлаш мумкин. Тадқиқотларда, “PENG-SHENG CHARM” МЧЖ ҚҚ дан Шўрўзак зовурига чиқадиган оқова сув таркиби таҳлил қилинганда, намуналардаги ўртача рН кўрсаткичи 6,0 дан 7,2 гача эканлиги қайд этилди. Аммо, корхонанинг 1-қувури оқова сувининг рН кўрсаткичи рН 6,5- 8,5 эканлиги қайд этилди. Бу эса азолла культурасининг тўлиғича ўзининг физиологик ва биокимёвий жараёнларини амалга оширишига мос келадиган рН муҳити ҳисобланади. Тадқиқотларда 3 мг/л миқдоридаги хром таъсирида биомасса миқдори ва азотфиксация фаоллиги кескин камайган, аммо яшовчанлигини сақлаб қолган азолла культурасидан объект сифатида фойдаланилди. Тадқиқотларни услубий жиҳатдан тўғри ташкил этиш мақсадида барча тажриба вариантлари сунъий

равишда хром билан зарарлантирилиб, мазкур хромнинг тадқиқот объектида адсорбцияланиш даражаси тадқиқ этилди (6-расмда ва 1-жадвал). Олинган натижаларга кўра, тажриба вариантлари кесимида дастлабки ҳолати ўртача 4,87 мг/л хром сақлаган оқова сув таркибини ўстиришнинг 3-кунида 4,34 мг/л, 7-кунида ўртача 3,81 мг/л, 10-кунида 3,34 мг/л, 14-кунида эса 2,34 мг/л гача камайтириши аниқланди.



6-расм. Азолланинг оқова сув таркибидаги хромни ўзлаштириши

Ўстиришнинг 7-кунида озуқа муҳитида ўртача хром сақлаши 1,57 мг/л бўлганда 1-5 вариантларда азолланинг ўртача хром ўзлаштириш кўрсаткичи мос равишда 0,56 мг/г; 0,45 мг/г; 0,85 мг/г; 0,75 мг/г ни ташкил этиб вариантлар кесимида ўртача 0,7 мг/г бўлганлиги қайд этилди.

1-жадвал

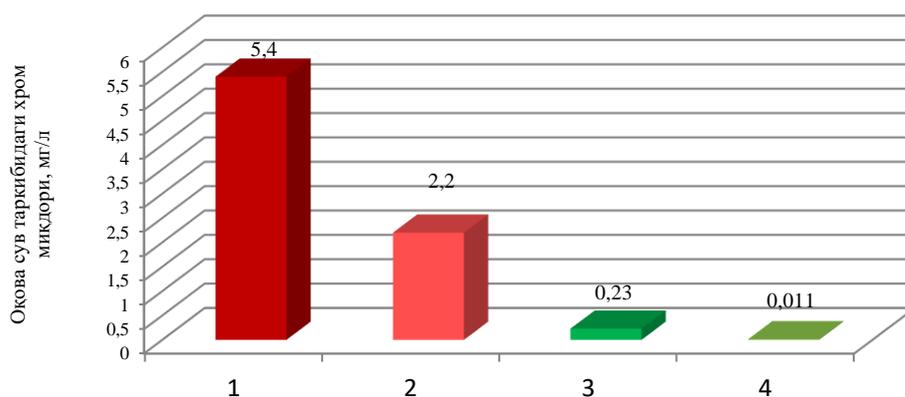
Azolla caroliniana культурасининг озуқа муҳити (W) таркибидаги хромни ўзлаштириш кўрсаткичи

Тажриба вариантлари	Хром, мг/л	Хромнинг кунлар кесимида ўзлаштирилиши, мг/л				
		3	7	10	14	21
1	2,18±0,12	1,82±0,14	1,61±0,22	1,33±0,17	0,74±0,22	0,73±0,27
2	2,43±0,23	2,11±0,32	1,78±0,33	1,36±0,27	0,71±0,19	0,84±0,32
3	2,23±0,31	1,98±0,17	1,38±0,18	0,98±0,09	0,68±0,42	0,70±0,12
4	2,17±0,11	1,87±0,43	1,42±0,11	0,84±0,19	0,62±0,27	0,62±0,33
5	2,32±0,19	1,92±0,21	1,64±0,44	1,04±0,38	0,84±0,22	0,84±0,29
Ўртача	2,27±0,27	1,94±0,11	1,57±0,09	1,11±0,32	0,72±0,17	0,75±0,44

Тадқиқотлар давомида ўстиришнинг 10-кунида озуқа муҳитида хром сақлаши 1,11 мг/л бўлганда азолланинг 1-5-вариантларида мос равишда хром ўзлаштириши 0,85 мг/г; 1,07 мг/г; 1,25 мг/г; 1,33 мг/г; 1,28 мг кўрсаткичига ошганлиги қайд этилди. Мазкур олинган натижаларни ўстиришнинг учинчи кунига нисбатан қиёсланганда, 0,33 мг/г дан 1,15 мг/г гача ошганлигини, ўстиришнинг еттинчи кунига нисбатан эса 0,45 мг/г кўпроқ хром ўзлаштирганлиги аниқланди. Ўстиришнинг 21-кунида озуқа муҳитида хром сақлаши 0,71 мг/л бўлганда азолланинг 1-5-вариантларида мос равишда хром ўзлаштириши 1,45 мг/г; 1,59 мг/г; 1,19 мг/г; 1,53 мг/г; 1,55 мг/г хромни

Ўзлаштириши қайд этилиб, ўртача хром ўзлаштириш кўрсаткичи 1,52 мг/г ни ташкил этганлиги аниқланди. Тадқиқотлар давомида ишлаб чиқариш шароитида терини қайта ишлаш корхонаси оқова сувининг кимёвий ишлов берилгандан кейинги кимёвий таркиби кузатилганда оқова сув таркибида юқори миқдорда Са, Mg, К қайд этилиб, шунингдек, Mn, Fe нисбатан кам эканлиги кузатилди (2-жадвал). Мазкур кимёвий моддалар азолла культурасини ўстиришда энг муҳим аҳамият касб этадиган, культуранинг ноқулай шароитига мослашувчанлигини таъминлаб берадиган элементлар ҳисобланади.

Корхонадан кимёвий ва биологик ишлов берилгандан кейинги чиқаётган оқова сувнинг кимёвий таркиби ўрганилганда (3-жадвал), магний 35% га, калий 5% га, калций 7,2% га камайганлиги кузатилган бўлса, мақсаддаги хром миқдори 5,4 мг/л миқдоридан 2,2 мг/л миқдоригача камайганлиги қайд этилди. Азолла ёрдамида 7 кун давомида биологик қайта ишланган оқова сув таркибида кальций 22,4% га, фосфор 23,7% га, магний 20% га, натрий 98,64% га камайганлиги қайд этилди. Шунингдек, хром миқдори 2,2 мг/л миқдоридан 0,23 мг/л миқдоригача ўзлаштирилганлиги аниқланди (4-жадвал). Корхонадан чиқаётган кимёвий-биологик тозалашдан кейинги оқова сувда кузатишнинг 10-кунда хром миқдори 0,011 мг/л ни ташкил этганлиги қайд этилди (7-расм).

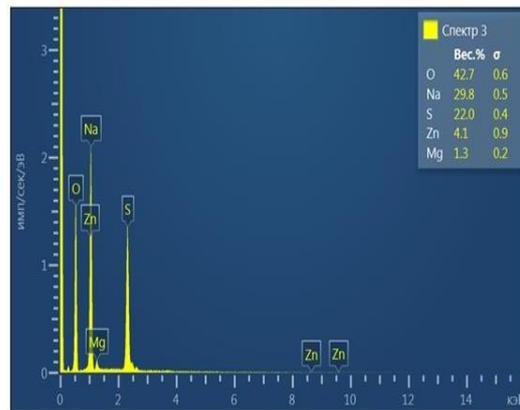
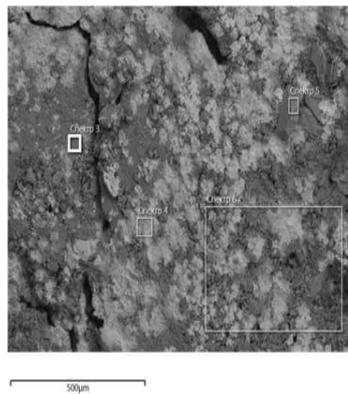


1-Дастлабки оқова сув; 2- Кимёвий ва биологик ишлов берилгандан кейинги оқова сув; 3- Азолла билан 7 кун ишлов берилгандан кейинги оқова сув; 4- Азолла билан 10 кун ишлов берилгандан кейинги оқова сув.

7-расм. Хромли оқова сувни биологик тозалаш кўрсаткичлари

Тадқиқотлар давомида хром сақлаган оқова сувда 7 ва 10 кун давомида ўстирилган азолла культурасининг биомассасида хромнинг ва минерал тузларнинг тўпланиши ва биомассада бир хилда тарқалиши тадқиқ этилди. Биомасса спектрларини таҳлил қилинганда натрийнинг сигма оғирлиги 0,28% дан 0,70% гача ўзгарувчан хусусиятга эга бўлиб, спектрлараро катта миқдордаги фарқлар кузатилган бўлса, спектрлардаги оғирлиги эса 23,2% дан бошлаб 36,72% гача ўзгарувчан тўпланиш динамикасини намоён этди (8-расм).

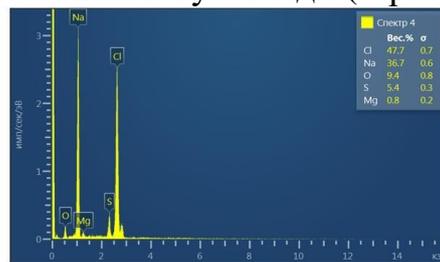
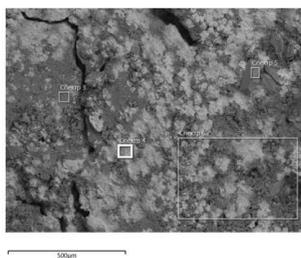
Элемент	Оғирлик, %	Сигма оғирлик, %
O	42.73	0.65
Na	29.83	0.54
Mg	1.31	0.15
S	22.01	0.40
Zn	4.12	0.93
Сумма:	100.00	



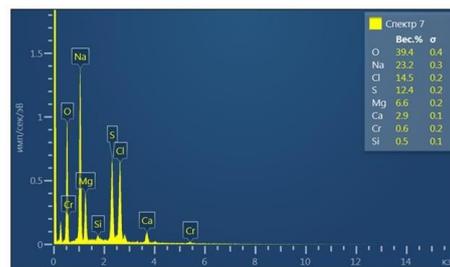
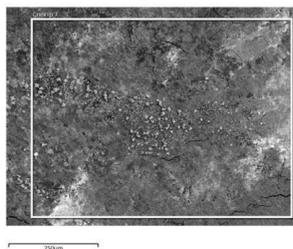
8- расм. Азолла биомассасидаги элементлар миқдори ва жойлашуви

Шунингдек, магний миқдори спектрлараро жойлашувига кўра сигма оғирлиги 0,17% дан 0,33% гача бўлган ораликда жойлашиб, оғирлиги 1,36% дан 6,55% гача бўлиши қайд этилди. Хлорли бирикмалар терини ошлаш жараёнида жуда кўп миқдорда қўлланилади. Тадқиқотларда ҳам айнан хлор миқдори азолла культураси биомассасининг турли спектрларида юқори даражада бўлиши кузатилди. Жумладан, хлорнинг сигма оғирлиги 0,28% дан 0,72% гача оралиғида бўлган бўлса, оғирлиги 1,67% дан 47,69% гача ўзгарувчан жойлашув динамикасини намоён этганлиги кузатилди (9-расм).

Элемент	Оғирлик, %	Сигма оғирлик, %
O	9.36	0.83
Na	36.72	0.64
Mg	0.85	0.23
S	5.38	0.30
Cl	47.69	0.72
Сумма:	100.00	



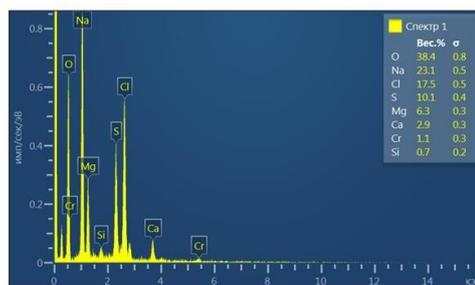
Элемент	Вес.%	Сигма оғирлик, %
O	39.41	0.43
Na	23.20	0.28
Mg	6.55	0.17
Si	0.50	0.08
S	12.41	0.21
Cl	14.53	0.23
Ca	2.85	0.14
Cr	0.56	0.16
Сумма:	100.00	



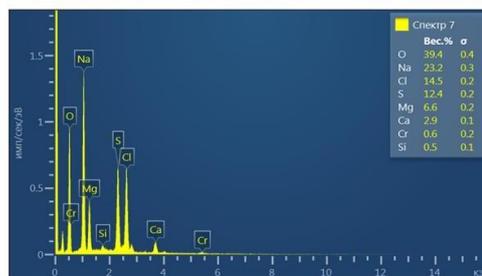
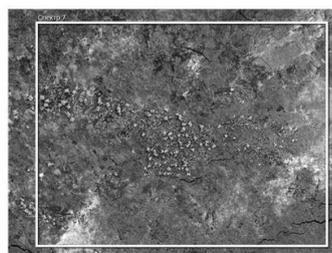
9-расм. Азолла биомассасида минерал тузлар адсорбцияси

Мазкур спектрда натрий миқдори спектрлараро жойлашувига кўра сигма оғирлиги 0,28% дан 0,64% гача бўлган ораликда жойлашиб, оғирлиги 23,2% дан 36,7% гача бўлиши қайд этилди. Магний миқдори спектрлараро жойлашувига кўра сигма оғирлиги 0,17% дан 0,33% гача бўлган ораликда жойлашиб, оғирлиги 1,36% дан 6,55% гача бўлиши қайд этилди. Хромнинг сигма оғирлиги 0,16 дан 0,30% гача ўзгарувчанлиги, оғирлик фоизи эса 0,56% дан 1,09% гача ўзгарувчан ва нотекис тартибда эканлиги қайд этилди (10-расм).

Элемент	Оғирлик, %	Сигма оғирлик, %
O	38.36	0.83
Na	23.13	0.54
Mg	6.27	0.33
Si	0.69	0.15
S	10.13	0.37
Cl	17.45	0.48
Ca	2.87	0.27
Cr	1.09	0.30
Сумма:	100.00	



Элемент	Оғирлик, %	Сигма оғирлик, %
O	39.41	0.43
Na	23.20	0.28
Mg	6.55	0.17
Si	0.50	0.08
S	12.41	0.21
Cl	14.53	0.23
Ca	2.85	0.14
Cr	0.56	0.16
Сумма:	100.00	



10- расм. Ишлаб чиқариш тажрибаларда азолла биомассасидаги хром адсорбцияси

Олинган натижаларни таҳлил қилганда, хром ва минерал тузларни адсорбциялаган азолла культурасининг қуритилган биомассасида тўпланиши турлича бўлиши кузатилди. Бу эса биринчидан минерал тузлар ва хром миқдорининг юқорилиги, иккинчидан тўпланган кимёвий элементларнинг биомассада бир хил текисликда тарқалмаганлиги сабабли қишлоқ хўжалиги майдонларида қўллаш мумкин эмаслигини кўрсатади. Шу боисдан биоремедиация жараёнида ҳосил бўлган азолла биомассасини 2-тиндириш ҳавзасидан чиқадиган шлам билан биргаликда махсус полигонда кўмиш орқали йўқотиш мақсадга мувофиқдир.

2- жадвал

ТҚИК оқова сувининг дастлабки кимёвий таркиби (ppm, mkg/g, g/t)

Li	Be	B	Na	Mg	Al	P	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
33	0,44	310	1300	100000	2700	4600	61000	240000	15	120	34	54000	410	920	5,1
Ni	Cu	Zn	Ga	As	Se	Br	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	In
38	44	1400	3,2	16	11	690	73	3500	2,9	15	0,38	6,7	0,01	2,7	0,068
Sn	Sb	Te	I	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho
7,3	2	<0,10	45	1	320	2,3	4,9	0,85	2,5	0,67	0,35	0,76	0,097	0,78	0,095
Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Re	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Th	U
0,35	0,055	0,31	0,08	0,41	0,35	0,28	0,099	<0,10	0,45	<0,10	0,23	100	0,094	1,1	9,4

3-жадвал

ТҚИК оқова сувининг кимёвий ва биологик ишлов берилгандан кейинги кимёвий таркиби (ppm, mkg/g, g/t)

Li	Be	B	Na	Mg	Al	P	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
22,0	0,190	160	220000	35000	900	1100	58000	130000	9,10	74,0	30,0	2200	90,0	390	6,40
Ni	Cu	Zn	Ga	As	Se	Br	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	In
21,0	37,0	330	1,20	21,0	<0,10	200	24,0	760	1,90	10,0	0,120	31,0	0,016	<0,01	<0,01
Sn	Sb	Te	I	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho
0,690	0,800	<0,10	24,0	0,510	190	1,80	2,70	0,480	2,10	0,220	0,180	0,340	0,083	0,190	0,035
Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Re	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Th	U
0,100	0,066	0,170	0,040	0,160	0,410	1,70	0,160	<0,10	1,20	<0,10	1,10	43,0	0,037	0,970	13,0

4- жадвал

ТҚИК оқова суви таркибини азолла ёрдамида тозалашдан кейинги кимёвий таркиби (ppm, mkg/g, g/t)

Li	Be	B	Na	Mg	Al	P	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
46,0	0,099	10,0	3000	28000	390	810	13000	82000	10,0	53,0	37,0	230	71,0	280	3,50
Ni	Cu	Zn	Ga	As	Se	Br	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	In
10,0	16,0	290	0,560	13,0	<0,10	640	12,0	520	0,330	9,10	0,290	8,00	0,023	1,30	<0,01
Sn	Sb	Te	I	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho
0,690	1,10	<0,10	76,0	0,680	70,0	0,540	1,30	0,110	0,510	<0,10	0,100	0,250	0,041	0,190	0,023

ХУЛОСАЛАР

Оқова сувларни биоремедиацион йўл билан тозалаш» мавзусидаги биология фанлар бўйича фалсафа доктори (PhD) илмий даражасини олиш учун тайёрланган диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Хромнинг юқори даражасига (артизан суви ва корхонанинг ишлаб чиқаришдан чиққан қолдиқ суви асосида хромнинг 30% гача миқдорида чидамли бўлган *Azolla caroliniana* нинг мослашган культураси олинган ва унинг яшовчанлик кўрсаткичлари ((мг/л) 0,5→0,87%, 1,0→0,68%, 1,5→0,59%, 2,0→0,50%, 2,5→0,46%, 3,0→0,39%) аниқланган;

2. Хромли (30%) оқова сувга мослашган *Azolla caroliniana* нинг 5 кунлик культурасининг фотосинтез жараёни 50-80% гача тикланиши, дастлабки экув материални ўстиришнинг 7-кунида 3 баробарга ошиши, культуранинг муртакланиш кўрсаткичи 78,4-82,6% га етиши ва оқова сувлар таркибидан хромни 4,87 мг/л дан 2,34 мг/л гача камайтириши аниқланган;

3. Азолла қуруқ массасига нисбатан ўртача 0,56-1,09 мг/г миқдорида хромни сорбциялаши кўрсатиб берилган;

4. Азолланинг ривожланиши давомида натрийни ўстиришнинг 7-кунида 27,92 мг/г, 10-кунида 36,72 мг/г, хлорни мувофиқ равишда 1,67 мг/г дан 47,69 мг/г гача миқдорида тўплаши аниқланган;

5. Биоремедиацион тозалаш технологияси асосида оқова сув таркибидаги хром (Cr) миқдори, шунингдек, натрий ва хлорнинг РЭТ даражасигача камайтирилганлиги асосида корхонадан чиқадиган ва “Шўрўзьяк” зовурига ташланадиган оқова сувнинг кимёвий таркиби зарарсизлантирилган;

6. Терини қайта ишлаш корхонасидаги оқова сувларни кимёвий ва биологик тозалаш жараёнларидан кейин махсус тиндиргич-сув ҳавзаларида биоремедиация кўрсаткичлари ўрнатилиб, амалиётга татбиқ этилган.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ НА ОСНОВЕ ПО ПРИСУЖДЕНИЯ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ
03.30.12.2019.В.72.02 ПРИ БАХАРСКИМ ГОСУДАРСТВЕННЫМ
УНИВЕРСИТЕТИ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

АЗИМОВ ШАВКАТ ШУХРАТОВИЧ

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД С МЕТОДОМ БИОРЕМЕДИАЦИИ

03.00.12-Биотехнология

**11.00.05 – Охрана окружающей среды и рациональное использование природных
ресурсов**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО
БИОЛОГИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Бухара – 2022

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером B2022.1.PhD/B705.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете и Ташкентском химико-технологическом институте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.buxdu.uz) на Информационно-образовательном портале "ZiyoNet" (www.ziynet.uz).

Научные руководители: Хужамшукуров Нортожи Абдихаликович
доктор биологических наук, профессор
Турабджанов Садритдин Махаматдинович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Кулдашева Шахноза Абдулазизовна
доктор химических наук, профессор
Саттаров Абдумурод Саттарович
кандидат биологических наук, доцент

Ведущая организация: Самаркандский государственный университет ветеринарной
медицины, животноводства и биотехнологий

Защита диссертации состоится «12» август 2022 г. в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета PhD. 03/30.12.2019.B.72.02. по присуждению ученой степени доктора философии при Бухарском государственном университете по адресу: 200117, г.Бухара, ул. М.Икбол 11, БухДУ. Тел.: (+99865) 221-29-14, факс: (+99865) 221-26-12, e-mail: bsu_info@edu.uz.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Бухарского государственного университета

Автореферат диссертации разослан «19» июль 2022 года.
(реестр протокола рассылки №5 от «19» июль 2022 года).


А.Э.Холлиев
Председатель научного совета по
присуждению учёных степеней, д.б.н.,
профессор


Н.Э.Рашидов
Учёный секретарь научного совета по
присуждению учёных степеней, к.б.н.,
доцент


Х.Т.Артикова
Председатель Научного семинара при
Научном совете по присуждению учёных
степеней, д.б.н., профессор



ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской диссертации)

Актуальность и необходимость темы диссертации. В мире образуются сточные воды в очень больших объемах, содержащие вредные химические вещества, образующихся в различных отраслях экономики, вызывают серьезные экологические проблемы. Биологическая очистка сточных вод играет важную роль в обеспечении устойчивости техногенных экосистем. В частности, очистка сточных вод, загрязненных вредными химическими веществами на основе высоких водорослей, имеет большое значение с точки зрения экологии и охраны окружающей среды. В сточных водах накапливается Cr во время производственного процесса, кожеперерабатывающих заводов, бумажных фабрик, угольных шахт и тепловых электростанций, он чрезвычайно опасен для водных экосистем.

В мире ведутся научные исследования острых экологических проблем, вызванных неполной очисткой сточных вод кожевенных предприятий от химических и вредных веществ. В связи с этим необходимо определить токсические свойства хрома в сточных водах, использовать хром как одно из основных средств при гальванике в легкой промышленности, кожевенной обработке, подготовке и полировке металлов, совершенствовать метод биологической очистки сточных вод кожевенных предприятий и вод очищенных физико-химическими методами. Особое внимание уделяется тому, что образование большого количества сульфитов, аммонийно-азотных и белковых соединений на перерабатывающих предприятиях приводит к резкому изменению экосистемы.

В нашей Республике, в особенности после обретения независимости, удалось добиться определенных научных результатов по стабилизации экологической обстановки: Рациональное использование природных ресурсов и имеющихся запасов воды, широкое внедрение инновационных водосберегающих технологий и охрана водных ресурсов от различных видов загрязнения и предотвращения заражения человека различными вредными веществами. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан ¹ обозначены следующие задачи: «...обеспечить проживание людей в экологически безопасной среде, построить и модернизировать комплексы по переработке бытовых отходов, укрепить их материально-техническую базу, обеспечить население современными мусороуборочными сооружениями...» Исходя из этих задач, большое научное и практическое значение имеет комбинированное использование биологических и физико-химических методов очистки, которые широко применяются при очистке сточных вод на производственных предприятиях нашей Республики.

Решение Президента Республики Узбекистан Ш.М. Мирзиёева ОФ-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы», ОФ-5863 от 30 октября 2019 года «Об утверждении Концепции охраны окружающей среды Республики Узбекистан до 2030 года». ПП-3983 от 25 октября 2018 года «О мерах по ускоренному

¹ Указ Президента Республики Узбекистан «Об Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» от 7 февраля 2017 года № ПФ-4947.

развитию химической промышленности Республики Узбекистан», ПП-4453 от 16 сентября 2019 года «О мерах по дальнейшему развитию легкой промышленности и стимулированию производства готовой продукции» Постановление № PQ-4265 от 03.04.2019 «О дальнейшем реформировании химической промышленности и повышении ее инвестиционной привлекательности» а также для выполнения задач, установленных в других нормативных актах, связанных с этой деятельностью данное диссертационное исследование служит в определенной степени.

Зависимость исследований от приоритетов развития науки и техники республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетом развития науки и техники республики IV «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов».

Степень изученности проблемы. Научные исследования по разработке биотехнологий очистки технических сточных вод промышленных предприятий на основе высших водорослей посвящено работы учёных таких как О.Б.Сопрунова (2005), О.Ф.Филенко, О.И.Шадрина (2004), Й.В.Гошу (2007), А.Е.Заикин (2007), А.Р.Гальперина (2012), М.Л.Русских (2012), Л.В.Коробка (2000), Bennicelli et al. (2004), Upadhyayet al.(2007), Rai (2008), Mashkani and Ghazvini(2009).

Ученые Узбекистана А.М.Музаффаров (1980), Т.Т.Таубаев (1980), М.Абдиев (1975), Дж.К.Қутлиев (2008), Р.Ш.Шаёкубов (2005), С.Б.Буриев (1995), Х.Бердикулов (1998), С.Хужжиев (2005), Д.А.Мирзаева (2021) своими исследованиями на основе высокого водорослевого состава сточных вод различных солей, провели научные исследования по удалению пестицидов, тяжелых и радиоактивных металлов и внесли значительный вклад в развитие отрасли. А также классификация высших водорослей, технические параметры их выращивания, установление физико-химического состава макрофитов, биологические удобрения из высших водорослей в сельском хозяйстве, корма для животных, при переработке и хранении нефти и газа, нефтегазовых предприятиях и птицефабриках, в коммунальном хозяйстве. ведутся работы по разработке технологий биологической очистки сточных вод. Однако исследование по биологической очистке сточных вод кожно-перерабатывающих заводов с высоким содержанием хрома (Cr) на основе водорослей не проводилось. Поэтому сочетание биологической очистки сточных вод кожно-перерабатывающих заводов и очистки физико-химическими методами имеет большое научное, практическое и экологическое значение.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательской работы выполняемой научно-исследовательской организации.

Исследование диссертации проводилось в соответствии с планом научно-исследовательской работы Ташкентского государственного технического университета имени И.Каримова и Ташкентского химико-технологического института.

Цель исследования. Разработка технологии биоремедиационной очистки от хрома (Cr) технических сточных вод кожно-перерабатывающих заводов.

Научно-исследовательские цели:

оценка потенциала высших водорослей при очистке хромовых стоков; получение культуры *Azolla caroliniana*, устойчивой к высоким уровням хрома (Cr);

анализ процессов очистки сточных вод с высоким содержанием хрома на основе адаптированных к хрому культур азолы;

анализ процессов сорбция хрома при сухой массе азоллы;

разработка и внедрение модельной технологии очистки хромовых стоков методом биоремедиации.

Объектом исследования были высшие водоросли (*A.caroliniana*, *L.minor*, *P.stratiotes*, *E.srassipes*), хромовые (Cr) накопительные воды кожно-перерабатывающих заводах и стандартная технология очистки сточных вод.

Предметом исследования были экология высших водорослей, биология роста и развития макрофитов, физико-химический состав сточных вод, индекс биомассы макрофитов, химический состав макрофитов, эколого-биологические особенности развития макрофитов в сточных водах.

Методы исследования. В диссертационной работе использовались физико-химические, биотехнологические, микробиологические методы Доспехова, А.Стива и Коэна Дэвила, Bloomberg, Scoups, Pearson и эколого-токсикологические методы исследования.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

Научно обоснованы показатели роста и жизнеспособности *A. caroliniana*, (*L. minor*, *P. stratiotes*, *E. srassipes*) в хромовых (Cr⁶⁺) сточных водах;

определен химический состав сточных вод кожевенных предприятий после первичной и физико-химической очистки;

Получена адаптированная культура *A.caroliniana*, устойчивая к высокому уровню хрома (до 30% хрома в пересчете на воду хозяйственно-бытового и промышленного назначения) и показатели ее жизнеспособности: ((мг/л) 0,5-0,87%, 1, 0- 0,68%, 1,5-0,59%, 2,0-0,50%, 2,5-0,46%, 3,0- 0,39%;

впервые выявлена способность *Azolla caroliniana* уменьшать концентрацию хрома (с 4,87 мг/л хрома до 2,34 мг/л) и сорбировать хром в среднем на 0,56-1,09 мг/г относительно сухой массы;

При развитии Азоллы установлено, что на 7-й день культивирования накапливается натрий в количестве 27,92 мг/г, на 10-й день 36,72 мг/г. Так же установлено что хлор накапливается на 7-й день культивирования в количестве 1,67 мг/г и 47,69 мг/г на 10-й день культивирования.

Практические результаты исследования следующие:

разработана модельная технология очистки хромистых сточных вод методом биоремедиации;

изучена снижения количества солей натрия и хлора наряду с хромом в процессе биоремедиации хромовых стоков.

Научная и практическая значимость результатов исследования. На основании фундаментальных знаний, полученных по селекции

высокоустойчивых к хрому водорослей, *Azolla caroliniana* объясняется ее биологической эффективностью в восстановлении экологического баланса в результате накопления хрома, натрия и хлора в хромсодержащих сточных водах.

Стабилизация химического состава сточных вод, сбрасываемых с завода и сбрасываемых в канаву « Шўрўзьяк » на основе технологии биоремедиации, количества хрома (Cr) в сточных водах, а также снижение содержания натрия и хлора до уровня ПДК, после химико-биохимической очистки сточных вод в специальных водоемах устанавливаются и применяются показатели биоремедиации.

Достоверность результатов исследования. Использование классических и современных методов и соответствие результатов, полученных на основе научных подходов и анализов, теоретическим данным, их публикация в ведущих научных изданиях, признание научным сообществом при реализации государственных фундаментальных проектов, статистический анализ населения данные на основе современных программ (Биостат 2007 г.) Практические результаты подтверждены и внедрены компетентными государственными и международными организациями.

Внедрение результатов исследования. На основании полученных научных результатов по разработке и внедрению технологии снижения количества хрома в сточных водах кожевенных предприятий при помощи водорослей было сделано следующее:

- Очистка сточных вод от остаточного содержания хрома методом биоремедиации на основе макрофита *A. Caroliniana*. Внедрена в практику на совместном предприятии ООО « PENG-SHERM -CHARM» (исх. № АС-9/1621 от 9 июня 2021 года «Узчармсаноат "Ассоциация"). В результате был нейтрализован химический состав сточных вод, сбрасываемых в арык «Шорозьяк» в Сырдарьинской области, что позволило стабилизировать экологическую обстановку;

- На СП внедрена в практику хромадаптированная культура *A. Caroliniana*, устойчивая к хрому до 30%, на основе кустарной воды, загрязненной хромом (6+) в различных концентрациях в искусственных условиях и сточных водах предприятия ООО «PENG-SHERM -CHARM» (объединение «Узчармсаноат» Исх. АС-9/1621 от 9 июня 2021 года).

В результате адаптированная к хрому культура *A. Caroliniana* позволила снизить количество хрома (6+) в сточных водах с 54 000 мг/л до 2 200 мг/л, а к 14 суткам исследования получилось снизить концентрацию хрома с 54 000 мг/л до 20 мг/л.

Апробации результатов исследований. Результаты исследования были представлены и обсуждены на 3-х международных и 3-х республиканских научных конференциях.

Публикация результатов исследования. 5 научных работ по теме диссертации, в том числе 5 научных статей в научных изданиях, рекомендованных к публикации основных научных результатов докторских диссертаций ВАК Республики Узбекистан, в том числе 3 в зарубежных и 2 в отечественных журналах.

Объем и структура диссертации. Содержание диссертации состоит из введения, 3 глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем диссертации составляет 118 страниц.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ ДИССЕРТАЦИИ

Во вводной части обосновывается актуальность и необходимость исследования, его цели и задачи, описывается объект исследования, соответствие исследования приоритетам науки и технологии Республики, описывается научная новизна и практические результаты, результаты носят научно-практический характер, сведения о введении, опубликованных работах и содержании диссертации.

В первой главе диссертации под названием «Роль макрофитов в биологической очистке сточных вод промышленных предприятий» дается обзор современного состояния приоритетности использования различных химических реагентов при очистке сточных вод кожеперерабатывающих заводов с использованием макрофитов, основные факторы, определяющие их использование в производстве. Анализ данных на основе обзора литературы позволил сформулировать цели и задачи исследования.

Во второй главе диссертации под названием «Методы исследования процессов очистки сточных вод на основе высших водорослей» приведена классификация высших водорослей, традиционные способы их культивирования, питательные среды, определение химических веществ в составе сточных вод, анализ сточных вод и отражены биомасса водорослей масс-спектрометрическими методами, методы наблюдения за поглощением хрома в составе макрофитов и экспериментальные схемы формирования.

Третья глава диссертации под названием «Процессы очистки сточных вод методом биоремедиации» посвящена исследованию процесса очистки сточных вод от хрома и других химических веществ на кожевенных предприятиях с использованием высших водорослей на основе современных научно-технических знаний. В частности, изучалась чувствительность высших водорослей к хрому, который был определен в качестве основного объекта изучения (рис. 1).

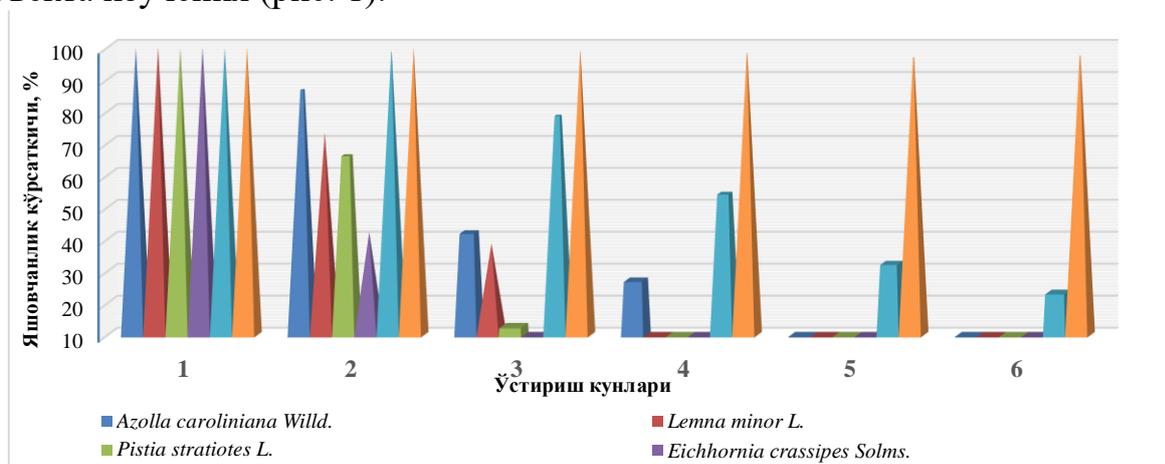


Рис. 1. Анализ устойчивости макрофитов к хрому (6+) (1,0 мг/л)

По результатам отмечено, что устойчивость высших водорослей к хрому неодинакова. В нашем исследовании при изучении устойчивости разных видов высших водорослей к хрому было замечено, что Азолла оказалась более устойчивой, чем остальные высшие водоросли использованные в эксперименте. В частности, при выращивании *Lemna minor* L. в хромосодержащей среде с концентрацией 3,0 мг/л в течение суток жизнеспособность *Lemna minor* L снизилась на 26,79%, на третьи сутки по сравнению со вторыми на 52,6%, а на пятые сутки эксперимента наблюдалось состояние некроза или полной потери жизнеспособности водорослей на 96,79%. Частота некроза или полной гибели людей составила 96,79%. На пятые сутки наблюдения было зарегистрировано только 3,21% выживаемости, тогда как полная выживаемость была потеряна на седьмые сутки наблюдения. Также были проанализированы регрессионные характеристики устойчивости высокорослых водорослей к хрому, в том числе логарифмические показатели, основанные на статистических результатах (рис. 2). По результатам отмечено, что жизнеспособность высших водорослей в артезианских водах формируется в обратной регрессии относительно хромосодержащей воды, как это и отмечено законами биологии. На 3-й день наблюдения выживаемость при обратной регрессии составила 57,89%, а при прямой регрессии выживаемость в эти же сутки составила 3,76%. Так, к третьему дню культивирования на основе прямой регрессии потерянные 6,53% выживаемости восстановились до 2,77%, что свидетельствует о некоторой адаптации этой высокой водоросли к стрессовым условиям.

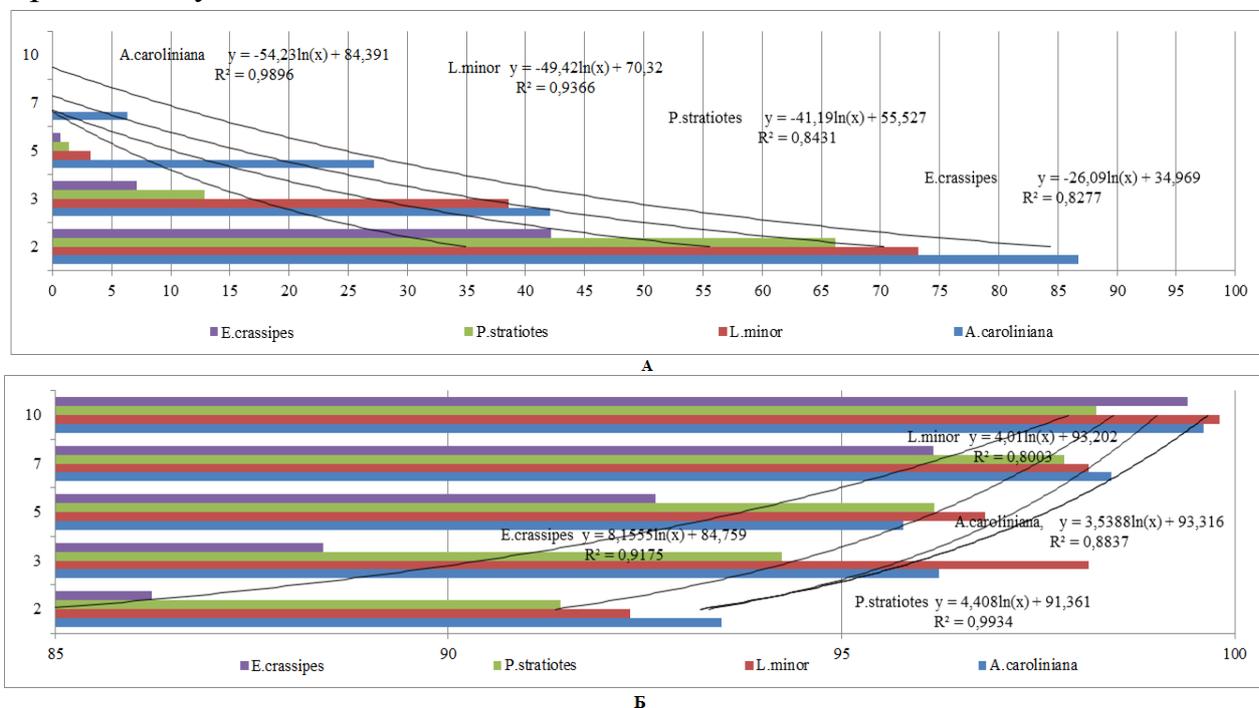


Рис. 2. Логарифмические показатели устойчивости макрофитов к хрому (А-обратная регрессия в хромосодержащей воде, Б-Контроль (правильная регрессия в артезианской воде предприятия))

Подтверждение этому отмечено на седьмой день наблюдения. В частности, потеря жизнеспособности на седьмой день наблюдения в случае

обратной регрессии, т.е. сильного необратимого некроза или полной гибели клеток высоких водорослей, составила 93,68% от выживаемости исходной культуры, тогда как показатель выживаемости в прямой регрессии (6,53%) составил 4,96%, а показатель выживаемости составил 98,43%. Эти условия регрессивного развития высоких водорослей позволяют рассматривать стрессовые факторы как резильентность.

В частности, состав артизианских вод, используемых для повседневных нужд кожевенного завода, создает кратковременную стрессовую ситуацию для вновь посаженных образцов высоких водорослей, позволяя им адаптироваться к данной среде. Поэтому для дальнейших исследований была выбрана адаптация *Azolla caroliniana*, проявившая толерантность к стрессовым условиям в воде загрязненной хромом (3 мг/л). В исследовании использовали 1100 г биомассы *Azolla caroliniana*, показавшей 6,32% жизнеспособности при выращивании в течение семи дней в воде, содержащей 3 мг/л хрома (+⁶) и частично некротизированной, примерно до 52,8%. Данную биомассу перерабатывали на искусственной питательной среде в смеси органических продуктов, минеральных солей и артизианской воды и получили адаптированную к хрому культуру, достигающей приживаемости до 100%. В основу исследования была положена продуктивность образования биомассы как повышение устойчивости азоловой культуры к хрому. С целью подтверждения полученных результатов были проведены повторные опыты по толерантности культуры *A. caroliniana*, полученной под воздействием 3,0 мг/л в водной среде (Тамия), а именно толерантности к раствору шестивалентного хрома (+⁶) (таблица 3.2.1).

При культивировании были получены адаптированные образцы азоллы под воздействием хрома (+⁶). Была установлена устойчивость азоллы к воздействию хрома в воде в дозе 0,5 мг/л, составившая на третий день эксперимента среднюю скорость роста в соотношении 1:0,69 и 1:0,98 на 10-й день роста. Также было отмечено, что средний объем биомассы, полученной на опытных образцах, составил 1150,92 г/м². Средний 10-дневный темп роста оказался равным 0,87. Также было выявлено, что коэффициент роста азоловой культуры, выращенной в хромированной воде в концентрации 3,0 мг/л, составил в среднем 1:0,39, а скорость образования общей биомассы – 1,79 г/м² (рис. 3).



А



Б

Рис. 3.
Коэффициент
развития (А) *Azolla*
***caroliniana* в воде,**
содержащей 3,0 мг/л
хрома (+⁶) и общий
вид образования
биомассы (контроль
Б)

Отмечено также, что на последний день опыта хромированная вода обесцвечивается в среднем на 4,8 балла по 5-балльной шкале по сравнению с исходным состоянием, на третий день полностью исчезает характерный запах. Было замечено, что азолловые клетки подвергаются некрозу под влиянием хрома, и скорость выхода из некроза очень низкая, т.е. около 5-8% (рис. 4).



Рис. 4. Некроз азолловых клеток под влиянием хрома (А: 1,0 мг/л; В: 2,0 мг/л; С: 3,0 мг/л)

Основное сырье дубильного и кожеперерабатывающего завода. В последующих исследованиях проверена жизнеспособность азоллы в воде с шестивалентным хромом (рис. 5). Согласно полученным результатам коэффициент роста *A. caroliniana* снижается с увеличением концентрации хрома ((мг/л 0,5→0,87%, 1,0→0,68%, 1,5→0,59%, 2,0→0,50%, 2,5→0,46%, 3,0→0,39%) и, соответственно, отмечено соответствующее снижение устойчивости. Интересным аспектом исследования была очень низкая биомасса при выживаемости 0,52%. Причина этого была отмечена в использовании в питательной среде водопроводной воды, в которую добавлялось некоторое количество хрома. Толерантность азоллы к высоким концентрациям хрома и ее сорбционные свойства к хрому можно объяснить отсутствием в питательной среде макро-, микроэлементов и минеральных солей. Следовательно, на способность азоллы адаптироваться к стрессовым условиям и в полной мере проявлять свои свойства биоаккумуляции влияет ряд факторов. В частности, важны макроэлементы (фосфор, азот, калий, кальций, магний) и микроэлементы (молибден, кобальт, марганец и др.).

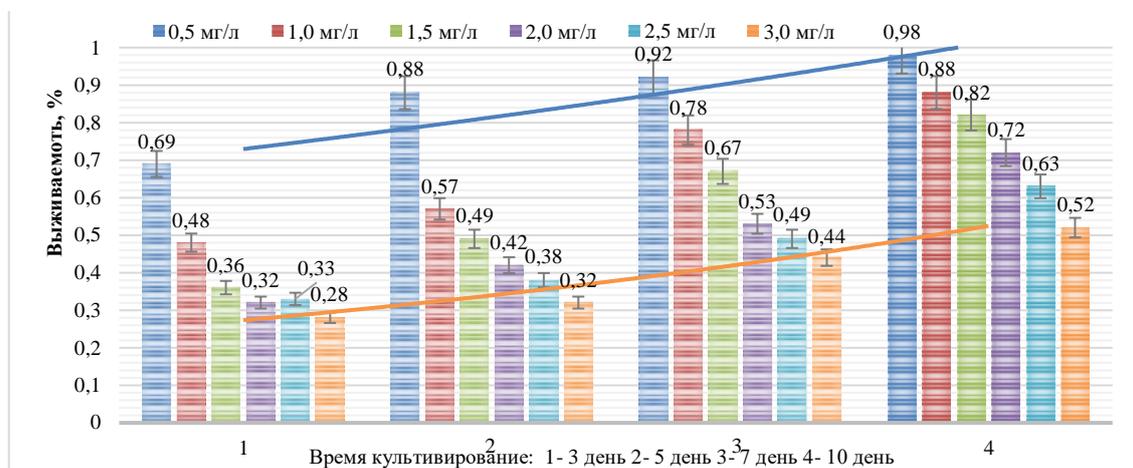


Рис. 5. Жизнеспособность азоллы при различных концентрациях хрома в воде, %

Поэтому в последующих исследованиях состав загрязненной питательной среды разрабатывался с целью повышения жизнеспособности относительно адаптивной азолловой культуры, устойчивой к 3 мг/л хрома, и обеспечения максимального образования биомассы. По результатам исследования рост и развитие азоллы в питательной среде, приготовленной по Дви П. Видиастути (Д), находились на необходимом уровне. В частности, на десятые сутки выращивания по полученным данным, установлено, что средняя продукция биомассы составила 1592,76 г/м². Отмечено, что в питательной среде спродуцировалось меньше биомассы - в размере 626,25 г/м². При этом отмечено, что развитие клеток в хромовой питательной среде меньше, теловая часть азоллы короче, длина корня и ветвистость меньше, поверхность листьев относительно небольшая. Поэтому был сделан вывод, что эти показатели также способствовали низкой выработке биомассы в хромовой среде.

Также видно, что в питательной среде, приготовленной Ватанабэ и его коллегами, среднее образование биомассы азоллы составило 1845,91 г/м². Однако когда сравнение идет по питательной среде обнаружилось что биомассы вырабатывается на 395,45 г/м² меньше чем в другом сравнительном результате. Несмотря на это образование биомассы азоллы в среде W составило 102,62 г/м² в хромированных условиях и 77,66 г/м² бесхромовых условиях что больше чем в среде D. Хотя обе питательные среды сохраняют структурно одинаковые макро- и микроэлементы, разницу в биомассе можно объяснить количественными различиями этих макро- и микроэлементов. В частности, отмечено, что образование биомассы в среде W было на 253,15 г/м² больше, чем в среде D. Это можно объяснить наличием в питательных средах макро- и микроэлементов, таких как P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Mo, B, Cu Zn, которые играют важную роль в росте и развитии азоллы. В ходе исследования при анализе состава сточных вод, сбрасываемых СП ООО «PENG-SHENG CHARM» в Шурузакскую канаву, было отмечено, что средний показатель pH проб колебался в пределах от 6,0 до 7,2. Однако было отмечено, что pH сточных вод 1-го трубопровода предприятия составляет pH 6,5-8,5. Это среда pH, при которой культура азоллы полностью адаптирована для осуществления своих физиологических и биохимических процессов. В исследовании в качестве объекта использовали культуру азоллы, которая значительно снижала количество биомассы и активность азотфиксации под влиянием хрома в количестве 3 мг/л, но сохраняла свою жизнеспособность. Для методически правильной организации исследования все опытные образцы воды были искусственно загрязнены хромом и изучена степень адсорбции этого хрома на объекте исследования (рис. 6. и табл. 1). По полученным результатам было выявлено постепенное снижение уровня хрома в опытных образцах воды. Исходное количество хрома было 4,87 мг/л, а на 3-и сутки роста объем составил в среднем 4,87 мг/л, на 7й день эксперимента - 3,81 мг/л, на 10-й день 3,34 мг/л в среднем, и на 14-й день установлено снижение до 2,34 мг/л.

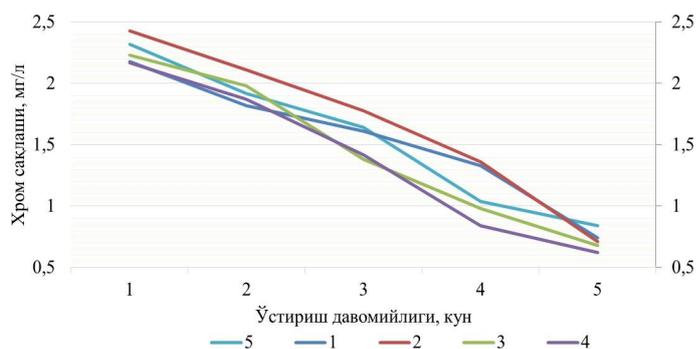


Рис.6. Абсорбция хрома азоллой в сточных водах

На 7-й день роста среднее поглощение хрома азоллой в образцах 1–5 с содержанием хрома в питательной среде 1,57 мг/л составило 0,56 мг/г; 0,45 мг/г; 0,85 мг/г; 0,75 мг/г, соответственно. В среднем 0,7 мг/г на вариантном участке.

Таблица 1

Индикатор поглощения хрома в питательной среде (W) культурой *Azolla caroliniana*

варианты эксперимента	Хром, мг/л	Абсорбция хрома за сутки, мг/л				
		3	7	10	14	21
1	2,18±0,12	1,82±0,14	1,61±0,22	1,33±0,17	0,74±0,22	0,73±0,27
2	2,43±0,23	2,11±0,32	1,78±0,33	1,36±0,27	0,71±0,19	0,84±0,32
3	2,23±0,31	1,98±0,17	1,38±0,18	0,98±0,09	0,68±0,42	0,70±0,12
4	2,17±0,11	1,87±0,43	1,42±0,11	0,84±0,19	0,62±0,27	0,62±0,33
5	2,32±0,19	1,92±0,21	1,64±0,44	1,04±0,38	0,84±0,22	0,84±0,29
Среднее	2,27±0,27	1,94±0,11	1,57±0,09	1,11±0,32	0,72±0,17	0,75±0,44

На 10-е сутки эксперимента концентрация хрома в каждом из пяти вариантов составляла 1,11 мг/л, тогда как уровень абсорбции хрома азоллой составлял 0,85 мг/г, 1,07 мг/г, 1,25 мг/г, 1,33 мг/г, 1,28 мг/г соответственно. При сравнении данных результатов с результатами третьего дня эксперимента было обнаружено, что эти результаты увеличиваются с 0,33 мг/г до 1,15 мг/г, а на седьмой день роста абсорбция хрома была больше на 0,45 мг/г. На 21-е сутки эксперимента концентрация хрома в каждом из пяти вариантов составляла 0,71 мг/л, тогда как уровень абсорбции хрома азоллой составлял 1,45 мг/г; 1,59 мг/г; 1,19 мг/г; 1,53 мг/г; 1,55 мг/г соответственно, а так же стало известно что средняя скорость поглощения хрома составила 1,52 мг/г. В ходе исследования при наблюдении за химическим составом сточных вод кожевенного завода после химической обработки в производственных условиях отмечено высокое содержание Са, Mg, К, а также относительно низкое количество Mn, Fe (табл. 2). Эти химические вещества являются важнейшими элементами роста азолловой культуры, а так же они обеспечивают адаптацию культуры к неблагоприятным условиям.

При изучении химического состава сточных вод после химико-биологической очистки (табл. 3) было отмечено, что количество магния уменьшилось на 35 %, калия на 5 %, кальция на 7,2 %, а содержание хрома уменьшилось с 5,4. мг/л до 2,2 мг/л, что и было первоначальной задумкой эксперимента. Однако было отмечено, что количество хрома не уменьшилось до необходимого уровня. Поэтому биологическую обработку азолловой культурой проводили в течение 7 и 10 суток в промышленных условиях. Отмечено, что содержание кальция в сточных водах, обработанных азоллой

за 7 суток, уменьшилось на 22,4%, фосфора на 23,7%, магния на 20% и натрия на 98,64%. Также установлено, что количество поглощенного хрома колеблется от 2,2 мг/л до 0,23 мг/л (табл. 5). Отмечено, что количество хрома



в сточной воде после химико-биологической очистки на 10-е сутки культивирования азоллы составило 0,011 мг/л (рис. 7).

Рис. 7. Показатели биологической очистки хромосодержащих сточных вод

В ходе исследования изучали накопление и равномерное распределение хрома и минеральных солей в биомассе азоловых культур, выращенных в течение 7 и 10 сут в хромосодержащих сточных водах. При анализе спектров биомассы сигма-масса натрия варьировала от 0,28 % до 0,70 % при значительных различиях между спектрами, тогда как масса в спектрах варьировала от 23,2 % до 36,72 % (рис. 8).

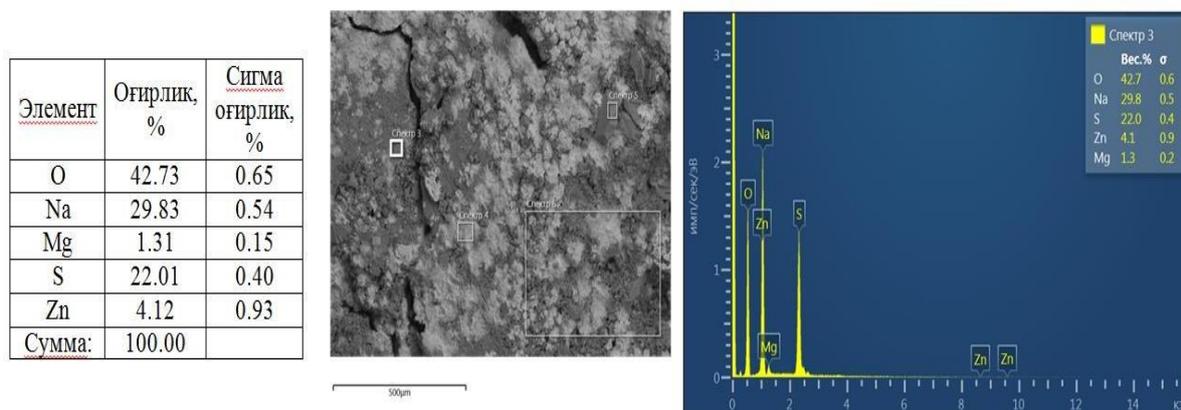
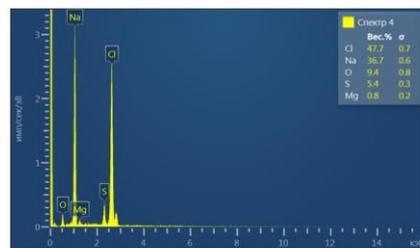
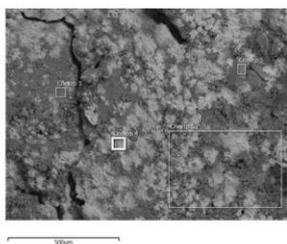


Рис. 8. Количество и расположение элементов в биомассе азоллы

Также было отмечено, что количество магния колебалось от 0,17% до 0,33% по массе сигмы, в пределах от 1,36% до 6,55% по массе в зависимости от межспектрального расположения. Соединения хлора в больших количествах используются в процессе обработки (дубления) кожи в кожевенных заводах и фабриках. Исследования также показали, что именно количество хлора является высоким в различных спектрах биомассы азолловых культур.

В частности, было отмечено, что сигмоидальная масса хлора колебалась от 0,28 % до 0,72 %, а масса переменчивой локальной динамики колебалась от 1,67 % до 47,69 % (рис. 9).

Элемент	Огирлик, %	Сигма огирлик, %
O	9.36	0.83
Na	36.72	0.64
Mg	0.85	0.23
S	5.38	0.30
Cl	47.69	0.72
Сумма:	100.00	



Элемент	Вес.%	Сигма огирлик, %
O	39.41	0.43
Na	23.20	0.28
Mg	6.55	0.17
Si	0.50	0.08
S	12.41	0.21
Cl	14.53	0.23
Ca	2.85	0.14
Cr	0.56	0.16
Сумма:	100.00	

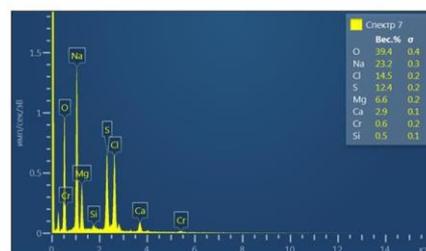
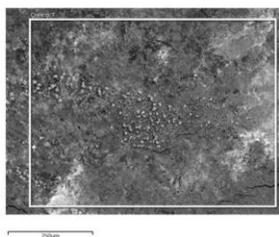
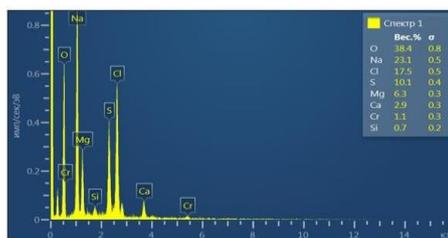
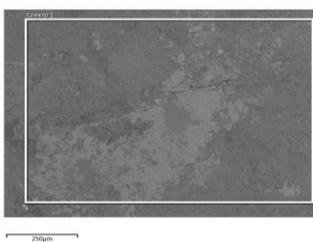


Рис. 9. Адсорбция минеральных солей в азоловой биомассе

Отмечено, что количество натрия в спектре колеблется от 0,28% до 0,64% по массе сигмы в зависимости от межспектрального положения и от 23,2% до 36,7% по массе. Также было отмечено, что количество магния колебалось от 0,17% до 0,33% по массе сигмы, в пределах от 1,36% до 6,55% по массе в зависимости от межспектрального расположения. Также было отмечено, что сигма-масса хрома колеблется от 0,16 до 0,30 %, а процентная доля массы колеблется от 0,56 % до 1,09 % и находится в неравномерном порядке.(Рис.10).

Элемент	Огирлик, %	Сигма огирлик, %
O	38.36	0.83
Na	23.13	0.54
Mg	6.27	0.33
Si	0.69	0.15
S	10.13	0.37
Cl	17.45	0.48
Ca	2.87	0.27
Cr	1.09	0.30
Сумма:	100.00	



Элемент	Огирлик, %	Сигма огирлик, %
O	39.41	0.43
Na	23.20	0.28
Mg	6.55	0.17
Si	0.50	0.08
S	12.41	0.21
Cl	14.53	0.23
Ca	2.85	0.14
Cr	0.56	0.16
Сумма:	100.00	

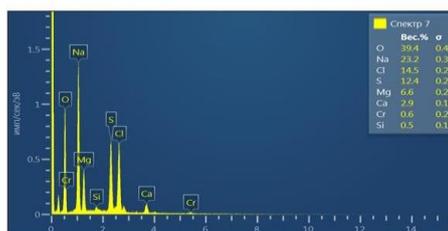
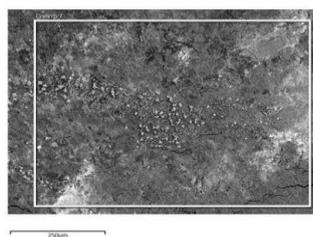


Рис. 10. Адсорбция хрома в биомассе азоллы в производственных экспериментах

Анализируя полученные результаты, было отмечено, что в высушенной биомассе азоловой культуры накопление адсорбированного хрома и минеральных солей различно. Это свидетельствует, во-первых, о высоком количестве минеральных солей и хрома, во-вторых, о том, что накопленные химические элементы неравномерно распределяются в биомассе и не могут быть использованы в сельскохозяйственных угодьях.

Поэтому азоловую биомассу, образующуюся при биоремедиации, целесообразно утилизировать путем захоронения на специальной свалке вместе с илом 2-го отстойника.

Таблица 2

Исходный химический состав сточных вод КПЗ (ppm, mkg/g, g/t)

Li	Be	B	Na	Mg	Al	P	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
33	0,44	310	1300	100000	2700	4600	61000	240000	15	120	34	54000	410	920	5,1
Ni	Cu	Zn	Ga	As	Se	Br	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	In
38	44	1400	3,2	16	11	690	73	3500	2,9	15	0,38	6,7	0,01	2,7	0,068
Sn	Sb	Te	I	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho
7,3	2	<0,10	45	1	320	2,3	4,9	0,85	2,5	0,67	0,35	0,76	0,097	0,78	0,095
Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Re	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Th	U
0,35	0,055	0,31	0,08	0,41	0,35	0,28	0,099	<0,10	0,45	<0,10	0,23	100	0,094	1,1	9,4

Таблица 3

Химический состав сточных вод КПЗ после химико-биологической очистки (ppm, mkg/g, g/t)

Li	Be	B	Na	Mg	Al	P	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
22,0	0,190	160	220000	35000	900	1100	58000	130000	9,10	74,0	30,0	2200	90,0	390	6,40
Ni	Cu	Zn	Ga	As	Se	Br	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	In
21,0	37,0	330	1,20	21,0	<0,10	200	24,0	760	1,90	10,0	0,120	31,0	0,016	<0,01	<0,01
Sn	Sb	Te	I	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho
0,690	0,800	<0,10	24,0	0,510	190	1,80	2,70	0,480	2,10	0,220	0,180	0,340	0,083	0,190	0,035
Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Re	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Th	U
0,100	0,066	0,170	0,040	0,160	0,410	1,70	0,160	<0,10	1,20	<0,10	1,10	43,0	0,037	0,970	13,0

Таблица 4

Очистка сточных вод КПЗ азоллой после химико-биологической обработки (ppm, mkg/g, g/t)

Li	Be	B	Na	Mg	Al	P	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
46,0	0,099	10,0	3000	28000	390	810	13000	82000	10,0	53,0	37,0	230	71,0	280	3,50
Ni	Cu	Zn	Ga	As	Se	Br	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	In
10,0	16,0	290	0,560	13,0	<0,10	640	12,0	520	0,330	9,10	0,290	8,00	0,023	1,30	<0,01
Sn	Sb	Te	I	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho
0,690	1,10	<0,10	76,0	0,680	70,0	0,540	1,30	0,110	0,510	<0,10	0,100	0,250	0,041	0,190	0,023

ВЫВОД

В результате исследований по диссертации для ученой степени доктора философии (PhD) биологических наук по теме « Очистка сточных вод методом биоремедиации» сделаны следующие выводы:

1. Получена адаптированная культура *Azolla caroliniana* и определена ее жизнеспособность и устойчивость к хрому в воде (смесь артизианской и сточных вод кожеперерабатывающих с содержанием хрома до 30%) ((мг/л)): 0,5→0,87% , 1,0→0,68%, 1,5→0,59%, 2,0→0,50%, 2,5→0,46%, 3,0→0,39%);

2. В результате опыта было установлено следующее: восстановление фотосинтеза 5-суточной культуры *Azolla caroliniana*, адаптированной к хромированным (30%) сточным водам, до 50-80 %; Рост исходного посевного материала в 3 раза на 7-е сутки; Уровень размножения культуры достиг 78,4%-82,6 %; Было обнаружено снижение содержания хрома в составе сточных вод; (с 4,87 мг/л хрома до 2,34 мг/л).

3. Показано, что Азолла сорбирует хром со средней скоростью 0,56–1,09 мг/г по отношению к сухой массе.

4. При культивировании азоллы установлено накопление натрия 27,92 мг/г на 7-е сутки, 36,72 мг/г на 10-е сутки и хлора от 1,67 мг/г до 47,69 мг/г соответственно.

5. На основе технологии биоремедиационной очистки установлено, что химический состав сточных вод, сбрасываемых с завода и сбрасываемых в канаву «Шорозьяк», умеренный за счет снижения в сточных водах уровня хрома (Cr), а также восстановлен уровень содержания натрия и хлора до уровня ПДК.

6. После химико-биологической очистки сточных вод кожеперерабатывающего завода были установлены и введены в действие индикаторы биоремедиации в бассейнах спецочистки.

**SINGLE SCIENTIFIC COUNCIL ON THE BASIS OF ACADEMIC
COUNCIL № PhD.03.30.12.2019.B.72.02 AT THE
BUKHARA STATE UNIVERSITY**

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY
TASHKENT CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

AZIMOV SHAVKAT SHUKHRATOVICH

WASTEWATER TREATMENT WITH BIOREMEDIATION METHOD

**03.00.12-Biotechnology
11.00.05 – Environmental protection and rational use of natural resources**

**ABSTRACT OF DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) THESIS IN BIOLOGICAL
SCIENCES**

Bukhara – 2022

This title of dissertation of doctor of philosophy (PhD) has been by Supreme Attestation Commission of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan with registration numbers of B2022.1.PhD/B705.

The dissertation has been prepared at the Tashkent State Technical University and Tashkent Chemical-Technological Institute.

The abstract of the dissertation is posted in three (Uzbek, Russian, English (resume)) languages on the website of the Scientific Council (www.buzdu.uz) and on the website of "ZiyoNet" information and educational portal (www.ziynet.uz).

Scientific supervisors: **Nortoji Khujamshukurov**
doctor of biological sciences, professor

Sadritdin Turabdjano
doctor of technical sciences, professor

Official opponents: **Shakhnoza Kuldashova**
doctor of chemical sciences, professor

Abdumurod Sattarov
candidate of biological sciences, docent

Leading organization: Samarkand State University of Veterinary Medicine, Animal Husbandry and Biotechnology

Defense will take place on «11» August 2022 year 10⁰⁰ at the meeting of the Scientific council PhD.03/30.12.2019.B.72.02 of the Bukhara State University at the following address (Address: 200117, M. Iqbol st. 11, Bukhara city) Tel: (+99865) 221-29-14; fax: (+99865) 221-26-12, e-mail: bsu_info@edu.uz).

The dissertation has been registered at the is Information Resource Center of the Bukhara State University (registered by № 5)

Adress: 200117, M. Iqbol st. 11, Bukhara city. Conference room of Bukhara State University. Tel.: (+99865) 221-29-14, fax: (+99865) 221-26-12.

Abstract of the dissertation was distributed on «15» July 2022 year.

(protocol at the register № 5 dated 15 July 2022 year).


A.E.Kholliyev
Chairman of the scientific council doctor of biological sciences, professor
N.E.Rashidov
Scientific secretary of the scientific council candidate of biological sciences, docent
H.Artikova
Chairman of the scientific seminar under the scientific council doctor of biological sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of the PhD dissertation)

The aim of the research work. Development of the technology of cleaning the amount of chromium (Cr) in the composition of technical wastewater coming out of the skin processing enterprises by the method of bioremediation

The object of the research work is high algae (*A.caroliniana*, *L.minor*, *P.stratiates*, *E.crassipes*), obtained the standard technology of cleaning wastewater and wastewater stored in the Chromium (Cr) of the skin regeneration plant.

Scientific novelty of the research work: The indicators of growth and viability of *A. caroliniana*, (*L. minor*, *P. stratiotes*, *E. srassipes*) in chromium (Cr6+) wastewater have been scientifically substantiated;

the chemical composition of wastewater from tanneries after primary and physico-chemical treatment was determined;

An adapted culture of *A. caroliniana* was obtained, resistant to a high level of chromium (up to 30% chromium in terms of household and industrial water) and its viability indicators: ((mg/l) 0.5-0.87%, 1, 0-0.68%, 1.5-0.59%, 2.0-0.50%, 2.5-0.46%, 3.0-0.39%;

for the first time, the ability of *Azolla caroliniana* to reduce the concentration of chromium (from 4.87 mg/l chromium to 2.34 mg/l) and absorb chromium by an average of 0.56-1.09 mg/g relative to dry weight was revealed;

With the development of *Azolla*, it was found that on the 7th day of cultivation sodium accumulated in the amount of 27.92 mg/g, on the 10th day 36.72 mg/g. It was also found that chlorine accumulates on the 7th day of cultivation in the amount of 1.67 mg/g and 47.69 mg/g on the 10th day of cultivation.

Implementation of the research results. Based on the scientific results obtained on the development and implementation of technology for reducing the amount of chromium in wastewater from tanneries using algae, the following was done:

- Wastewater treatment from residual chromium content by bioremediation based on *A. Caroliniana* macrophyte. It was put into practice at the joint venture PENG-SHERM-CHARM LLC (certificate No. AC-9/1621 dated June 9, 2021 "Uzcharmsanoat "Association"). As a result, the chemical composition of wastewater discharged into the Shorozyak ditch in the Syrdarya region was neutralized, which made it possible to stabilize the environmental situation;

- A chromium-adapted culture of *A. Caroliniana*, resistant to chromium up to 30%, was put into practice at the joint venture, based on artisanal water contaminated with chromium (6+) in various concentrations in artificial conditions and wastewater from the PENG-SHERM-CHARM LLC enterprise (certificate No. AC-9/1621 dated June 9, 2021 "Uzcharmsanoat "Association").

As a result, the culture of *A. Caroliniana* adapted to chromium made it possible to reduce the amount of chromium (6+) in wastewater from 54,000 mg/l to 2,200 mg/l, and by 14 days of the study, it was possible to reduce the concentration of chromium from 54,000 mg/l to 20 mg/l.

The structure and volume of the thesis. The content of the dissertation consists of an introduction, three chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 118 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИЛМІЙ ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Туробжонов С.М., Азимов Ш.Ш., Хўжамшукуров Н.А., Кучкарова Д. *Azolla caroliniana* ёрдамида оқова сувларни хромдан тозалаш. ЎзМУ хабарлари. 2021. №3/2/1. 124-128 б. (03.00.00. №9)

2. Хўжамшукуров Н.А., Азимов Ш.Ш., Туробжонов С.М., Кучкарова Д. Макрофитларнинг хромга (Cr (VI)) бўлган толерантлиги. ЎзМУ хабарлари. 2021. №3/2/1. 133-137 б. (03.00.00. №9)

3. Azimov Sh., Khujamshukurov N., Murodkhodjaeva Z., Turabjanov S., Kuchkarova D. 2022. Bioremediation of Chromium Based on Macrophytes. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 11(02): 432-440. (03.00.00. №25).

4. Азимов Ш.Ш., Хўжамшукуров Н.А., Туробжонов С.М., Кучкарова Д., Нигматуллаева М.Г. Устойчивость макрофитов к хрому и очистка хрома изсточных вод с помощью *Azolla caroliniana*. *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* 2022. 1(94). 85-88 б. (03.00.00. №1)

5. Туробжонов С.М., Хўжамшукуров Н.А., Азимов Ш.Ш. 2022. Инновационные способы модернизации в технологии очистки воды. *Инновации в нефтегазовой отрасли: электрон.научн.журн.* №1/2022. -С.12-16.

II бўлим (II часть; part II)

6. Азимов Ш. Хўжамшукуров Н., Турабджанов., Кучкарова Д., Абдуллаев Х.Юксак сувўтининг хромнинг юқори даражадаги концентрациясига мослашган культураларини олиш. *International Scientific and Technical conference Current issues of the power supply system, Tashkent, 25-26 November, 2021.* Pp.488-190.

7. Азимов Ш. Хўжамшукуров Н., Турабджанов., Кучкарова Д., Абдуллаев Х. Азолла културасининг азотфиксация фаоллиги. *International Scientific and Technical conference Current issues of the power supply system, Tashkent, 25-26 November, 2021.* Pp. 486-488.

8. Азимов Ш. Хўжамшукуров Н., Турабджанов., Оқова сувларни тозалаш технологияларининг инсоният олдидаги аҳамияти. *Электр энергиясини ишлаб чиқариш, узатиш ва тақсимлаш ҳамда ундан оқилона фойдаланишнинг долзарб муаммолари/ Республика миқёсида илмий-техникавий анжуман илмий ишлар тўплами, 2020 йил - Тошкент, 24-26 б.*

9. Азимов Ш.Ш., Хужамшукуров Н., Кучкарова Д. Очистка хрома из сточных вод с помощью *Azolla caroliniana*. *Трешниковские чтения - 2022: Современная географическая картина мира и технологии географического образования: мат-лы. всерос. науч.- практ. конф. с междунар. участ. (14-15 апреля 2022, г. Ульяновск).* Ульяновск: ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова», 2022. – с. 8-9.

10. Azimov Sh.Sh. Analysis of the existing scheme for wastewater treatment of galvanic production. Cutting Edge-Science 2022 international science and practical conference. Shawnee, USA, 2022 – 79-82 pp.

Автореферат “Дурдона” нашриётида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус
ҳамда инглиз тилларида матнлар мослиги текширилди.

Босишга рухсат этилди: 19.07.2022 йил. Бичими 60x84 ¹/₁₆ , «Times New
Roman» гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табағи 2,7 Адади: 100 нусха. Буюртма №371.

Гувоҳнома АИ №178. 08.12.2010.
“Садриддин Салим Бухорий” МЧЖ босмаҳонасида чоп этилди.
Бухоро шаҳри, М.Иқбол кўчаси, 11-уй. Тел.: 65 221-26-45

