

М.А. Иманбаев¹, Н.В. Сидорова¹, Н.Ж.Демеукулова^{*2}

¹ «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті» КЕАҚ, Алматы қ-сы, Қазақстан, rho05@mail.ru sidorova3112@bk.ru

² «Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті» КЕАҚ, Алматы қ-сы, Қазақстан, nazykesh44@gmail.com*

ҚҰС ФАБРИКАЛАРЫНЫҢ АҒЫНДЫ СУЛАРЫН ХИМИЯЛЫҚ ФЛОТАЦИЯЛАУ ӘДІСІМЕН ТАЗARTU ПРОЦЕСТЕРІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Аңдатпа

Құс шаруашылығы ауқымының өсуі жағдайында құс фабрикаларында пайда болатын ағынды суларды тиімді тазартудың өзектілігі артып келеді. Бұл ағынды сулар органикалық және бейорганикалық ластаушы заттардың жоғары концентрациясымен ерекшеленеді, олардың ішінде майлар, тоқтатылған заттар, азот және фосфор қосылыстары, сондай-ақ дезинфекциялық заттардың қалдықтары бар [1]. Бұл мақалада ағынды суларды одан әрі өңдеу немесе қайта пайдалану алдында алдын ала тазарту үшін коагулянт (темір (III) хлориді) және флокулянт (Praestol 2540) қолданылатын химиялық флотация әдісін пайдалану қарастырылады.

Зертханалық сынақтар жүргізілді, оның барысында реагенттердің оңтайлы мөлшерлері анықталды: 300 г/м³ коагулянт және 5 г/м³ флокулянт. Нәтижелер технологияның жоғары тиімділігін көрсетті: суспензияланған заттардың концентрациясы – 96,64%-ға дейін, ОХТ және ОБТ₅ – 89%-ға дейін, фосфор – 96%-ға дейін, ал беттік белсенді заттар – 89%-ға дейін төмендеді.

Коагулянт мөлшерінің жоғарылауы әрдайым тазарту сапасының жақсаруына әкелмейтіні анықталды. Зертханалық сынақтар нәтижесінде реагенттердің оңтайлы дозалары айқындалды: коагулянт – 300 г/м³, флокулянт – 5 г/м³. Нәтижелер технологияның жоғары тиімділігін көрсетті: суспензияланған заттардың концентрациясы 96,64% - ға дейін, ОХТ және ОБТ₅ - 89%-ға дейін, фосфорды - 96% - ға дейін, ал беттік белсенді заттарды-89% - ға дейін төмендеген. Коагулянт мөлшерінің жоғарылауы әрдайым тазарту сапасының жақсаруына әкелмейтіні анықталды.

Техникалық аспектілермен қатар, тазартылған суды қайта пайдаланудың экономикалық тиімділігіне есеп жүргізілді. Зерттеу нәтижелері бойынша тәулігіне 400 м³ көлеміндегі техникалық суды қайталай пайдалану шамамен 88 000 теңге мөлшерінде күнделікті таза экономикалық тиімділікті қамтамасыз етеді, бұл айына 2,64 млн теңгеге тең. Химиялық флотацияны қолдану тек қана тиімді технологиялық шешім ретінде емес, сонымен қатар су тапшылығы тән Қазақстан өңірлерінде тұрақты су пайдалануды қамтамасыз етудің экономикалық тұрғыдан ұтымды тетігі ретінде бағаланады.

Кілт сөздер: Ағынды сулар, құс фабрикасы, химиялық флотация, коагулянттар, флокулянттар, тазарту, экономикалық тиімділік, суды қайта пайдалану.

Кіріспе

Қазіргі құс шаруашылығы агроөнеркәсіптік кешеннің ең қарқынды дамып келе жатқан салаларының бірі болып табылады, ол халықты сапалы ақуыз өнімдерімен қамтамасыз етеді. Алайда, өндіріс көлемінің өсуімен қатар қоршаған ортаға экологиялық жүктеме де артып отыр, ең алдымен, ағынды сулардың едәуір көлемде түзілуі есебінен. Құс фабрикаларының ағынды сулары күрделі әрі тұрақсыз құрамымен ерекшеленеді, оның ішінде: жоғары концентрациядағы қалқымалы заттар, органикалық қосылыстар, майлар, жем қалдықтары, дезинфекциялаушы және жуғыш құралдар, сондай-ақ азот пен фосфор қосылыстары бар.

Тиісті тазартусыз мұндай ағынды сулар су экожүйелеріне және қоршаған ортаның санитарлық жағдайына үлкен қауіп төндіреді.

Қолданыстағы биологиялық тазарту әдістері әрдайым ластаушы заттардың жоғары жүктемесіне төтеп бере бермейді [2], әсіресе бастапқы алдын ала тазарту сатысында. Осыған байланысты, биологиялық қосымша тазартуға дейінгі негізгі ластаушы заттардың басым бөлігін тиімді түрде жоя алатын физика-химиялық әдістерге қызығушылық артып келеді.

Перспективті әдістердің бірі — коагулянттар мен флокулянттарды енгізуге және кейіннен ластанған флокулаларды су бетінде түзілетін қабат арқылы кетіруге негізделген химиялық флотация [3]. Бұл әдіс тазарту тиімділігін едәуір арттыруға, төгілетін ағынды сулардың көлемін азайтуға және суды технологиялық үдерісте қайта пайдалануға мүмкіндік береді.

Әдістер мен материалдар

Зерттеу құс фабрикаларының ағынды суларын алдын ала тазарту үшін химиялық флотация әдісін қолданудың тиімділігін бағалау мақсатында жүргізілді. Зерттеу нысаны ретінде құрамы құс фабрикаларының нақты ағындарының сипаттамалық көрсеткіштеріне сәйкес келетін және органикалық заттардың, майлардың, тоқтатылған бөлшектердің, азот пен фосфор қосылыстарының жоғары концентрациясын, сондай-ақ жуғыш заттар мен дезинфекциялау құралдарының қалдық мөлшерін қамтитын модельдік ағынды сулар пайдаланылды.

Эксперименттік бөлім микрокеуекті диффузорлар арқылы ауамен қамтамасыз етілген зертханалық флотациялық қондырғыда орындалды. Процесс екі дәйекті кезеңде жүргізілді: суды реагенттермен 2-3 минут ішінде оларды біркелкі тарату үшін қарқынды араластыру, содан кейін флокулалардың пайда болуын және бетіне көтерілуін қамтамасыз ететін ауа беру және баяу араластыру арқылы флотация жүргізілді.

Эксперименттердің шарттары нақты тазарту қондырғыларының пайдалану көрсеткіштеріне сәйкес келді. Тазарту тиімділігін аналитикалық бағалау үшін ластаушы заттардың концентрациясын өңдеуге дейін және одан кейін өлшеу жүргізілді. Суспензиялық заттардың концентрациясы, оттегінің химиялық тұтынылуы (ОХТ), бес тәуліктегі оттегінің биохимиялық тұтынылуы (ОБТ₅), жалпы азот пен фосфордың, анионды және катионды беттік белсенді заттардың, жалпы темірдің құрамы, сондай-ақ минералдану, хлоридтер мен сульфаттар сияқты көрсеткіштер анықталды.

Нәтижелердің дұрыстығын қамтамасыз ету үшін заманауи аналитикалық кешен қолданылды. Зерттеуде қолданылған барлық реактивтер тиісті сертификаттауға және аналитикалық тазалыққа ие болды.

Техникалық бөлімнен басқа, зерттеу әдеттегі құс фабрикасы жағдайында химиялық флотация әдісін қолданудың экономикалық тиімділігін есептеуді қамтыды. Талдау үшін мынадай бастапқы деректер пайдаланылды: өңірдегі техникалық судың тарифі 1 м³ үшін орта есеппен 120 теңгені құрады; флотациялық тазартуға арналған шығындар (реагенттерді, электр энергиясын және қызмет көрсетуді қоса алғанда) 1 м³ үшін 200 теңге деңгейінде бағаланды; тазартылмаған сарқынды суларды төгу үшін экологиялық төлемдердің шамасы – 1 м³ үшін 300 теңге; ықтимал тазартылған суды қайта пайдалану көлемі тәулігіне 400 м³ құрады. Экономикалық тиімділік техникалық суды сатып алуға үнемдеу және тазарту шығындарын шегергендегі экологиялық төлемдердің азаюы есебінен анықталды.

Нәтижелер және талқылау

Зерттеу аясында құс фабрикаларының ағынды суларын алдын ала тазарту үшін химиялық флотация әдісін қолданудың тиімділігін бағалау мақсаты қойылды. Жұмыс әдістемесі ағынды сулардағы зертханалық сынақтарды да, өндірістің техникалық циклдарында тазартылған суды қайта пайдалану мүмкіндігін бағалай отырып, техникалық-экономикалық көрсеткіштерді есептеуді де қамтыды [7].

Химиялық флотацияның тиімділігін бағалау үшін құс фабрикаларының жағдайына тән ағынды суларда зертханалық сынақтар жүргізілді. Массалық концентрациясы 40 % болатын темір (III) хлориді коагуляциялық реагент ретінде пайдаланылды, ал 0,1 % концентрацияда

флокуляциялық агент – Praestol 2540 (SOLENIS). Реагенттердің әртүрлі мөлшерлері зерттелді: 300–500 г/м³ коагулянт және 4–7 г/м³ флокулянт.

Тазартуға дейінгі және кейінгі суды талдау мынадай көрсеткіштер бойынша жүргізілді: өлшенген заттар (мг/л) – гравиметриялық әдіспен; оттегінің химиялық тұтынуы (ОХТ, мг О₂/л) – дихроматометриялық әдіспен; 5 тәуліктегі оттегінің биохимиялық тұтынуы (ОБТ₅, мг О₂/л) – микробиологиялық белсенді ортамен инкубациялау әдісі бойынша; жалпы азот және жалпы фосфор (мг/л) – фотометриялық әдіспен; АББЗ және КББЗ (мг/л) – титриметриялық әдіспен; жалпы темір (мг/л) – спектрофотометриялық әдіспен; минералдану, хлоридтер мен сульфаттар – ионометриялық және титриметриялық әдістермен.

Әрбір өлшеу орташа арифметикалық мәндерді есептеу және стандартты ауытқуды анықтау арқылы үш рет қайталанды. Өлшеу қателігі ±5% - дан аспады.

Барлық эксперименттердегі судың температурасы 20-220С деңгейінде сақталды, бұл тазарту қондырғыларының нақты жұмыс жағдайына сәйкес келеді. РН мәндері 6,5-7,5 диапазонында, қажет болған жағдайда NaOH немесе HCl ерітінділерін қосу арқылы түзетілді.

Тәжірибе жүргізу үшін қолданылған заттар: микрокеукті диффузорлар арқылы ауамен қамтамасыз етілетін зертханалық флотациялық қондырғылар; қарқынды және баяу араластыруға арналған араластырғыштар; Nach DR 3900 фотометрі; РН, электр өткізгіштік және иондарды өлшеуге арналған Ні 5221 иономері; зертханалық таразылар, термостаттар, инкубаторлар және аналитикалық өлшеуге сертификатталған химиялық реактивтер жиынтығы.

Құс фабрикаларының ағынды сулары тоқтатылған заттардың (1000 мг/л дейін), ОБҚ (оттегінің биохимиялық қажеттілігі - 5000 мг/л дейін), майлардың, сондай-ақ азот пен фосфор қосылыстарының жоғары концентрациясымен сипатталады. Олардың құрамы тұрақсыз, сондықтан тазалау әдісін таңдау қиынға соғады. Ластану деңгейінің жоғары болуын және биологиялық немесе физика-химиялық кезеңдерге дейін алдын ала тазалау қажеттілігін ескере отырып, флотация әдісін қолдану ерекше өзекті болып табылады.

Химиялық флотация ағынды суға коагуляциялық және флокуляциялық реагенттерді енгізуге негізделген. Олар ауа көпіршіктерінің әсерінен бетіне көтерілетін ірі флокулалардың түзілуіне және ұсақ бөлшектердің агрегациясына ықпал етеді. Әдіс майлар мен майлы заттарды, оллоидты және қалқып жүрген бөлшектерді, сондай-ақ жартылай еріген органикалық заттарды жою үшін тиімді болып табылады [4, 5].

Флотацияның жоғары тиімділігіне қол жеткізу үшін мынадай реагенттер таңдалды: темір (III) хлориді (40%) коагулянты — 210–350 г/м³ (150–250 мл/м³) мөлшерінде; флокулянт Praestol 2540 (SOLENIS) 0,1% ерітіндісі — 4–7 г/м³ немесе 4–7 мл/м³ көлемінде.

Кесте 1 - Тазартудың физика-химиялық әдісінен кейін реагенттердің мөлшерлерімен ағынды тазартудың тиімділігі.

№	Көрсеткіштің атауы	Коагулянт 300г(215 мл) FeCl ₃ + 5 г флокулянт, (%)	Коагулянт 500г(355 мл) FeCl ₃ + 5 г флокулянт, (%)
1.	Өлшенген заттар	96,64	95,31
2.	ОХШ	89,67	70,46
3.	ОБТ ₅	89,84	70,88
4.	Жалпы азот	31,46	50,57
5.	Жалпы фосфор	96,29	88,53
6.	АББЗ	50,60	39,33
7.	КББЗ	89,28	84,68
8.	Жалпы темір	76,71	54,88
9.	Сульфаттар	65,43	63,83
10.	Минералдану	3,35	-10,05
11.	Хлоридтер	-53,85	-62,94



Сурет 1 – Тазартудың алдындағы ағынды су.



Сурет 2 – Тазартудан кейінгі ағынды су.

Тәжірибелер көрсеткендей, коагулянттың комбинациясы, содан кейін флокулянтты енгізу ағынды суларды ағарту дәрежесін 85-96% дейін арттырады.

Реагенттер қосылған химиялық флотация құс фабрикаларының ағынды суларын тазартудың тиімді және технологиялық негізделген әдісі болып табылады. Реагенттерді дұрыс таңдау, мөлшерлері мен процестің көрсеткіштерін оңтайландыру тазарту тиімділігін едәуір арттыруға, кейінгі кезеңдердегі жүктемені азайтуға және экологиялық зиянды азайтуға мүмкіндік береді [6,11].

Құс фабрикаларында химиялық флотацияны қолдану ағынды суларды тазарту дәрежесін арттырып қана қоймай, оларды қайта пайдалану арқылы айтарлықтай экономикалық тиімділікті қамтамасыз етеді. Бұл әсіресе су ресурстары шектеулі өңірлерде, мысалы, Қазақстанның оңтүстік өңірлерінде орналасқан кәсіпорындарға қатысты.

Құс фабрикаларында судың едәуір мөлшері үй-жайларды санитарлық өндеуге, жабдықты салқындатуға, дезинфекциялық ерітінділерді дайындауға және басқа да көмекші процестерге жұмсалады. Флотациялық өндеуден кейін алынған тазартылған суды қайта пайдалану тұтынылатын техникалық судың 40–50%-ын алмастыруға мүмкіндік береді. Бұл, өз кезегінде, кәсіпорынның суға жұмсалатын шығындарын едәуір төмендетіп, экологиялық төлемдердің азаюына ықпал етеді.

Құс фабрикасының ағынды суларын қайта пайдалануы бойынша экономикалық тиімділік есептелді.

Экономикалық тиімділіктің есебі.

1. Өңірдегі техникалық судың тарифі орта есеппен $C=120$ теңге/м³ құрайды.

2. Флотациялық тазартуға арналған шығындар (реагенттерді, электр энергиясын, қызмет көрсетуді қоса алғанда): $C_{\text{шығындар}} = 200$ теңге/м³.

3. Ластанған ағынды суларды төгу үшін экологиялық төлемдер $p = 300$ теңге/м³.

4. Техникалық циклде тазартылған судың пайдалануы $q = 400$ м³/тәулігіне.

Экономикалық әсер.

Су сатып алудың үнемі:

$$\mathcal{E} = c * q; \quad (1)$$

$$\mathcal{E} = 120 * 400 = 48\,000 \text{ тг/тәулігіне.}$$

Экологиялық төлемдердің азайуы:

$$C = p * q; \quad (2)$$

$$C = 300 * 400 = 120\,000 \text{ тг/тәулігіне.}$$

Тазалау шығындары:

$$\mathcal{I} = C_{\text{шығындар}} * q; \quad (3)$$

$$\mathcal{I} = 200 * 400 = 80\,000 \text{ тг/тәулігіне.}$$

Таза экономикалық әсер:

$$\mathcal{E}_T = (\mathcal{E} + C) - \mathcal{I}; \quad (4)$$

$$\mathcal{E}_T = (48\,000 + 120\,000) - 80\,000 = 88\,000 \text{ тг/тәулігіне немесе } 2\,640\,000 \text{ тг/айына.}$$

Кесте 2 - Тазартылған ағынды суларды қайта пайдаланудың экономикалық тиімділігі.

№ п/п	Көрсеткіш	Мәні (тг)
1.	Су сатып алу үнемі	48 000
2.	Экологиялық төлемдердің азайуы	120 000
3.	Тазалау шығындары	80 000
4.	Тәулігіне экономикалық таза әсері	88 000
5.	Айына экономикалық таза әсері (30 күн)	~2 640 000

Экономикалық тиімділікті арттыратын қосымша факторлар:

- ағызылатын ағынды сулар көлемінің азайуы және соның салдарынан су бұру және қоршаған ортаның ластануы үшін төлемдердің азайуы;

- ластаушы заттардың негізгі көлемін алдын ала жою есебінен кейінгі тазарту сатыларына (биологиялық, мембраналық) жүктеменің азайуы;

- айналымдағы судағы майлар мен ілінген заттардың құрамын төмендету есебінен құбыр және сорғы арматурасының қызмет ету мерзімін ұлғайту.

Жалпы алғанда, бұл шаралар экологиялық, экономикалық орындылықты ғана емес, сонымен қатар аймақтың тұрақты дамуының негізгі шарттарын орындауды қамтамасыз етеді [10].

Зерттеу нәтижелері реагенттердің оңтайлы мөлшерлері (300 г/м³ FeCl₃ және 5 г/м³ флокулянт) қолданылған жағдайда келесі тазалау көрсеткіштеріне қол жеткізуге болатынын көрсетті: тоқтатылған заттарды – 96,64%-ға дейін жою; ОБТ₅ пен ОХШ – 89,84% және 89,67%-ға дейін төмендету; жалпы фосфорды – 96,29%-ға дейін жою; беткі-белсенді заттарды (ББЗ) – 89,28%-ға дейін төмендету; жалпы темір құрамын – 76,71%-ға дейін азайту.

Коагулянт мөлшерін 500 г/м³-ке дейін арттыру қосымша тиімділікке қол жеткізбеді, керісінше кейбір көрсеткіштер бойынша тазарту сапасының төмендеуіне әкелді. Бұл жағдай реагенттердің оңтайлы арақатынасын дәл таңдаудың маңыздылығын айқындайды. Экономикалық талдау нәтижелері бойынша, ағынды суларды өңдеу көлемі тәулігіне 400 м³ болған жағдайда келесі үнемдеулерге қол жеткізіледі: техникалық су сатып алуда – тәулігіне 48 000 тг, экологиялық төлемдерді азайтуда – тәулігіне 120 000 тг. Тазалау шығындары тәулігіне 80 000 тг құрайды. Нәтижесінде таза экономикалық тиімділік тәулігіне 88 000 тг немесе айына шамамен 2,64 млн теңгені құрайды.

Қорытынды

Жүргізілген зертханалық зерттеулердің нәтижесінде темір (III) хлориді коагулянты мен praestol 2540 флокулянтын қолданатын химиялық флотация әдісі құс фабрикаларының

сарқынды суларын алдын ала тазартудың тиімді және технологиялық негізделген әдісі болып табылатыны анықталды.

Реагенттердің оңтайлы мөлшерін қолдану (300 г/м³ коагулянт және 5 г/м³ флокулянт) жоғары тазарту көрсеткіштеріне қол жеткізуге мүмкіндік береді: тоқтатылған заттарды – 96,64%-ға дейін жою, ОХШ мен ОБТ₅ деңгейін – 89%-ға дейін төмендету, жалпы фосфорды – 96%-ға дейін жою, сондай-ақ ББЗ мен жалпы темір концентрациясын айтарлықтай төмендету. **Нәтижелерді талдау коагулянт мөлшерін 500 г/м³-ке дейін арттыру қосымша тазарту тиімділігін** қамтамасыз етпейтінін, керісінше, жекелеген көрсеткіштер бойынша оның төмендеуіне әкелуі мүмкін екенін көрсетті. Бұл жағдай реагенттердің оңтайлы қатынасын дұрыс таңдаудың маңыздылығын дәлелдейді [9]. Химиялық флотация әдісі құс фабрикаларының ағынды суларына тән құрам өзгерістеріне тұрақтылық танытады және биологиялық немесе мембраналық тазартудың келесі сатыларымен тиімді үйлеседі.

Техникалық тиімділіктен бөлек, жүргізілген зерттеу технологияның экономикалық орындылығын да растады. Тәулігіне 400 м³ тазартылған суды қайта пайдалану жағдайында кәсіпорын үшін үнемдеу көлемі сумен жабдықтау шығындарының төмендеуі мен экологиялық төлемдердің азаюы есебінен айына 2,64 млн теңгеге дейін жетуі мүмкін. Бұдан бөлек, су бұру жүйелері мен тазарту құрылыстарына түсетін жүктеменің азаюы қосымша артықшылық болып табылады.

Химиялық флотация алдын ала тазартудың тиімді әдісі ғана емес, сонымен қатар агроөнеркәсіптік кешенде суды тұрақты пайдалануды қамтамасыз етудің маңызды құралы болып табылады. Бұл технология, әсіресе, су ресурстарын ұтымды пайдалану негізгі басымдыққа айналған Қазақстанның су тапшылығы бар өңірлері үшін ерекше өзекті. Құс фабрикаларында флотациялық қондырғыларды енгізу өндірістің экологиялық қауіпсіздігін арттыруға, су тұтынуды қысқартуға және кәсіпорындардың жалпы экономикалық тиімділігін жоғарылатуға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі

1. Streit, A. F. M., Grassi, P., Drumm, F. C., et al. (2023). Preparation of carbonaceous materials from flotation-sludge of the poultry industry and its application in the methylene blue adsorption. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 78139–78151. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27756-x>
2. El-Ghany, E. T. A., & Baker, R. M. (2020). Advanced technologies for poultry slaughterhouse wastewater treatment: A systematic review. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 42(6), 880–899. <https://doi.org/10.1080/01932691.2020.1721007>
3. Khemila, B., & Lafi, R. (2022). Numerical optimization of the physico-chemical process used in the treatment of real poultry slaughterhouse wastewater for water quality improvement. *International Journal of Environmental Research*, 16, Article 78. <https://doi.org/10.1007/s41742-022-00451-4>
4. К Meiramkulova, M. Userbayev, K. Aubakirova, K. Saiyabayev & B. Suleimenova. (2018). Electrochemical treatment of poultry industry wastewater. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(10), 1249–1257. <http://rep.enu.kz/handle/enu/16443>
5. Мейрамкулова, К. С., Аубакирова, К. М., & Сағындыков, У. З. (2018). Характеристика и состав сточных вод убойного цеха птицефабрик Акмолинской области. *Вестник ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, серия «Химия. География. Экология»*, № 4 (125). <https://rep.enu.kz/handle/enu/5172>
6. Mustari Khanaum, M. S. B. (2023). Electrocoagulation: An overview of the technology for livestock farm wastewater treatment. *Waste Technology*, 11(1), 1–16. <https://doi.org/10.14710/11.1.1-16>
7. Dlangamandla, C., Ntwampe, S., & Basitere, M. (2018). A bioflocculant-supported dissolved air flotation system for the removal of suspended solids, lipids and protein matter from poultry slaughterhouse wastewater. *Water Science & Technology*, 78(2), 452–458. <https://doi.org/10.2166/wst.2018.324>

8. Mbulawa, S. et al. (2018). Bio-delipidation of dissolved air flotation pre-treated poultry slaughterhouse wastewater. *Conference Proceedings*, 10th ASETH-18. <http://hdl.handle.net/11189/7178>
9. Ауланбергенов, А. А. et al. (2021). Сооружения физико-химической очистки сточных вод (включая флотацию) для отраслей животноводства. *Учебное пособие / Eikos-KZ*. <https://studylib.ru/doc/2272586/>
10. Иванов, П. В., & Смирнова, Т. Ю. (2019). Современные технологии очистки сточных вод птицефабрик. *Водные ресурсы и экология*, 8(3), 67–74. <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-tehnologii-ochistki-stochnyh-vod-ptitsefabrik>
11. Иманбаев М.А, Сидорова Н.В., Бiryukov А., Дзхуринская И.(2024). Комплексная очистка шахтных вод. *Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты*, 4(104), 290–297. <https://doi.org/10.37884/4-2024/30>

References

1. I. Streit, A. F. M., Grassi, P., Drumm, F. C., et al. (2023). Preparation of carbonaceous materials from flotation sludge of the poultry industry and its application in the methylene blue adsorption. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 78139–78151. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27756-x>
2. El-Ghany, E. T. A., & Baker, R. M. (2020). Advanced technologies for poultry slaughterhouse wastewater treatment: A systematic review. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 42(6), 880–899. <https://doi.org/10.1080/01932691.2020.1721007>
3. Khemila, B., & Lafi, R. (2022). Numerical optimization of the physico-chemical process used in the treatment of real poultry slaughterhouse wastewater for water quality improvement. *International Journal of Environmental Research*, 16, Article 78. <https://doi.org/10.1007/s41742-022-00451-4>
4. K Meiramkulova, M. Userbayev, K. Aubakirova, K. Saiyabayev & B. Suleimenova. (2018). Electrochemical treatment of poultry industry wastewater. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(10), 1249–1257. <http://rep.enu.kz/handle/enu/16443>
5. Mejramkulova, K. S., Aubakirova, K. M., & Sagyndykov, U. Z. (2018). KHarakteristika i sostav stochnykh vod ubojnogo tsekha ptitsefabrik Akmolinskoj oblasti. *Vestnik ENU im. L. N. Gumileva, seriya «KHimiya. Geografiya. EHkologiya»*, №4 (125). <https://rep.enu.kz/handle/enu/5172> [in Russian].
6. Mustari Khanaum, M. S. B. (2023). Electrocoagulation: An overview of the technology for livestock farm wastewater treatment. *Waste Technology*, 11(1), 1–16. <https://doi.org/10.14710/11.1.1-16>
7. Dlangamandla, C., Ntwampe, S., & Basitere, M. (2018). A bioflocculant-supported dissolved air flotation system for the removal of suspended solids, lipids and protein matter from poultry slaughterhouse wastewater. *Water Science & Technology*, 78(2), 452–458. <https://doi.org/10.2166/wst.2018.324>
8. Mbulawa, S. et al. (2018). Bio-delipidation of dissolved air flotation pre-treated poultry slaughterhouse wastewater. *Conference Proceedings*, 10th ASETH-18. <http://hdl.handle.net/11189/7178>
9. Aulanbergenov, A. A. et al. (2021). Sooruzheniya fiziko khimicheskoy ochistki stochnykh vod (vklyuchaya flotatsiyu) dlya otraslej zhivotnovodstva. *Uchebnoe posobie* <https://studylib.ru/doc/2272586/> [in Russian].
10. Ivanov, P. V., & Smirnova, T. YU. (2019). Sovremennye tekhnologii ochistki stochnykh vod ptitsefabrik. *Vodnye resursy i ehkologiya*, 8(3), 67–74. <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-tehnologii-ochistki-stochnyh-vod-ptitsefabrik>[in Russian].
11. Imanbaev M.A, Sidorova N.V., Biryukov A., Dzhurinskaya I.(2024). Kompleksnaya ochistka shakhtnykh vod. *Izdenister, nәtizheler – Issledovaniya, rezul'taty*, 4(104), 290–297. [in Russian].

М.А. Иманбаев¹, Н.В. Сидорова¹, Н.Ж. Демеукулова^{*2}

НАО «Казакский национальный исследовательский технический университет им.К.И. Сатпаева», г. Алматы, Республика Казахстан, pko05@mail.ru, sidorova3112@bk.ru

*НАО «Казакский национальный аграрный исследовательский университет», г. Алматы, Республика Казахстан, nazykesh44@gmail.com**

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ МЕТОДОМ ХИМИЧЕСКОЙ ФЛОТАЦИИ СТОЧНЫХ ВОД ПТИЦЕФАБРИК

Аннотация

В условиях роста масштабов птицеводства возрастает актуальность эффективной очистки сточных вод, образующихся на птицефабриках. Эти стоки характеризуются высокой концентрацией органических и неорганических загрязнителей: жиров, взвешенных веществ, соединений азота и фосфора, остатков дезинфицирующих средств [1]. В данной статье рассматривается применение метода химической флотации с использованием коагулянта (хлорида железа (III)) и флокулянта (Praestol 2540) для предварительной очистки сточных вод перед их дальнейшей переработкой или повторным использованием.

Проведены лабораторные испытания, в ходе которых определены оптимальные дозировки реагентов: 300 г/м³ коагулянта и 5 г/м³ флокулянта. Результаты показали высокую эффективность технологии: снижение концентрации взвешенных веществ до 96,64%, ХПК и БПК₅ - до 89%, фосфора - до 96%, а поверхностно-активных веществ - до 89%. Установлено, что увеличение дозы коагулянта не всегда приводит к улучшению качества очистки.

Кроме технических аспектов, был проведен расчет экономической эффективности повторного использования очищенной воды. При повторном использовании 400 м³/сутки технической воды достигается чистый экономический эффект около 88 000 тенге в сутки (2,64 млн тенге в месяц). Химическая флотация представляет собой не только эффективное технологическое решение, но и экономически выгодный инструмент устойчивого водопользования, особенно в вододефицитных регионах Казахстана.

Ключевые слова: Сточные воды, птицефабрика, химическая флотация, коагулянты, флокулянты, очистка, экономическая эффективность, повторное использование воды.

М.А. Imanbaev, N.V. Sidorova, N.Zh. Demeukulova^{*2}

NPJSC «K.I.Satbayev Kazakh National Research Technical University», Almaty, Kazakhstan, pko05@mail.ru, sidorova3112@bk.ru

NPC «Kazakh National Agrarian Research University», Almaty, Kazakhstan, nazykesh44@gmail.com

OPTIMIZATION OF THE TREATMENT PROCESSES BY CHEMICAL FLOTATION OF POULTRY FARM WASTEWATER

Abstract

In the context of the growing scale of poultry farming, the relevance of effective wastewater treatment generated at poultry farms is increasing. These drains are characterized by a high concentration of organic and inorganic pollutants: fats, suspended solids, nitrogen and phosphorus compounds, and residues of disinfectants [1]. This article discusses the application of a chemical flotation method using coagulant (ferric(III) chloride) and flocculant (Praestol 2540) for pretreatment of wastewater before further processing or reuse.

Laboratory tests were conducted to determine the optimal dosages of reagents: 300 g/m³ of coagulant and 5 g/m³ of flocculant. The results showed that the technology is highly effective, reducing the concentration of suspended solids by up to 96.64%, chemical oxygen demand and biological oxygen demand by up to 89%, phosphorus by up to 96%, and surface-active substances by up to 89%. It was also found that increasing the dose of coagulant does not always lead to improved treatment quality.

In addition to the technical aspects, the economic efficiency of the reuse of treated water was calculated. By reusing 400 m³/day of technical water, a net economic effect of approximately 88,000 tenge per day (2.64 million tenge per month) is achieved. Chemical flotation is not only an effective

technological solution, but also a cost-effective tool for sustainable water management, especially in water-scarce regions of Kazakhstan.

Keywords: Wastewater, poultry farm, chemical flotation, coagulants, flocculants, treatment, economic efficiency, and water reuse.

Авторлардың қосқан үлесі:

Иманбаев Марат Аширалыұлы: ағынды суларды физикалық-химиялық тазартудың әдістемелік тәсілдерін әзірледі, жұмыстың орындалу барысын ұйымдастырды және үйлестірді. Кіріспе мен қорытындыларды қоса алғанда, мақаланың негізгі мәтінін дайындады. Сидорова Наталья Васильевна: эксперименттік деректерді өңдеді және жүйеледі, нәтижелердің қайталануын тексерді және өлшеу сапасын бақылады, мәтінді өңдеуге, деректерді тексеруге және нәтижелерді үйлестіруге қатысты

.Демеукулова Назыкеш Женисовна: экономикалық деректерді талдады, тазарту тиімділігін есептеді, кестелер мен иллюстрацияларды дайындады, аналитикалық деректер мен есептеулерді тексерді, нормативтік құжаттар мен әдеби көздерге қолжетімділікті ұйымдастырды, сілтеме және әдеби шолу жасады.

ГТАХР 68.01.11

DOI <https://doi.org/10.37884/3-2025/48>

Б.Б. Арынов*¹, Б.А. Кентбаева¹, В.П. Бессчетнов³ Р.Е. Қапарбай²,
Ш. Қапар¹, М.К. Шыныбеков¹

¹Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан,
aryn.bauyrzhan@gmail.com, kentbayeva@mail.ru, kapar.sh@kaznaru.edu.kz,
murat.shynybekov@mail.ru

²«Көлсай көлдері» мемлекеттік ұлттық табиғи паркі, Саты, Қазақстан,
raushan.kaparbay@mail.ru

³Нижний Новгород мемлекеттік агротехнологиялық университеті,
Нижний Новгород қ., Ресей, lesfak@bk.ru

«КӨЛСАЙ КӨЛДЕРІ» ҰЛТТЫҚ ПАРКІНДЕ ӨСЕТІН *HIPPORHAE RHAMNOIDES* ӨСІМДІГІНІҢ ПИГМЕНТТІК ҚҰРАМЫНЫҢ ЖЫНЫСТЫҚ ЖӘНЕ МОРФОФИЗИОЛОГИЯЛЫҚ АСПЕКТІЛЕРІ

Аңдатпа

Hipporhæ rhamnoides L. (шырғанақ) — Elaeagnaceae тұқымдасына жататын, Қазақстан аумағында кең таралған реликті және жоғары бейімделгіштік қасиеттерге ие өсімдік түрі. Ол негізінен тау бөктерлерінде, өзен аңғарларында, жартасты беткейлерде және өзен-көл маңдарында кездеседі. Бұл зерттеуде мемлекеттік ұлттық табиғи парк аумағындағы әртүрлі тау учаскелерінде өсетін *Hipporhæ rhamnoides* жапырақтарындағы хлорофилл-*a* және хлорофилл-*b* пигменттерінің мөлшері анықталып, олардың жыныстық ерекшеліктеріне байланысты өзгерістері қарастырылды. Өсімдіктің аталық және аналық дарақтарындағы пигмент мөлшерінің айырмашылықтары көрсетіліп, жеке даралар арасындағы көрсеткіштердің вариация деңгейі зерттелді. Аталық дарақтардың жапырақтарында хлорофилл-*a* және хлорофилл-*b* мөлшері жоғары әрі тұрақты болып, аналық дарақтарда бұл көрсеткіштің сәл төмен және ауытқымалы болатыны анықталды. Әр түрлі учаскелерде тіркелген пигмент мөлшерінің шамалас деңгейде болуы шырғанақтың тау экожүйелерінің жағдайына жақсы бейімделетінін дәлелдейді. Хлорофилл-*a* мен хлорофилл-*b* мөлшерінің бірдей деңгейде сақталуы өсімдіктің фотосинтетикалық аппаратының үйлесімді жұмыс істейтінін және жарықты сіңіру мен энергияға айналдыру процестерінің тиімді жүретінін