



МРНТИ 70.25.17

*Н.Е. Айкенова, Ш.А. Карасаева

К.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан
Автор для корреспонденции: tworpx99@mail.ru

Мұнайөңдеу өндірісіндегі ағынды суларды фенолдардан тазарту

Аңдатпа. Мақалада өнеркәсіптік ағынды суларды мұнай өңдеу, мұнай-химия және химия салаларын өндіріс қалдықтарымен фенолдардан тазарту перспективалары қарастырылған. Ағынды суларды фенолдардан модификацияланған карбонатты шламмен тазартудың технологиялық схемасы қарастырылған. Ағынды суларды тазарту технологияларында энергетикадағы үлкен тонналы қалдықты – карбонатты шламды қолдану ұсынылады. Жұмыста карбонатты шламды түйіршіктеу технологиясы қарастырылған, оның технологиялық сипаттамасы зерттелген. Адсорбциялық сипаттамасын бағалау үшін адсорбция изотермасы және кинетикалық қисығы тұрғызылды. «Ақтөбе мұнайөңдеу» ЖШС мысалында ағынды суларды тазарту технологиялық схемасы ұсынылған.

Түйін сөздер: адсорбция, адсорбент, ағынды сулар, фенолдар, карбонатты шлам, ағынды суларды тазарту.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2023-143-2-52-59>

Кіріспе. Бүгінгі таңда әлемдік экономика дамуының маңызды факторы адам өмірінің барлық салаларында өз қолданысын тапқан мұнай мен ілеспе газдардан алынатын өнімдер болып табылады. «Қара алтынды» алу және өңдеу, сондай-ақ мұнай химиясын дамыту біздің еліміз үшін экономика негіздерінің біріне айналды. Алайда, мұнайөндіру нәтижесінде қоршаған ортада қалдықтардың шығарылуы және одан әрі жинақталуы орын алады.

Көптеген мұнай объектілерінің өндірістік құрамдас бөлігінде технологиялық процестердің адам ағзасына теріс әсерінің ерекшеліктері белгілі және негізінен мұнай өнімдерінің әртүрлі авариялық жағдайлары мен төгілуімен байланысты [1].

Өнеркәсіптік кешеннің қазіргі даму қарқыны ағынды сулардың едәуір көлемінің пайда болуымен байланысты. Химия, мұнай-химия, мұнай өңдеу өнеркәсібі кәсіпорындарының ағынды суларында органикалық ластаушы заттардың, оның ішінде ароматты органикалық заттардың тұтас кешені бар. Мұндай ароматты органикалық қосылыстарға фенол жатады. Фенолдар өте улы химиялық зат. Заңмен бекітілген санитарлық-гигиеналық нормалар фенолдардың судағы шекті рұқсат етілген концентрациясын (ШРК) 0,001 мг/дм³ құрайды [2,3,4].

Сонымен қатар, мұнай өндіруге және өңдеуге қатысы жоқ, бірақ басқа жолмен мұнай өнімдерін пайдаланатын көптеген кәсіпорындар белгілі дәрежеде топырақты, суды және

атмосфераны ластайды [5]. Мысалы, «2010 жылы Шығыс Қазақстан облысының статистика департаменті ШҚО аумағының атмосферасына шамамен 10944 тонна формальдегид және 10351 тонна фенол шығарындарының түскенін хабарлайды. Облыс бойынша фенол мен формальдегид шығарындыларының шамамен 90 пайызы минералды жүн бұйымдары мен ағаш талшықты тақталар шығаратын кәсіпорындарға тиесілі» [6]. Бұл ретте, Қазақстан Республикасының Өскемен қаласында фенолмен ластанудың ең көп шоғырлануы өнеркәсіп алаңында байқалды, ең аз – қаланың орталық аудандарында байқалады.

Көмір шайырынан бөлінетін, сондай-ақ ароматты көмірсутектердің тотығуымен алынатын фенолдар адам ағзасы үшін улы заттар болып табылады және өнеркәсіптік өндіріс пен тұтыну қалдықтарының қауіптілігінің II класына жатады. Олардың уытты әсері гидрофобты әсерлерден және феноксильді радикалдардың одан әрі қалыптасуынан болады.

Өндірістік ортада фенолдың адам ағзасына әсері оның буларын деммен жұту немесе ерітіндінің өзі терімен жанасу арқылы жүзеге асырылады. Бұл химиялық күйіктерді, тыныс алу жолдары мен көздің шырышты қабығын қатты тітіркендіреді, сонымен қатар жүйке жүйесінің бұзылуына әкеледі.

Фенолдардың уыттылық механизмі ақуыз молекулаларының құрылымының өзгеруімен және дене жасушаларының жұмысының бұзылуымен көрсетеді.

Бұл мәселенің өзектілігі фенолды және оның туындыларын өнеркәсіпте қолданудың кең спектрімен байланысты. Бүгінгі таңда фенол қосылыстары фенол-формальдегидті шайырлар, пластмассалар, бояғыштар, пестицидтер, синтетикалық талшықтар мен жарылғыш заттар өндірісінде қолданылады.

Мұнай өндіру, коксохимиялық зауыттар, сондай-ақ мұнай және көмір өңдеу өнеркәсібінің ірі кешендері әлі күнге дейін атмосферадағы фенолды байытқыштардың белсенді көзі болып табылады.

Фенолдың қауіптілігі – бұл қоршаған ортаны ластаудың басқа көздерінен аз байқалады, дегенмен ересек адам үшін фенолдың өлім дозасы 1-ден 10 граммға дейін екендігі белгілі. Мысалы, 2016 жылы атмосфералық ауаның жоғары және жоғары ластану мәні бар Қазақстанның 17 елді мекенінің арасында мұнай өндіретін бірде-бір елді мекен жоқ [6-9]. Сонымен қатар, Қазгидрометтің 2016 жылғы деректері бойынша фенолдық қосылыстар шығарындыларынан неғұрлым зардап шегушілер Алматы және Өскемен қалалары болып табылады, бірақ тіпті мұнда да олар басқа зиянды заттармен салыстырғанда пайыздық қатынаста жасырылған [10]. Фенолдың қысқа сақтау мерзімін (6 ай), сондай-ақ оның өнімдерін кәдеге жарату кезінде қайта өңдеуге арналған фенол мен фенол ерітінділері қайтадан алынатынын ескере отырып, мәселе тұйық шеңбер түрінде болады [10].

Мұнай-химия және мұнай өңдеу кәсіпорындары табиғи суды едәуір көлемде тұтынады. Су ерітінділерді дайындау, өнімді өндіру, қыздыру және салқындату, технологиялық жабдықты жуу үшін қажетті технологиялық операциялар үшін қолданылады. Бұл кәсіпорындардың ағынды суларында суда еріген органикалық заттардың, соның ішінде мұнай өнімдері мен фенолдардың кең спектрі бар. Кәсіпорындарда ағынды суларды тазарту болмаған жағдайда қоршаған ортаға антропогендік жүктеме едәуір артады, бұл кәсіпорынның өнеркәсіптік қызметінің сипатына байланысты.

Ағынды суларды тазартудың әртүрлі әдістері бар. Басқа тазарту әдістеріне қарағанда бірқатар артықшылықтар адсорбцияға ие. Өнеркәсіптік өндірілген сорбциялық материалдар жоғары құнмен сипатталады. Сондықтан, өндіріс қалдықтарына негізделген арзан тиімді сорбциялық материалдарды әзірлеу үлкен практикалық және ғылыми маңызға ие [11-12].

Жұмыстың мақсаты – техникалық және технологиялық шешімдер арқылы мұнайөңдеу зауыттарының ағынды суларын тазарту. Қойылған мақсаттарға жету үшін ағынды суларды тазартуға арналған карбонатты шламның қасиеттерін, адсорбциялық сыйымдылығын, адсорбциялау кинетикасын зерттеу; алынған нәтижелер бойынша ағынды суларды тазарту технологиялық схемасын ұсыну қажет.

Материалдар мен тәсілдер. Жұмыста шикі суды алдын ала тазарту сатысында әктеу және коагуляция кезінде пайда болатын энергетиканың көп тонналы қалдықтарымен - химиялық су дайындау шламымен (ХСШ) «Ақтөбе мұнайөңдеу» ЖШС құрамында мұнайы бар ағынды суларды тазартудың адсорбциялық технологиясы ұсынылады.

Зерттеу әдістері адсорбция теориясына, процестің кинетика теориясының ережелеріне негізделген. Ведомстволық экологиялық бақылауда ұсынылған титриметриялық, гравиметриялық, хроматографиялық, фотоколориметриялық талдау әдістері қолданылды. Барлық талдаулар ГОСТ және СанПиН сәйкес жүргізілді.

Нәтижелері мен талқылау.

Ағынды суларды фенолдардан ХСШ шламы негізінде жасалған сорбциялық материалмен тазарту мүмкіндігі қарастырылды. Сорбциялық материал келесі технологиялық сипаттамаларға ие:

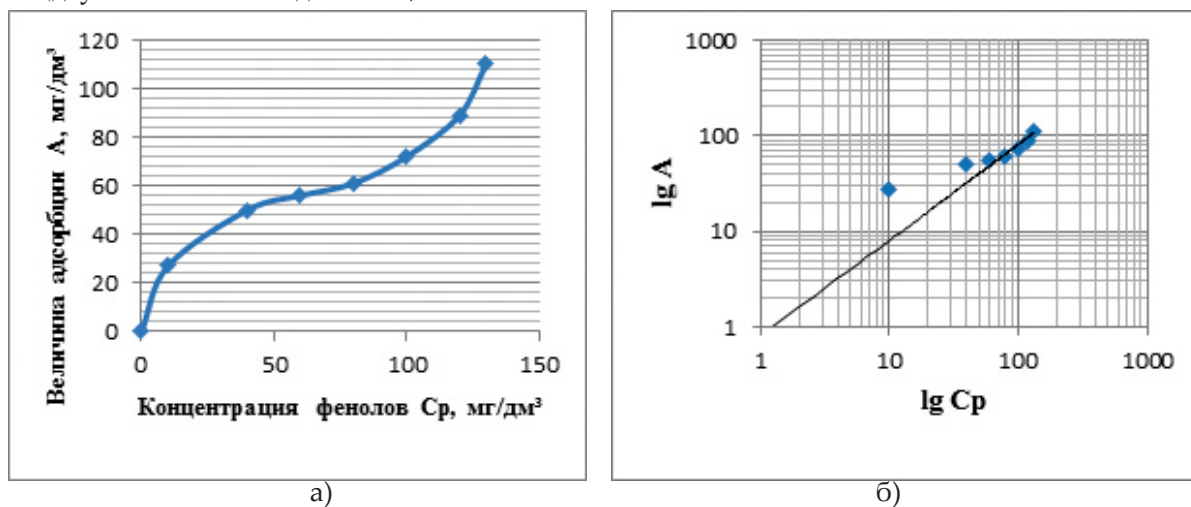
Кесте 1.

Шлам түйіршіктерінің технологиялық сипаттамалары

№	Сипаттамасы	Мәні
1	Бөлшектердің мөлшері, мм	0,5-2,5
2	Үйілмелі тығыздық, рн, кг / м ³	670
3	Ылғалдылық, %	2,5
4	Меншікті беті, м ² / г	64,9
5	Жиынтық көлемі, см ³ / г	0,84
6	Су сіңіру, %	1,2
7	Йод бойынша адсорбциялық сыйымдылық, %	7
8	Көк метилен бойынша адсорбциялық сыйымдылық, %	20

Химиялық су дайындау шламы негізінде дайындалған адсорбентпен ағынды суларды адсорбциялаудың принципті мүмкіндігі қарастырылды.

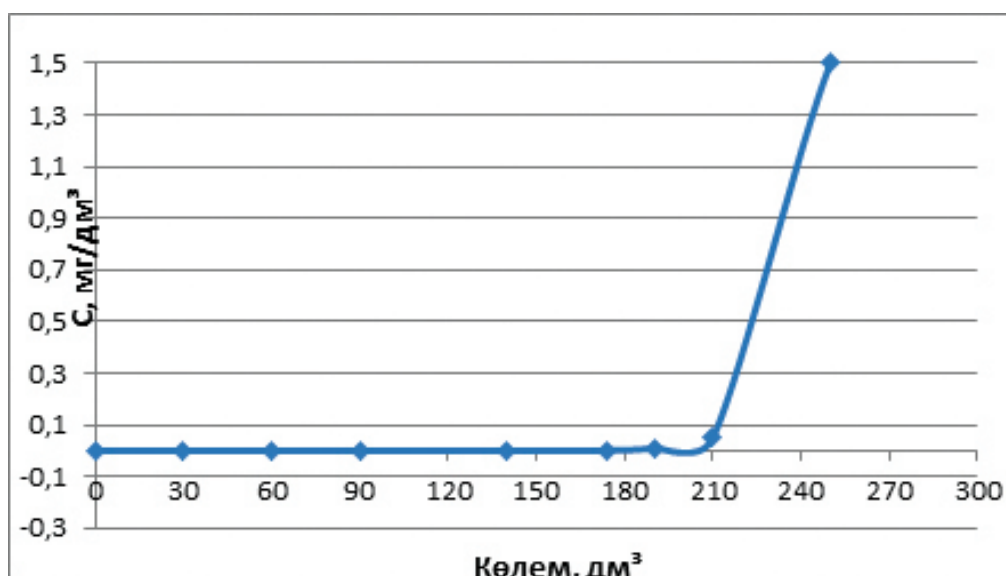
Шлам түйіршіктерінің сорбциялық қабілетін анықтау үшін фенолға қатысты адсорбция изотермасы салынды. Салынған адсорбция изотермасы Брунауэр, Деминг, Деминг және Теллер (БДДТ) классификациясы бойынша V типке жатады, изотерманың S-типі әдетте микро және мезопоралардың қатысуымен кездеседі және Фрейндлих теңдеуімен сипатталады: $A = 0, 28C^{0,75}$.



Сур. 2. Фенол бойынша түйіршіктелген шлам адсорбциясының изотермасы (а) және оның логарифмдік координаттардағы түрі (б)

Адсорбциялық тепе-теңдікке жету уақытын анықтау үшін фенол концентрациясы бар ($C_{\text{баст}} = 100 \text{ мг/дм}^3$) модельдік ерітінділерден алынған материал түйіршіктерімен фенолды адсорбциялау процесінің кинетикасы зерттелді. Түйіршіктердің модельдік ерітіндімен байланысу уақыты 0,33; 0,66; 1; 2; 4; 5; 7 сағат [11]. Адсорбциялық тепе-теңдік адсорбенттің адсорбатпен 3 сағаттық байланысынан кейін пайда болатындығы анықталды.

Түйіршіктелген шламның сорбциялық қасиетін анықтау үшін динамикалық жағдайда органикалық қоспалардың адсорбция қисығы құрылған [13-15]. Фенолды адсорбциялау процесі диаметрі 2,5 см сүзгі шыны баған болып табылатын зертханалық қондырғыда түйіршіктелген шлам (0,5-2,5 мм фракция) көмегімен зерттелді. Модельдік ерітіндідегі фенол концентрациясы $1,5 \text{ мг/дм}^3$, Ағынды суларды тазарту жүйесіндегі адсорбциялық сүзгіге кірудің орташа мәні болып табылады. Жүктеу қабатының биіктігі – 20 см, массасы – 54,38 г, сүзу жылдамдығы-3,5 м/сағ. Бос өту $0,001 \text{ мг/дм}^3$ концентрациясында тіркеледі. 3-суретте динамикалық жағдайда фенолдың адсорбциясының шығыс қисығы көрсетілген. Эксперимент барысында түйіршіктелген шламның динамикалық сорбциялық сыйымдылық (ДСС), толық сорбциялық сыйымдылық (ТСС) анықталды. Нәтиже 2-кестеде келтірілген.



Сурет 3. Динамикалық жағдайда карбонатты шламмен фенолды адсорбциялау кинетикасы

Кесте 2.

Түйіршіктелген шламның динамикалық сорбциялық сыйымдылықтың және толық сорбциялық сыйымдылықтың мәні

Мг/г көрсеткіші	Мәні	Өткізілген су көлемі, дм³
ДСС	4,8	174,5
ТСС	6,9	250,4

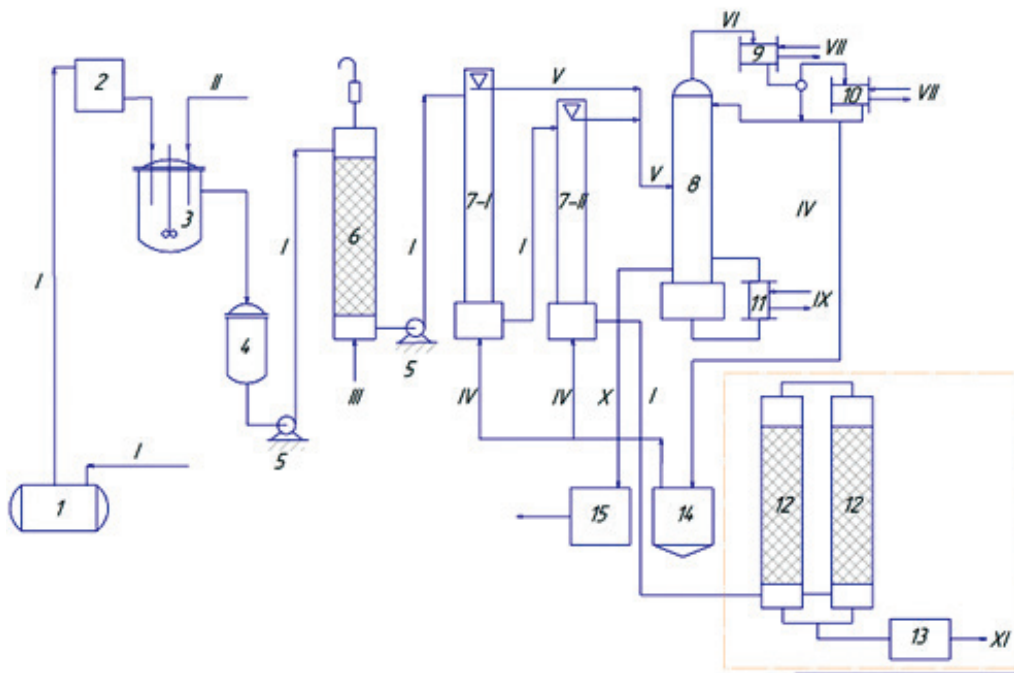
Шилов теңдеуі бойынша [14-15] Түйіршіктелген шламның қабатының қорғаныс әсерінің уақыты мен К коэффициенті есептеледі: $\tau = 95,2 \text{ сағ}$; $K = 612,6 \text{ сағ/м}$.

«Ақтөбе мұнайөңдеу» ЖШС ағынды суларды тазарту жүйесінде химиялық су дайындау шламын қолдану ұсынылды. Фенолдардан ағынды суларды тазарту жүйесінде ағынды суларды адсорбциялық тазартудың технологиялық схемасы қолданылады. «Ақтөбе мұнайөңдеу» ЖШС тазарту құрылыстарында ағынды суларды тазарту бес кезеңді тазарту қондырғысы ұсынылады:

- 1) күкірт қышқылымен қышқылдандыру;
- 2) абгаздарды адсорбциялық тазарту;
- 3) ацетофенонмен экстракциялау;
- 4) экстрагенттің регенерациясы;
- 5) адсорбциялық тазалау.

Техникалық-экономикалық көрсеткіштерді есептеу үшін «Ақтөбе мұнайөңдеу» ЖШС сарқынды суларды тазарту жүйесінде сорбент ретінде түйіршіктелген шлам қолдану ұсынылды.

«Ақтөбе мұнайөңдеу» ЖШС сарқынды суларын мұнай өнімдері мен фенолдардан тазарту үшін 4-суретте көрсетілген мынадай қағидатты технологиялық схема (өнімділігі тәулігіне 120 м³) ұсынылады.



Сурет 4. «Ақтөбе мұнайөңдеу» ЖШС ағынды суларын фенолсыздандырудың принципіалды технологиялық схемасы

1–ағынды сулардың резервуары; 2–қысымды бак; 3–ағынды суларды қышқылдандыру резервуары (ҚР); 4–резервуар-орташаландырғыш; 5–насос; 6–адсорбциялық колонна; 7-I және 7-II – экстракциялық колонналар; 8 – ректификациялық колонналар; 9–дефлегматор; 10–конденсатор; 11–қайнатушы; 12–адсорбциялық колонна; 13–тоңазытқыш; 14–эфирге арналған бак; 15–фенолға арналған бак; I–фенолды ағынды су; II–күкірт қышқылы; III–абгаздар; IV–экстрагент (эфир); V–экстракт; VI–экстрагент (эфир) буы; VII–салқындатқыш су; VIII–салқындатылған экстрагент; IX–бу; X–фенол; XI – кәрізге ағызу.

Еріген түрінде ағынды сулардың құрамында фенол қосылыстары да, ацетон да болады. Жергілікті тазартуға құрамында 30 г/л дейін фенол және фенол қосылыстарынан тазарту үшін 4 суреттегі принципіалды технологиялық схема ұсынылады. Тазарту экстракция реакциясы арқылы жүзеге асырылады, онда фенол мен фенол қосылыстары ацетофенонмен, кейбір жағдайларда диизопропилэфірімен экстракциялайды. ҚР 3 резервуарда рН=1 күкірт қышқылымен қышқылданады және одан әрі экстракцияға жіберіледі. 4 орташаландырғыш резервуар арқылы адсорбциялық суару колоннасына абгаздармен түзілген ұшпазаттардың адсорбциясына түседі. Фенолды және фенол

қосылыстарын экстракциялау үзік берумен берілетін экстрагенттің қатысуымен 7 пульсациялық-экстракциялық колонналарда жүргізіледі (минутына 75 пульсация). Ағынды сулардан фенолдар диизопропилэфирінің көмегімен экстракциялайды, экстракция тиімділігі 99,3% және ацетофенонмен тазарту тиімділігі 99,6%, эфир: ағынды сулар қатынасы -1:3.

Фенол қосылыстарынан ағынды суларды ректификациялау арқылы жоғарыда аталған экстрагентті қалпына келтіру үшін жүзеге асырылады. Экстрагентті 8 саптамалары бар колоннада ректификациялайды, оның флегм саны 0,5-1, фенолдағы қалдық экстрагенттің мөлшері 30-дан 1 мг/л-ге дейін жетеді. Процесс 68-69°C температурасында колоннадан эфир буы 9 дефлегматорына және 10 бу конденсаторынан экстрагентті жинау резервуарына жеткізіледі; эфир 14 эфир резервуарына жиналады және экстракцияға қайта оралады. Процестің айналым жүйесінде осы жүйеде айналымдағы бастапқы фенолдың шығыны $\approx 1\%$ құрайды. Фенолға арналған 15 резервуарға регенерацияланған (пайдаланылған) фенол жіберіледі және қайтадан өндіріске қайтарылады. Фенолдан тазартылған кейін ағынды сулар 12 адсорбциялық колоннада карбонатты шлам түйіршіктерімен тазартылады, 13 тоңазытқыш қондырғысында салқындатылады және кәріз желілеріне жіберіледі.

Осылайша, ұсынылған жұмыста түйіршіктелген шламды пайдалана отырып, құрамында фенол бар ағынды суларды адсорбциялық тазарту бойынша эксперименттік зерттеулер жүргізілді. «Ақтөбе мұнайөңдеу» ЖШС ағынды суларын тазартудың технологиялық схемасы ұсынылды. Карбонатты шлам түйіршектерімен адсорбциялық колоннада тазарту тиімділігі $> 90\%$.

Әдебиеттер тізімі

1. Nikolaeva L.A., Aikenova N.E. Adsorption purification of phenol-containing wastewater from oil refineries. *Theoretical and Applied Ecology*. – 2020. – V.4.- P. 136-142
2. Sun X., Wang C., Li Y., Wang W., We J. Treatment Of Phenolic Wastewater By Combined Uf And Nf/Ro Processes. *Desalination*. -2015- №355- P.68-74.
3. Petkovic S.D., Adnadjevic B.K., Jovanovic J.D. A Novel Advanced Technology for Removal of Phenol from Wastewaters in a Ventury Thermal Science. – 2019. – V.23. – Т. 5. – P. 1935-1942
4. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. URL: <http://www.dioxin.ru/doc/gn2.1.5.1315-03.htm> (Дата обращения: 01.08.2019)
5. Нурпеисова А.А., Юнусова Г.Б. Обзор проблемы загрязнения почвы нефтью и нефтепродуктами URL: http://ksu.edu.kz/files/nauka/3I/2017/1nomer/nurpeisova_stat_ya_1_ispr_liter.pdf (өтінім берілген күні 10.03.2023)
6. Данилевский Д. Откуда в атмосфере фенол и формальдегид? URL: <http://flashpress.kz/blog/flash/1136.html> (өтінім берілген күні 10.03.2023)
7. Приказ и.о. министра охраны окружающей среды Республики Казахстан от 2 августа 2007 года N 244-п.
8. Брацук А.А., Есимова А.Т., Игнатович И.А. Анализ статистики вредных выбросов в атмосферный воздух // Молодой ученый. – 2017. – №50. – С. 129-130.
9. 10 городов Казахстана с повышенным уровнем загрязнения. URL: https://tengrinews.kz/kazakhstan_news/10-gorodov-kazahstana-s-povyishennyim-urovnm-zagryazneniya-337521/ (өтініш берілген күні 10.03.2023)
10. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан. Министерство энергетики РК, РПП Казгидромет, Департамент экологического мониторинга –2016. –№9 (203). -С.172
11. Nikolaeva L.A. Treatment of a TPP's Water from Oil Products with Hydrophobic Carbonate Sludge. *Thermal Engineering*. – 2020.- V.67(10) – P. 751-755
12. Franz M., Arafat H.A., Pinto N.G. Effect of chemical surface heterogeneity on the adsorption mechanism of dissolved aromatics on activated carbon. *Carbon*. -2000.- №38- С. 1807-1819.
13. Шумяцкий Ю.И. Адсорбционные процессы: учебное пособие. – М.: Изд-во РХТУ им. Менделеева, 2005. – 164 с.

14. Лаптев А.Г. Модели пограничного слоя и расчет тепломассообменных процессов / А.Г. Лаптев. – Казань : Изд-во Казанского ун-та, 2007. – 500 с.

15. Ларин Б.М. Основы математического моделирования химико-техно-логических процессов обработки теплоносителя на ТЭС и АЭС. – М.: МЭИ, 2000. – 310 с.

Н.Е. Айкенова, Ш.А. Карасаева

Актюбинский региональный университет им.К.Жубанова, Актюбе, Казахстан

Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих предприятий от фенолов

Аннотация. В статье рассмотрены перспективы очистки промышленных сточных вод от фенолов нефтеперерабатывающей, нефтехимической и химической промышленности отходами производства. Приведена технологическая схема очистки сточных вод от фенолов модифицированным карбонатным шламом. В технологиях очистки сточных вод предлагается использовать многотоннажный отход энергетики - карбонатный шлам. В работе рассмотрена технология грануляции карбонатного шлама, изучены его технологические характеристики. Для оценки характеристик адсорбции построены изотерма адсорбции и кинетическая кривая. Технологическая схема очистки сточных вод представлена на примере ТОО «Актюбе нефтепереработка».

Ключевые слова: адсорбция, адсорбент, сточные воды, фенолы, карбонатный шлам, доочистка сточных вод.

N.Y. Aikenova, Sh.A. Karassayeva

Aktobe Regional University named after K.Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan

Purification of wastewater from oil refineries from phenols

Abstract. The article discusses the prospects for the purification of industrial wastewater from phenols in the oil refining, petrochemical and chemical industries with production waste. The technological scheme of wastewater treatment from phenols by modified carbonate sludge is given. In wastewater treatment technologies, it is proposed to use a large-tonnage energy waste – carbonate sludge. The paper considers the technology of carbonate sludge granulation, its technological characteristics are studied. To evaluate the characteristics of adsorption, an adsorption isotherm and a kinetic curve were plotted. The technological scheme of wastewater treatment is presented on the example of Aktobe Oil Refining LLP.

Keywords: adsorption, adsorbent, wastewater, phenols, carbonate sludge, post-treatment of wastewater.

References

1. Nikolaeva L.A., Aikenova N.E. Adsorption purification of phenol-containing wastewater from oil refineries. *Theoretical and Applied Ecology*, 4, 136-142 (2020) [in Russian]

2. Sun X., Wang C., Li Y., Wang W., We J. Treatment Of Phenolic Wastewater By Combined Uf And Nf/Ro Processes. *Desalination*, 355, 68–74(2015).

3. Petkovic S.D., Adnadjevic B.K., Jovanovic J.D. A Novel Advanced Technology for Removal of Phenol from Wastewaters in a Ventury Thermal Science, 23(5), 1935-1942 (2019)

4. GN 2.1.5.1315-03. Predel'no dopustimy'e koncentraczii (PDK) khimicheskikh veshhestv v vode vodny'kh ob'ektov khozyajstvenno-pit'evogo i kul'turno-by'tovogo vodopol'zovaniya [Maximum Permissible Concentrations (MPC) of Chemical Substances in the Water of Water Bodies of Household and Drinking and Cultural and Community Water Use]. Available at: <http://www.dioxin.ru/doc/gn2.1.5.1315-03.htm> (accessed 01.08.2019) [in Russian]

5. Nurpeissova A.A., Yunussova G.B. Obzor problemy` zagryazneniya pochvy` nef'tyu i nefteproduktami [Review of the problem of soil pollution with oil and oil products] Available at: http://ksu.edu.kz/files/nauka/3I/2017/1nomer/nurpeissova_stat_ya_1_ispr_liter.pdf (accessed 10.03.2023) [in Russian]

6. Danilevskij D. Otkuda v atmosfere fenol i formal'degid? [Where did phenol and formaldehyde come from in the atmosphere?] Available at: <http://flashpress.kz/blog/flash/1136.html> [in Russian]
7. Prikaz i.o. Ministra okhrany` okruzhayushhej sredy` Respubliki Kazakhstan ot 2 avgusta 2007 goda N 244-p [Order of the acting Minister of Environmental Protection of the Republic of Kazakhstan dated August 2, 2007 N 244-p]. [in Russian]
8. Braczuk A.A., Esimova A.T., Ignatovich I.A. Analiz statistiki vredny`kh vy`brosov v atmosfery`j vozdukh [Analysis of the statistics of harmful emissions into the atmospheric air], Molodoj ucheny`j [Young Researcher], 50, 129-130 (2017). [in Russian]
9. 10 gorodov Kazakhstana s povy`shenny`m urovnem zagryazneniya [10 cities of Kazakhstan with high levels of pollution]. Available at: https://tengrinews.kz/kazakhstan_news/10-gorodov-kazakhstana-s-povyishennyim-urovnem-zagryazneniya-337521/ (accessed: 10.03.2023) [in Russian]
10. Informacionny`j byulleten` o sostoyanii okruzhayushhej sredy` Respubliki Kazakhstan [Information bulletin on the state of the environment of the Republic of Kazakhstan]. Ministerstvo e`nergetiki RK, RGP Kazgidromet, Departament e`kologicheskogo monitoringa. 9 (203), 172 (2016).
11. Nikolayeva L.A. Treatment of a TPP's Water from Oil Products with Hydrophobic Carbonate Sludge. Thermal Engineering, 67(10), 751–755 (2020)
12. Franz M., Arafat H.A., Pinto N.G. Effect of chemical surface heterogeneity on the adsorption mechanism of dissolved aromatics on activated carbon. Carbon, 38, 1807-1819 (2000).
13. Shumyaczkiy Yu.I. Adsorbcionny`e proccessy` [Adsorption processes]: uchebnoe posobie. (Moscow, Izd-vo RKhTU im. Mendeleeva, 2005, 164 p.)
14. Laptsev A.G. Modeli pogranychogo sloya i raschet teplomassoobmenny`kh proccessov [Boundary layer models and calculation of heat and mass transfer processes] (Kazan, Izd-vo Kazanskogo un-ta, 2007, 500 p.)
15. Larin B.M. Osnovy` matematicheskogo modelirovaniya khimiko-tekhno-logicheskikh proccessov obrabotki teplonositelya na TE`S i AE`S [Fundamentals of mathematical modelling of chemical-technological processes of heat carrier treatment at thermal power plants and nuclear power plants. Moscow, ME`I, 2000, 310p.) [in Russian]

Сведения об авторах:

Айкенова Нурия Еркиновна – техника ғылымдарының кандидаты, химия және химиялық технология кафедрасының оқытушысы, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан.

Карасаева Шынар Алмасовна – жаратылыстану ғылымдарының магистрі, химия және химиялық технология кафедрасының оқытушысы, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан.

Айкенова Нурия Еркиновна – кандидат технических наук, преподаватель, Актюбинский региональный университет имени К.Жубанова, Актобе, Казахстан.

Карасаева Шынар Алмасовна – магистр естественных наук, преподаватель, Актюбинский региональный университет имени К.Жубанова, Актобе, Казахстан.

Aikenova Nuriya Yerkinovna – Candidate of Technical Sciences, teacher of the Department of Chemistry and Chemical Technology, K.Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan.

Karassayeva Shynar Almasovna – Master of Natural Sciences, teacher of the Department of Chemistry and Chemical Technology, K.Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan.