

<https://doi.org/10.55764/2957-9856/2025-3-23-33.29>

FTAMP 87.35.29  
ӘӨЖ 556

Г. З. Бижанова<sup>1</sup>, М. М. Абдибаттаева<sup>2</sup>, У. Ш. Мусина<sup>3</sup>,  
Л. С. Курбанова<sup>\*4</sup>, Б. Х. Тусупова<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Докторант (Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; *bgz2017@mail.ru*)

<sup>2</sup> Т.ғ.д., доцент (Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; *maral7676@mail.ru*)

<sup>3</sup> Т.ғ.к., доцент (Satbayev University, Алматы, Қазақстан, *07061960@mail.ru*)

<sup>4\*</sup> Т.ғ.к., аға оқытушы (Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; *k\_lau@mail.ru*)

<sup>5</sup> Т.ғ.к., аға оқытушы (Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан;  
*tussupova@yandex.ru*)

## ТАБИҒИ СОБРЕНТТЕР: СУДЫ ТАЗАРТУДЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ БАЛАМАСЫ

**Аннотация.** Су ресурстарына түсетін жүктеменің артуы және сарқынды сулардың сапасына қойылатын талаптардың күшеюі жағдайында оларды тазартудың экологиялық жағынан қауіпсіз әрі экономикалық жағынан тиімді әдістерін әзірлеу мен жетілдіруге ерекше назар аударылуда. Осы шолу мақаласында сарқынды сулардан әртүрлі ластаушы заттарды жою үшін табиғи сорбенттерді қолдану мүмкіндіктері қарастырылады. Сарқынды суларды тазартуда табиғи сорбенттерді қолдануға арналған ғылыми зерттеулерге талдау жүргізілді. Цеолиттер, бентонит, шунгит, диатомит және балшықтар сияқты табиғи материалдар мен олардың ластағыштармен әрекеттесу механизмдеріне қатысты заманауи зерттеулерге шолу жасалды. Зерттеудің әдістемелік негізі ретінде соңғы он жыл ішінде жарияланған отандық және шетелдік ғылыми еңбектердің талдауы алынды. Жүргізілген шолу негізінде сарқынды суларды тазарту процестерінде пайдалану үшін перспективалы табиғи сорбенттердің бірі ретінде Қазақстан кен орындарындағы диатомиттерді тереңдетіп зерттеудің орындылығы туралы қорытынды жасалды. Жүргізілген шолу экологиялық тұрғыдан қауіпсіз су тазарту технологиялары саласындағы ғылыми білімді кеңейтіп, қолданыстағы тазарту жүйелерінің тиімділігін арттыруға бағытталған жаңа шешімдерді әзірлеуге негіз бола алады.

**Түйін сөздер:** табиғи сорбенттер, сарқынды сулар, диатомит, экология.

**Кіріспе.** Қоршаған ортаның ластануы – жедел шешімдер мен тиімді технологияларды талап ететін ең өзекті жаһандық мәселелердің бірі болып қалуда. Сарқынды суларды тазартудың түрлі тиімді технологиялары жақсы нәтиже көрсетуде, алайда олар ресурстардың көп шығындалуымен және екінші реттік ластанудың пайда болуымен бірге жүреді.

Судың негізгі ластаушы көздері болып индустриализация, урбанизация, ауыл шаруашылығы қызметі, сондай-ақ басқа экологиялық және ғаламдық өзгерістер табылады. Су ресурстарына теріс әсер ететін бірнеше жүздеген органикалық ластаушы заттар анықталды.

Ластаушылар (органикалық және бейорганикалық) су ресурстарының эстетикалық құндылығын төмендетеді, эвтрофикацияны тудырады және тірі организмдер үшін мутагенді және канцерогенді потенциалға ие болып саналады.

Әрбір ел қоршаған ортаны қорғау мақсатында сарқынды суларды тазартудың табиғи технологияларына басымдылық беруі тиіс. Ластаушы заттардан сарқынды суларды тазартудың ең бір перспективті тәсілдердің бірі сорбенттерді қолдану болып саналады [1].

Сарқынды суларды тазартуға арналған сорбенттер – бұл судан ластаушы заттарды адсорбциялау арқылы сіңіріп немесе жоятын материалдар [2]. Оларды шығу тегі мен химиялық табиғатына байланысты бірнеше түрге бөлуге болады: табиғи сорбенттер, синтетикалық сорбенттер, биосорбенттер, наносорбенттер және композиттік сорбенттер. Бұл сорбенттердің әрқайсысының кеуектілік, химиялық тұрақтылық, қалпына келтірілу қабілеті мен құны сияқты өзіндік ерекшеліктері бар. Бұл қасиеттер олардың сарқынды судың түріне және қажетті тазарту нәтижесіне байланысты таңдалуына әсер етеді.

Табиғи сорбенттер – бұл табиғатта кездесетін, ластаушы заттарды адсорбциялау немесе абсорбциялау қабілеті бар заттар. Олар улы заттарды, органикалық қосылыстарды, ауыр метал-

дарды және басқа да ластаушы заттарды жоюда тиімді қолданылады. Табиғи сорбенттердің негізгі сипаттамаларына жоғары меншікті беткі аумақты қамтуы, кеуекті құрылым, экологиялық қауіпсіздік, сондай-ақ төмен баға мен қолжетімділік жатады. Табиғи сорбенттерді үш негізгі топқа жіктеуге болады: минералды (цеолиттер, бентониттер, саздар), органикалық (шымтезек, ағаш көмірі, өсімдік биомассасы), композиттік (табиғи компоненттер негізіндегі аралас материалдар).

Зерттеудің өзектілігі су ресурстарының ластануының артуымен байланысты, бұл тиімді және экологиялық қауіпсіз тазарту әдістерін әзірлеуді талап етеді. Табиғи сорбенттер сарқынды сулардан ластаушы заттарды жою үшін перспективті материалдар болып табылады, бұл олардың экологиялық тәжірибеде қолдануда маңызды орын алуына себеп болады.

Зерттеудің мақсаты – сарқынды суларды тазартуда сорбенттерді қолдану туралы заманауи әдебиеттерге талдау жасау.

Зерттеу нысаны – табиғи сорбенттер, ал зерттеу саласы – олардың судан ластаушы заттарды жою қабілеті.

Қолжетімді табиғи материалдарды, мысалы, саздарды, цеолиттерді, ағаш көмірін, шунгиттерді, бентонитті, диатомиттер мен шымтезекті қолдануға бағытталған зерттеулер, олардың экологиялық қауіпсіздігі мен ластаушы заттарды жоюдағы жоғары тиімділігі арқасында кеңінен тарайды.

Қоршаған ортаның ластануымен байланысты, қазіргі экологиялық мәселелер суды тиімді тазарту әдістерін қажет етеді. Осындай шешімдердің бірі – табиғи сорбенттерді пайдалану. Мұндай мәселелерді шешудің бірі – кеуекті құрылымы мен химиялық қасиеттерінің арқасында ластаушы заттарды өзіне тартып сіңіре алатын табиғи сорбенттерді қолдану болып табылады.

Қазақстан Республикасының су ресурстарын басқару жүйесін дамытудың 2024-2030 жылдарға арналған тұжырымдамасына сәйкес, елдегі жерүсті су нысандары тау-кен, металлургия және химия өнеркәсібі, ауыл шаруашылығы мен коммуналдық қызметтер тарапынан қарқынды түрде ластанып жатыр. Елде су бұру жүйелерінің қолжетімділігі бойынша айтарлықтай артта қалушылық байқалады: елді мекендердегі ағынды сулардың небәрі 29 %-ы ғана төгу алдында екінші реттік тазартудан өтеді, ал Ұлыбританияда бұл көрсеткіш 94 %-ды, Израиль мен Сингапурда 100 %-ды құрайды [3].

**Зерттеу материалдары мен әдістері.** Сарқынды суларды табиғи сорбенттерді қолдану арқылы тазартуға арналған зерттеудің материалдары мен әдістері материалдарды таңдауды, әртүрлі тазарту тәсілдерін қолдануды және олардың тиімділігін талдауды қамтиды [4]. Сонымен қатар, табиғи сорбенттерді қолданудың тиімділігі оларды тазарту құрылғыларының құрылымына да байланысты. Сорбциялық сүзгілер, ағынды сүзу модульдері және реакторлар сияқты әртүрлі инженерлік шешімдер сарқынды суларды тазартуда табиғи сорбенттерді толық пайдалану үшін қолдануға болады.

Тиісті зерттеулерді іздеу – табиғи сорбенттермен сарқынды суларды тазарту үшін қолдануға арналған өзекті еңбектерді анықтау мақсатында, отандық және халықаралық әдеби көздер, ғылыми журналдар, сондай-ақ Scopus, Web of Science, сондай-ақ ресми нормативтік құжаттар мен басқа да басылымдар арқылы жүргізілді. Бұл шолу соңғы 10 жылда жарияланған жұмыстарды талдай отырып, табиғи сорбенттерді қолдану бойынша жинақталған білімді жүйелеуге бағытталған.

Мақалада табиғи сорбенттердің кейбір топтары қарастырылып, олардың физика-химиялық қасиеттері, сорбциялық механизмі, құрылымдық ерекшеліктері мен қолдану аймақтары жүйеленген. Модификацияланған сорбенттердің тиімділігіне және олардың сорбциялық қасиеттерін арттыру әдістеріне назар аударылады.

**Нәтижелер және оларды талқылау.** Соңғы жиырма жылда сорбция әдісі ластаушы заттардың, микроорганизмдердің, бояғыштардың және ауыр металл иондарының жоғары концентрациясы бар өндірістік сарқынды суларды тазартуда ерекше маңызға ие болды.

Сорбенттерді таңдауда тек ластаушы заттардың мысалы, ауыр металдар, органикалық қосылыстар немесе радиоактивті элементтер сияқты түрлерін ғана емес, сонымен қатар сорбенттердің физика-химиялық қасиеттерін де ескеру қажет. Мұндай қасиеттерге кеуектілік, химиялық тұрақтылық, адсорбциялық сыйымдылық және қалпына келтірілу қабілеті жатады. Мысалы, металл иондарын жою үшін жоғары сорбциялық қабілеті бар цеолиттер, активтелген көмір және табиғи саздар жиі қолданылады. Ал органикалық заттар мен уытты қосылыстарды тазарту үшін синтетикалық полимерлер мен көміртекті сорбенттер кеңінен пайдаланылады.

Маңызды факторлардың бірі – сорбенттің құны, қолжетімділігі және оны бірнеше рет қайта пайдалану мүмкіндігі. Әртүрлі ортада сарқынды суларды тиімді тазартудың мүмкіндігін арттыру үшін, кей жағдайларда сорбенттердің адсорбциялық бетінің аумағын арттыру немесе химиялық әсерлерге төзімділігін жоғарлату мақсатында олар модификациялауға ұшырайды.

Сорбция – қатты материалдардың сұйық ортадан ластаушы заттарды сіңіру қабілетіне негізделген, сарқынды суларды тазарту барысында қолданылатын негізгі үдерістердің бірі. Бұл механизм судан ауыр металдарды, органикалық қосылыстарды және өзге де улы қоспаларды тиімді жоюға мүмкіндік береді.

1-кестеде кейбір сорбенттер түрлерінің сипаттамалары, олардың құрылымдық ерекшеліктері мен қолдану сипаттамалары келтірілген [5, 6].

1-кесте – Сорбенттердің түрлері

Table 1 – Types of sorbents

| Сорбенттер                                                                          | Құрылымы және сипаттамасы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | Цеолит – шөгінді немесе жанартаулық текті минералдар тобына жататын, 30-дан астам түрі бар табиғи қосылыстар. Олар натрий мен кальцийдің сулы алюмосиликаттары болып табылады және сыртқы көрінісімен ерекшеленеді – шамалы шыны тәрізді жылтырлығы бар өткір бұрышты түйіршіктер. Цеолиттердің ерекшелігі – олардың микроканалдар мен қуыстар жүйесінен тұратын торлы бірегей кристалдық құрылымға ие болуы. Осы құрылымның арқасында цеолиттер молекулалық елек сияқты жұмыс істейді                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|   | Диатомит (кизельгур, инфузориялы жер, тау ұны) – кремний құрамды диатомды балдырлардың қазбалы қаңқаларынан түзілген шөгінді тау жынысы. Бұл материал жоғары кеуектілікке ие және негізінде аморфты кремний диоксиді ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) бар. Оның кристалдық торы микро- және макрокеуекті жүйесімен торланған, бұл оған үлкен меншікті беткі аумақ береді және диатомитті тиімді табиғи сорбентке айналдырады. Материалдың кеуекті әрі жеңіл құрылымы, сондай-ақ құрамында алюминий, кальций және темір сияқты элементтердің болуы, оны суды және ағынды суларды тазартуда жоғары сорбциялық және сүзу қабілетіне ие етеді                                                                                                                                                                 |
|  | Бентонит – күрделі құрамды минерал, оның негізгі компоненті болып монтмориллонит табылады, яғни алюмосиликат, химиялық формуласы $\text{Si}_8\text{Al}_4\text{O}_{20}(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Оның кристалдық торында кремнийдің орнына алюминий, темір, мырыш, магний, кальций, натрий, калий және басқа да катиондармен изоморфты ауысулар мүмкін, бұл оның химиялық құрамының және қасиеттерінің әртүрлілігін айқындайды                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|  | Шымтезек – органикалық заттардан, ылғалдан және минералдық қоспалардан тұратын күрделі полидисперсті көпкомпонентті жүйені құрайды. Шымтезектің органикалық құрамы негізінен гумин қышқылдарынан (массасының 40-50 %), битумдардан (1,12-17 %), суда еритін және оңай гидролизденетін қосылыстардан (10-60 %), целлюлозадан (2-10 %) және гидролизденбейтін қалдықтан, соның ішінде лигниннен (3-20 %) тұрады. Шымтезекке тән ерекшеліктің бірі, ол оның көлем бойынша 96-97 %-ға дейін жететін өте жоғары кеуектілігі, бұл қасиет оның сорбциялық қабілетін айқындайтын негізгі факторлардың бірі болып табылады                                                                                                                                                                                                     |
|  | Шунгит – көміртекке бай табиғи минерал, құрылымы аморфты немесе ұсақдисперсті болып келеді және түріне қарай құрамындағы көміртек мөлшері 20-дан 98 %-ға дейін өзгереді. Оның құрылымының негізін стехиометриялық емес көміртек құрайды, ол фуллерен тәрізді кластерлер, графит тәрізді қабаттар және нанокөмірдің фракциялар түрінде силикаттармен, карбонаттармен және сульфидтермен бірігіп кездеседі. Минерал адсорбциялық, катализикалық және бактерияға қарсы қасиеттерге ие, бұл оның наноөлшемді кеуектілігімен, жоғары меншікті беткі аумағымен және оттек құрамды функционалдық топтарының болуымен байланысты. Шунгиттің ерекше құрылымының арқасында, оны әртүрлі салаларда – суды тазартудан бастап, функционалды наноматериалдар мен электрохимиялық жүйелерді жасауға дейін қолдануға мүмкіндік береді |

Әртүрлі табиғи материалдардың сорбциялық қасиеттері отандық және шетелдік ғалымдар тарапынан белсенді түрде зерттелуде. Бірқатар сорбенттер судан және сарқынды сулардан әртүрлі ластаушы заттарды жою қабілетін бағалау мақсатында зерттелген.

Авторлар [7, 8] өз зерттеулерінде бентониттің сорбциялық қасиеттерін талдап, оның кадмий иондарын тиімді сіңіре алатынын көрсетті, сонымен қатар термиялық активтендірілген сорбенттердің тиімділігін растайды. Бұл деректер бентонит пен цеолиттің табиғи және модификацияланған түрлерінің сарқынды суларды тазартудағы жоғары әлеуетін дәлелдейді.

Сол сияқты цеолит те ағынды суларды тазартуға арналған көпфункционалы материал болып табылады, ол фосфорды, ауыр металдарды және алты валентті хромды жою үшін қолданылады. Бұл – активация мен модификациядан өткен жоғары сапалы табиғи цеолит, бұл дегеніміз оның адсорбциялық және ион алмасу қасиеттерін едәуір арттырады. Үлкен меншікті беткі аумағы мен жоғары адсорбциялық қабілетінің арқасында цеолит суды әртүрлі ластаушы заттардан тиімді тазартады.

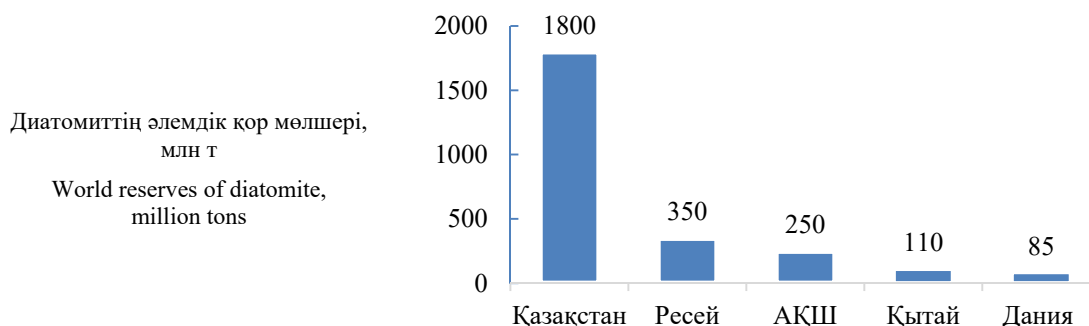
Авторлар [9] табиғи цеолит пен оның полиэтиленполиаминмен және эпоксидті шайырмен модификацияланған түрлерінің  $Pb^{2+}$  иондарын сіңіру қабілетін зерттеп, сорбция процесінің оңтайлы рН мәндерін анықтады. Модификацияланған сорбенттер Шанханай кен орнының (Алматы облысы, Кербұлақ ауданы, Сарыөзек қаласы) табиғи цеолиті негізінде дайындалды және оларды өндірістік сарқынды суларды тазартуда тиімді қолдануға болатыны дәлелденді. Ауыр металдармен ластанған суларды тазарту үшін табиғи цеолитті зерттеп, оны 57%-дық азот қышқылымен химиялық белсендендіру және термиялық өңдеу арқылы модификациялау сорбциялық қасиеттерін едәуір жақсартатынын [10] көрсеткен. Осылайша, табиғи цеолиттерді химиялық және физика-химиялық әдістермен модификациялау олардың ауыр металл иондарын сіңіру қабілетін едәуір жақсартатынын көрсетеді.

Зерттеулер нәтижелері шунгит негізіндегі материалдардың сарқынды суларды тиімді тазартуда жоғары потенциалы бар екенін көрсетеді. Автор [11] өз жұмысында жүргізген тәжірибелерде шунгитті-цеолитті фильтр арқылы тазартылған сарқынды сулардың сапасы айтарлықтай жақсарған: иіс, түс, лайлылық және құрамындағы темір, хлоридтер, аммоний иондары сынды көрсеткіштер нормативтер деңгейіне дейін төмендеген. Бұл шунгиттің сарқынды суды кешенді тазартудағы тиімділігін айғақтайды. Мұндай нәтижелерді Мусина У. Ш. [12] өз жұмысында растады, оның зерттеулері шунгиттің мұнаймен, шахталық және жаңбырлы ағын сулардан ауыр металл иондарын (мыс, мырыш, қорғасын, магний, титан) жоғары дәрежеде жою қабілетін көрсеткен. Сонымен қатар, шунгиттің микробиологиялық ластануға да түрліше әсер ететіні анықталған. Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ ғалымдары [13] Көксу кен орнынан алынған шунгиттің механика-химиялық белсендірілген үлгілерінің элементтік құрамын зерттеп, белсендіру нәтижесінде кремний, алюминий және темір мөлшерінің артуы, ал көміртек үлесінің төмендеуі сорбциялық қасиеттердің күшеюіне себеп болатынын көрсеткен. Осы деректердің барлығы шунгиттің табиғи сорбент ретінде қолданылу мүмкіндігінің кең екенін дәлелдейді.

Калмаханова М. [14] Павлодар кен орнынан алынған сазды модификациялау арқылы ауыр металл иондарын, фенолдар мен белгілі бояғыштарды тиімді түрде сіңіре алатын жоғары тиімді сорбент әзірлеп, оның тазарту қабілетін дәлелдеді. Зерттеулерде [15] Ақжар кен орнынан алынған табиғи саздардың сорбциялық қасиеттері зерттеліп,  $Fe^{2+}$  және  $Zn^{2+}$  иондарымен модификацияланған үлгілердің  $Ni(II)$  иондарын модельді ерітінділерден жою тиімділігі қарастырылды. Сонымен қатар, Пимнева Л. А. [16] табиғи сазды минералдардың (каолин және монтмориллонит) және олардың модификацияланған формаларының марганец иондарына қатысты сорбциялық белсенділігін зерттеп, әсіресе ОН-формасының жоғары алмасу сыйымдылығы мен селективтілікке ие екенін көрсетті. Бұл зерттеулер табиғи сазды материалдарды әртүрлі химиялық модификациялау арқылы олардың сорбциялық қасиеттерін едәуір арттыруға болатынын және оларды ауыр металл иондарымен ластанған суларды тазарту үшін тиімді қолдануға мүмкіндік бар екенін дәлелдейді.

Соңғы жылдары зерттеушілер сарқынды сулардан ластаушы заттарды жоюға арналған жаңа, неғұрлым тиімді сорбент материалдарын әзірлеуге ерекше қызығушылық танытуда. Осы бағыттағы келешегі зор сорбенттердің бірі – диатомит болып табылады. Ол – жеңіл, кеуекті, кремнийге бай биогенді тау жынысы. Диатомиттің жоғары дамыған меншікті беті мен бірегей құрылымы оның сорбциялық қасиеттерін өте жоғары етеді.

Диатомит (кизельгур) – бұл әлемнің шамамен 20 елінде кен орындары табылған маңызды табиғи ресурс. Барланған қорлардың бағалауы бойынша, ең ірі көлем Қазақстанда шоғырланған – шамамен 1800 млн тоннаға дейін. Одан кейінгі орындарда Ресей – 350 млн тоннаға дейін, АҚШ – шамамен 250 млн тонна, Қытай – 110 млн тонна және Дания – 85 млн тоннаға дейін [17].



Жоғарыда көрсетілгендей, Қазақстан диаомиттің айтарлықтай ресурстарына ие. Атап айтқанда, Ембі қаласының оңтүстік-шығысында, теміржол желісіне жақын жерде орналасқан Өтесай кен орны бар, оның аумағы шамамен 100 км<sup>2</sup> [18]. Сонымен қатар, Ақтөбе облысында Жалпақ және Қырғыз диаомит кен орындары орналасқан.

Химиялық талдау деректері бойынша [19], Өтесай, Жалпақ және Қырғыз диаомит кен орындарының негізгі құрамдас бөлігі – кремний диоксиді (SiO<sub>2</sub>), оның мөлшері 77,36–86,52% аралығында. Аз мөлшерде алюминий оксиді (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) – 6,58-9,91%, темір оксиді (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) – 3,21-3,99% шамасында кездеседі.

Қазақстандағы диаомит кен орындарының химиялық құрамы 2-кестеде көрсетілген.

2-кесте – Қазақстан кен орындарындағы диаомиттің химиялық және элементтік құрамы, %

Table 2 – Chemical and elemental composition of diatomite from Kazakhstan deposits, %

| Қосылыстар                     | Өтесай | Жалпақ | Қырғыз |
|--------------------------------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 79,92  | 86,52  | 77,36  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 9,91   | 6,58   | 9,91   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3,79   | 3,21   | 3,99   |
| K <sub>2</sub> O               | 1,39   | 1,43   | 1,57   |
| MgO                            | 1,55   | 0,790  | 2,05   |
| CaO                            | 0,757  | 0,238  | 0,218  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,659  | 0,445  | 0,786  |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,485  | 0,215  | 0,990  |
| SO <sub>3</sub>                | 0,0227 | 0,354  | 0,618  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,0171 | 0,0576 | 0,0689 |
| V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,0458 | 0,0294 | 0,0543 |
| Cl                             | 1,33   | –      | 2,23   |

Ғалымдардың [20] пікірінше, диаомиттің жоғары өткізгіштігі (20-50 мДарси), дисперстілігі, үлкен меншікті беткі аумақтылығы (шамамен 30 м<sup>2</sup>/г), суды жақсы ұстау қабілеті, төмен көлемдік тығыздығы және жылу өткізгіштігі – оны әртүрлі технологиялық процестерде, соның ішінде су ортасынан ластағыштарды сорбциялау үшін кеңінен қолдануға мүмкіндік береді. Бұл материалдың негізгі сипаттамалары 3-кестеде көрсетілген.

Диаомиттің қолданылуы мен өнеркәсіпте кең таралуы оның физикалық және химиялық қасиеттерінің жиынтығымен түсіндіріледі (3-кесте). Аталған сипаттамалар диаомитті түрлі өнеркәсіп салаларында тиімді пайдалануға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, оның қасиеттері қолданылатын өңдеу әдістері мен көзделген мақсаттарға байланысты өзгеріп отыруы мүмкін.

Диаомит кеңінен әртүрлі технологиялық үдерістерде, әсіресе тамақ, фармацевтика және химия өнеркәсібінде қолданылады, өйткені оның тамаша фильтрациялық және сорбциялық қасиеттері бар [21]. Оның жоғары кеуектілігі мен дамыған арнайы беткі бетінің арқасында ұсақ бөлшектерді, ақуыздарды, қоспаларды және басқа ластаушыларды сұйық орталардан тиімді түрде жоюға мүмкіндік береді, бұл материалды сапалы және қауіпсіз өнімдерді өндіруде алмастырылмайтындай етеді.

3-кесте – Диатомиттің қасиеттері

Table 3 – Properties of diatomite

| Диатомиттің қасиеттері                                                                                                   | Сипаттамасы                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Өте кеуекті, микроскопиялық тесіктер мен қуыстар жүйесін қамтиды                                                         | Бұл қасиет диатомиттен сұйықтықтар мен газдарды тиімді сүзуге мүмкіндік беретін тамаша сүзгі материалын жасайды. Сонымен қатар, кеуектілігі оны сорбент материалы ретінде пайдалануға ықпал етеді |
| Диатомитке күрделі құрылымды панцирлерінің арқасында үлкен беткей алаңды береді, бұл оның сорбциялық қабілетін арттырады | Үлкен беткей алаңы диатомиттің сорбциялық қабілетін арттырады, бұл оны су тазалау, ластаушы заттарды адсорбциялау және катализаторлар үшін тасымалдаушы ретінде тиімді етеді                      |
| Сіңіру қабілеті                                                                                                          | Диатомит жоғары сіңіру қабілетіне ие, бұл оны төгінділер мен сұйықтықтарды сіңіру маңызды рөл атқаратын фильтрация үдерістерінде тиімді пайдалануға мүмкіндік береді                              |
| Тығыздылығы төмен                                                                                                        | Тығыздылығы төмен диатомитті құрылыс саласында жеңіл толтырғыш ретінде және жеңіл бетон компоненті ретінде қолдануға мүмкіндік береді                                                             |
| Абразивті қасиеттерге ие                                                                                                 | Кейбір құрамдарда диатомит тіс пастасы, полирольдер мен бетке арналған скрабтар сияқты өнімдерде жұмсақ абразив ретінде қолданылады                                                               |
| Жылуды оқшаулау қасиетіне ие                                                                                             | Бұл қасиет диатомитті оқшаулау материалдарында, өрт қауіпсіздігін қамтамасыз етуде және отқа төзімді материалдар өндірісінде қолдануға мүмкіндік береді                                           |
| Химиялық тұрақты                                                                                                         | Бұл тұрақтылық диатомитті агрессивті сұйықтықтарды сүзуде, сондай-ақ әртүрлі химиялық процестерде қолдануға мүмкіндік береді                                                                      |
| Биологиялық инертті                                                                                                      | Диатомиттің инертті табиғаты оны тамақ өнімдерін өңдеу, фармацевтика және косметика сияқты салаларда қолдануға қауіпсіз етеді                                                                     |
| Негізінен кремний оксидінен тұрады                                                                                       | Кремний оксидінің жоғары мөлшері диатомиттің қаттылығы мен беріктігін арттырады. Бұл сондай-ақ оның сүзу және адсорбциялық қасиеттерінің маңызды факторы болып табылады                           |
| Төмен үйкеліс қасиеттерін көрсете алады                                                                                  | Бұл қасиет кейбір өнеркәсіп салаларында, соның ішінде тайғаққа қарсы жабындар мен материалдар өндірісінде компонент ретінде қолдану үшін маңызды                                                  |
| Әдетте рН тұрақты                                                                                                        | Диатомиттің рН деңгейінің тұрақтылығы, әсіресе суды тазарту процестерінде, белгілі бір рН деңгейін ұстап тұру маңызды болған кезде, оның тиімділігін арттырады                                    |

Ғалымдардың атап өтуінше, диатомит су ортасынан ауыр металдар, мұнай өнімдері, бояғыштар және органикалық заттар сияқты әртүрлі ластаушыларды тиімді сіңіру қабілетіне ие. Жүргізілген талдауға сүйенсек, диатомит кадмий иондарының сорбциясына қабілетті екені анықталды, ал термиялық белсенділік қышқылдық белсенділікпен салыстырғанда тұрақтырақ нәтижелер береді, себебі қышқыл ортада  $Cd^{2+}$  иондарының қозғалысы жоғары болады және рН деңгейі артқанда аз қозғалатын формалар түзіледі. Дегенмен, белсендіру әдісіне қарамастан, «адсорбент-адсорбтив» жүйесінде тепе-теңдік бір сағат ішінде орнамайды, бұл сорбциялық үдерістің баяу сипатын көрсетеді. Сонымен қатар, термиялық өңделген және табиғи диатомит зерттелген кадмий концентрациялары (0,00001–0,001 моль/л) шамасына ұқсас сорбциялық қасиеттерді көрсетеді, бұл олардың ауыр металдармен ластанған суларды тазалау жүйелерінде төмен деңгейдегі ластануды жою үшін қолданылатынын көрсетеді [22].

Мурзалиева С. К. және оның әріптестері табиғи минералдарды, соның ішінде цеолитті, диатомитті және вермикулитті, сарқынды суларды тазарту үшін сорбент ретінде пайдалану мәселесіне арналған зерттеулер жүргізді. Эксперименттер барысында табиғи сорбенттердің сарқынды суларды тазартуда жоғары тиімділік көрсететіні анықталды, ал олардың сорбциялық сыйымдылығы модификациялау арқылы айтарлықтай артылды. Жұмыстың нәтижелері бұл материалдардың сарқынды суларды тазарту үшін перспективті екенін және экологиялық қауіпсіз су тазарту технологияларында тиімді қолданылатынын растайды [23].

Кизельгур, диатомиттің әртүрлілігі, табиғи инсектицид ретінде қолданылады, ол зиянкестерге дегидраттаушы әсерін тигізеді. Ауыл шаруашылығында диатомит топырақтың құрылымын жақсартуға, суды ұстап қалу қасиетін арттыруға және өсімдіктерге қажетті микроэлементтермен қамтамасыз етуге көмектесетін тыңайтқыш ретінде пайдаланылады. Сонымен қатар, диатомит негізінде тиімді табиғи азықтық қоспалар жасалуда [24], бұл органикалық мал шаруашылығы мен егіншілік дамуына ықпал етеді.

Автордың [25] зерттеу жұмысында (Ульянов облысындағы Инзенск кен орны) диатомит пен керамзит қиыршық тастың салыстырмалы талдауы жүргізілді. Зерттеуде диатомиттің бөлшек мөлшері 0,8–2,0 мм, ал тығыздығы  $670 \text{ кг/м}^3$  құмға тең болған. Алынған нәтижелер диатомиттің жоғары беріктік қасиетіне ие екенін көрсетті.

Автордың [26] зерттеуінде Эль-Файюм аймағынан алынған табиғи диатомиттің су ерітінділерінен ауыр металл иондарын кетірудегі тиімділігі жан-жақты зерттеліп, талданған. Мерзімді тәжірибелер барысында адсорбент мөлшерінің, әсер ету уақытының және ортаның рН көрсеткішінің әсері зерттелді. Зерттеу нәтижелері бойынша, диатомит мөлшерін 0,5-тен 2 г/л-ге дейін арттыру металл иондарын кетіру тиімділігін арттыру анықталған.

Гумарова Ж. М. және оның әріптестері жүргізген зерттеуде Ақтөбе кен орнынан алынған табиғи және модификацияланған диатомиттің Орал қаласының су құбырындағы суды тазартудағы сорбциялық қасиеттері зерттелген. Диатомитті тұз қышқылымен өңдеу, оның физика-химиялық қасиеттерін айтарлықтай жақсартты: меншікті беткі аумағы 2,5 есе, ал кеуектілік көлемі үш еседен астам артты. Табиғи және белсендірілген диатомитте судың лайлылығын, түсін, қаттылығын, перманганаттық тотығуын, сондай-ақ темір мен мыс иондарының мөлшерін тиімді төмендеткен. Осылайша, белсендірілген диатомит суды кешенді тазартуға арналған болашағы зор, әрі қолжетімді сорбент ретінде танылып, судың органолептикалық қасиеттерін жақсартуға ғана емес, сондай-ақ улы иондардың концентрациясын санитарлық-нормативтік деңгейге дейін төмендетуге қабілетті екені анықталды [27].

Ғалымдар [28] жүргізген зерттеуде Батыс Қазақстандағы Өтесай кен орнының табиғи диатомитінің морфологиялық, минералогиялық және сорбциялық сипаттамалары жерасты суларын тазартуда қолдану мақсатында жан-жақты талданды. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, диатомитті  $450^\circ\text{C}$  температурада термиялық түрлендіру, әсіресе оны белсендірілген көмірмен үйлестіре қолдану материалдың сорбциялық қасиеттерін едәуір жақсартады. Нәтижесінде, судағы хлоридтер, сульфаттар және жалпы тұздылық мөлшері 35–37% төмендеген.

**Талқылау.** Табиғи сорбенттерді қолдану ең ұтымды шешім болып табылады, өйткені оларды пайдалану қоршаған ортаға теріс әсер етпейді. Қалдық сорбент толық жиналмай қалған жағдайда да, ол уақыт өте келе табиғи түрде ыдырап, экологиялық тепе-теңдікті бұзбайды [29].

Теориялық негіздер жеткілікті түрде әзірленгеніне қарамастан, диатомитті сарқынды суларды тазарту технологияларында практикалық қолдануға қатысты мәселелер әлі де ашық күйінде қалып отыр.

Жұмыстың келесі кезеңдерінде Қазақстан кен орындарының диатомитінің адсорбциялық сипаттамаларын жан-жақты зерттеу жүргізу жоспарланып отыр, ол сарқынды суларды тазарту технологияларында қолдану арқылы әртүрлі ластаушы заттарды жою тиімділігін бағалауға және оны су тазарту мен су айналымы жүйелерінде тәжірибелік қолдану перспективаларын анықтауға бағытталған.

Нәтижелерді талқылау барысында табиғи сорбенттердің қолжетімділігі, өзіндік құнының төмендігі және экологиялық қауіпсіздігі сияқты артықшылықтары анықталды. Алайда, оларды қолдану синтетикалық баламалармен салыстырғанда механикалық беріктігінің және сорбция жылдамдығының төмен болуына байланысты шектелуі мүмкін. Сондықтан диатомит сияқты табиғи сорбенттерді және оларды модификациялау арқылы оңтайлы қасиеттерге қол жеткізу перспективалық бағыт болып табылады.

Табиғи сорбенттер, соның ішінде диатомиттің, ағынды сулардың ластаушы заттарын тиімді түрде жоюға қабілетті. Диатомиттің жоғары кеуектілігі мен адсорбциялық қабілеті оны экологиялық таза және қолжетімді сорбент ретінде ерекшелендіреді. Табиғи сорбенттерді пайдалану ағынды суларды тазартудың перспективалық бағыты болып саналады.

**Қорытынды.** Бұл шолу мақаласы табиғи сорбенттерді сарқынды суларды тазарту үдерісінде қолдануға қатысты заманауи ғылыми деректерді жүйелеп, жинақтауға бағытталды.

Жүргізілген талдау цеолит, бентонит, шунгит, диатомит және түрлі балшықтар сияқты табиғи сорбенттердің ауыр металдар, органикалық қосылыстар мен бояғыштар сияқты әртүрлі ластағыштарды тиімді жою қабілетіне ие екенін көрсетті. Осылайша, шолу табиғи сорбенттерді экологиялық қауіпсіз әрі экономикалық тұрғыдан қолжетімді су тазарту технологияларының болашағы зор бағыты ретінде пайдаланудың орынды екендігін дәлелдеді. Алынған нәтижелер бұл

материалдарды әртүрлі жағдайларда мен салаларда қолдану мүмкіндіктері жөніндегі ғылыми түсініктерді кеңейтеді.

Болашақ зерттеу кезеңінде Қазақстандағы кен орындарынан алынған диатомиттің адсорбциялық қасиеттерін тереңірек зерттеу орынды. Бұл зерттеулер диатомитті ағынды суларды тазарту технологияларында практикалық тұрғыда қолдану мүмкіндігін бағалауға бағытталуы тиіс. Сонымен қатар, әртүрлі ластағыштарды жою тиімділігін анықтауға және диатомитті су тазарту мен су айналымы жүйелерінде пайдалану әлеуетін айқындауға ерекше назар аудару қажет.

#### ӘДЕБИЕТ

- [1] Samonin V. V., Spiridonova E. A., Zotov A. S. et al. Chemical Structure, Porous Morphology, and Sorption Properties of Adsorbents Produced from Organic Technogenic Substrates (A Review) // Russian Journal of General Chemistry. – 2021. – Vol. 91. – P. 1546-1565. <https://doi.org/10.1134/S107036322108017X>
- [2] Беленова С. В., Вигдорович В. И., Шель Н. В., Цыганкова Л. Е. Сорбционная способность природных сорбентов // Вестник российских университетов. Математика. – 2015. – № 2. – С. 388-396. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sorbtsionnaya-sposobnost-prirodnih-sorbentov>
- [3] Қазақстан Республикасы Үкіметі. «Қазақстан Республикасының су ресурстарын басқару жүйесін дамытудың 2024–2030 жылдарға арналған тұжырымдамасын бекіту туралы» 2024 жылғы 5 ақпандағы № 66 қаулысына өзгеріс енгізу туралы [2024 жылғы 28 тамыздағы № 695 қаулы]. «Әділет» ақпараттық-құқықтық жүйесі. – 2024. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2400000066>
- [4] Адизова Ш. Т., Амонов М. Р. Изучение эффективности сорбентов для очистки сточных вод // Universum: химия и биология: электрон. научн. журн. – 2024. – № 7(121). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/17752>
- [5] Yan W. et al. Our journey in zeolite science // Microporous and Mesoporous Materials. – 2023. – Vol. 358. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2022.112368>
- [6] Ubaskina Y. A., Korosteleva Y. A. Investigation of the possibility of practical use of diatomite for wastewater treatment // Bulletin of Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov. – 2017. – No. 7. – P. 92-96. DOI: [https://doi.org/10.12737/article\\_5940f0199950b7.10091901](https://doi.org/10.12737/article_5940f0199950b7.10091901)
- [7] Монголхан Р. Өндірістік ағынды суларды тазалау үшін сорбенттер дайындау // Қазақстан-Британ техникалық университетінің хабаршысы. – 2019. – Т. 16, № 2. – Б. 22-29. [https://vestnik.kbtu.edu.kz/jour/article/view/112?locale=ru\\_RU](https://vestnik.kbtu.edu.kz/jour/article/view/112?locale=ru_RU)
- [8] Коваль М. Г. Способы очистки промышленных сточных вод природными сорбентами // Химическая технология и техника: материалы 85 Науч.-техн. конференции профес.-препод. состава, научн. сотрудников и аспирантов (с международным участием). – Минск: БГТУ, 2021. 1-13 февраля. – С. 206-208. <https://elib.belstu.by/handle/123456789/41696>
- [9] Камбарова Э. А., Гавриленко М. А., Бектенов Н. А. Модифицированные полиэтиленполиамином и эпоксидной смолой цеолиты для извлечения ионов свинца из сточных вод // Известия Томского политехнического университета. – 2021. – Т. 332, № 1. <https://doi.org/10.18799/24131830/2021/1/2994>
- [10] Сейтжанова М. А., Досжанов Е. О., Кульдеев Е. И., Мансуров З. А., Тажу К., Танирбергенова С. К., Канжаркан Е., Тажкенова Г. К. Влияние термической обработки на сорбционные характеристики цеолита, применяемого в процессе очистки воды // Горение и плазмохимия. – 2023. – Т. 21, № 3. – С. 173-179. [https://doi.org/10.18321/cpc21\(3\)173-179](https://doi.org/10.18321/cpc21(3)173-179)
- [11] Тремасова А. М., Ларина Ю. В. Шунгит и цеолит для обезвреживания сточных вод // Ученые записки КГАВМ им. Н. Э. Баумана. – 2020. – № 3. – С. 257-261. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/shungit-i-tseolit-dlya-obezvrezhivaniya-stochnyh-vod>
- [12] Мусина У. Ш. Экологические свойства сланцевого шунгита при очистке сточных вод различного техногенного происхождения // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – №. 2-2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21572>
- [13] Байгулбаева М. М., Онгарбаев Е. К., Жамболова А. Б., Жумахан К. Исследование влияния механохимической активации на элементный состав шунгитовых пород // Инженерный журнал Satbayev University. – 2021. – Т. 143, № 2. – С. 224-228. <https://doi.org/10.51301/vest.su.2021.i2.29>
- [14] Serikbayeva A. M., Roman F. F., Diaz de Tuesta J. L., Gomes H. T. Preparation and physico-chemical characterization of organically modified clays with grafted dmsa and teoa // Series chemistry and technology. – 2023. – Vol. 1, No. 454. – P. 115-128. DOI:10.32014/2023.2518-1491.152
- [15] Мадимарова Г. Б., Цой И. Г., Амантайқызы А., Масалимова Б. К. Адсорбенты на основе глин Жамбылской области для очистки сточных вод // Евразийский союз ученых. – 2019. – №. 2. – С. 58-63. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/adsorbenty-na-osnove-glin-zhambylskoy-oblasti-dlya-ochistki-stochnyh-vod>
- [16] Пимнева Л. А. Использование природных глин в качестве сорбентов для очистки природных и сточных вод // Успехи современного естествознания. – 2023. – № 7. – С. 103-108. DOI: <https://doi.org/10.17513/use.38078>
- [17] Zhalgasbaikyzy A., Nazhipkyzy M., Nurgain A., Zhaparova A. A., Mansurov Z. A. Diatomite: a natural occurring bioinspired nanomaterial with complex-shaped and its application // Institute of Combustion Problems. – 2018. – Vol. 16, No. 2. – P. 86-89. <https://cpc-journal.kz/index.php/cpcj/article/view/194>
- [18] Қазақстан Республикасы Үкіметі. Қазақстан Республикасының геология саласын дамытудың 2023-2027 жылдарға арналған тұжырымдамасын бекіту туралы: Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2022 жылғы 30 желтоқсандағы № 1127 қаулысы. – Қазақстан Республикасы нормативтік құқықтық актілерінің ақпараттық-құқықтық жүйесі «Әділет». – 2022. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2200001127>

- [19] Смирнов П. В., Жакипбаев Б. Е., Староселец Д. А., Дерягина О. И., Баталин Г. А., Гареев Б. И., Вергунов А. В. Диатомиты и опоки месторождений Западного Казахстана: литология, структурно-текстуальные параметры, потенциал использования // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2023. – Т. 334, № 7. – С. 187-201. DOI <https://doi.org/10.18799/24131830/2023/7/4046>
- [20] Убаськина Ю. А., Арсентьев И. В., Фетюхина Е. Г., Коростелева Ю. А., Адаев Т. И. Исследование минералогического состава диатомита для его безопасной добычи и применения в промышленности // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2016. – №. 1. – С. 128-132. URL: <https://naukaru.ru/ru/nauka/article/29943/view>
- [21] Агейкина О. В., Голянская С. А., Качалова Г. С. Сорбционная очистка промышленных сточных вод диатомитом от ионов цинка // Успехи современного естествознания. – 2024. – № 4. – С. 71-78; DOI: <https://doi.org/10.17513/use.38251>
- [22] Борисков Д. Е., Ефремова С. Ю., Комарова Н. А. Изучение адсорбции ионов кадмия из растворов на природном и модифицированных диатомитах // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. – 2023. – Т. 23, вып. 1. – С. 70-76. DOI: 10.18500/1816-9775-2023-23-1-70-76, EDN: AOVKKS
- [23] Myrzaliyeva S. K., Bagasharova J. T., Akilbekova Sh. K., Serikbaev P. Natural mineral raw materials as granular filtering materials in industrial and waste water treatment // Complex Use of Mineral Resources. – 2025. – №. 332(1). – P. 70-78. <https://doi.org/10.31643/2025/6445.06>
- [24] Улитко В. Е., Пыхтина Л. А., Десятов О. А. и др. Биодобавки нового поколения в системе оптимизации питания и реализации биоресурсного потенциала животных // Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина. – Ульяновск, 2015. – 512 с. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25459592>
- [25] Strelkov A. K., Bykova P. G., Gridneva M. A. Filtration materials of natural origin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 962, No. 2. – 022038 p. DOI: 10.1088/1757-899X/962/2/022038
- [26] ElSayed E. E. Natural diatomite as an effective adsorbent for heavy metals in water and wastewater treatment (a batch study) // Water Science. – 2018. – Vol. 32, issue 1. – P. 32-43. <https://doi.org/10.1016/j.wsj.2018.02.001>
- [27] Gumarova Zh. M., Sungatkyzy S., Sharafiyeva Zh. R., Bulekova A. A., Uxikbayeva M. K. Using the sorption properties of diatomite from the Aktobe deposit in improving the quality of drinking water in Western Kazakhstan // E3S Web of Conf. – 2024. – Vol. 539. – 539 p. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453901007>
- [28] Satayeva S., Montayeva N., Montayev S. et al. Development of Modified Sorbents Based on Diatomite in Western Kazakhstan for Groundwater Desalination. – 2024. PREPRINT (Version 1) available at Research Square <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4557821/v1>
- [29] Меркотун И. Н., Соколова Е. В., Магомедов Р. А., Филимонов А. А., Даржания А. Ю. Применение сорбентов природного происхождения // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 4(47). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-sorbentov-prirodnogo-proishozhdeniya>

## REFERENCES

- [1] Samonin V. V., Spiridonova E. A., Zotov A. S. et al. Chemical Structure, Porous Morphology, and Sorption Properties of Adsorbents Produced from Organic Technogenic Substrates (A Review) // Russian Journal of General Chemistry. 2021. Vol. 91. P. 1546-1565. <https://doi.org/10.1134/S107036322108017X>
- [2] Belenova S. V., Vigdorovich V. I., Shel N. V., Tsygankova L. E. Sorption capacity of natural sorbents // Bulletin of Russian Universities. Mathematics. 2015. No. 2. P. 388-396. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sorbtsionnaya-sposobnost-prirodnih-sorbentov> (in Russ.).
- [3] Government of the Republic of Kazakhstan. On Amendments to the Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan dated February 5, 2024 No. 66 “On Approval of the Concept for the Development of the Water Resources Management System of the Republic of Kazakhstan for 2024-2030” [Resolution No. 695 dated August 28, 2024]. “Adilet” Information and Legal System. 2024. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P24000000066> (in Kaz.).
- [4] Adizova Sh. T., Amonov M. R. Studying the effectiveness of sorbents for purification wastewater // Universum: Chemistry and Biology. Electronic Scientific Journal. 2024. No. 7(121). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/17752> (in Russ.).
- [5] Yan W. et al. Our journey in zeolite science // Microporous and Mesoporous Materials. 2023. Vol. 358. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2022.112368>
- [6] Ubaskina Y. A., Korosteleva Y. A. Investigation of the possibility of practical use of diatomite for wastewater treatment // Bulletin of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 2017. No. 7. P. 92-96. DOI: [https://doi.org/10.12737/article\\_5940f0199950b7.10091901](https://doi.org/10.12737/article_5940f0199950b7.10091901)
- [7] Mongolkhan R. Production of sorbents for industrial wastewater treatment // Herald of the Kazakh-British technical university. 2019. Vol. 16, No. 2. P. 22-29. [https://vestnik.kbtu.edu.kz/jour/article/view/112?locale=ru\\_RU](https://vestnik.kbtu.edu.kz/jour/article/view/112?locale=ru_RU) (in Kaz.).
- [8] Koval' M. G. Methods of Industrial Wastewater Treatment Using Natural Sorbents // Chemical Technology and Engineering: Proceedings of the 85th Scientific and Technical Conference of Faculty Members, Researchers, and Postgraduate Students (with international participation). Minsk: BSTU, 2021. February 1-13. P. 206-208. <https://elib.belstu.by/handle/123456789/41696> (in Russ.).
- [9] Kambarova E. A., Gavrilenko M. A., Bektenov N. A. Zeolites Modified with Polyethylenepolyamine and Epoxy Resin for the Removal of Lead Ions from Wastewater // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. 2021. Vol. 332, No. 1. <https://doi.org/10.18799/24131830/2021/1/2994> (in Russ.).

- [10] Seitzhanova M. A., Doszhanov Ye. O., Kuldeyev Ye. I., Mansurov Z. A., Tazhu K., Tanirbergenova S. K., Kanzhar-kan Ye., Tazhkenova G.K. The effect of heat treatment on the sorption characteristics of zeolite used in the process of water purification // *Combustion and Plasma Chemistry*. 2023. Vol. 21, No. 3. P. 173-179. [https://doi.org/10.18321/cpc21\(3\)173-179](https://doi.org/10.18321/cpc21(3)173-179) (in Russ.).
- [11] Tremasova A. M., Larina Yu. V. Shungite and zeolite for wastewater treatment // *Scientific Notes of the Bauman State University of Aviation and Space Technology*. 2020. No. 3. P. 257-261. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/shungit-i-tseolit-dlya-obezvrezhivaniya-stochnyh-vod> (in Russ.).
- [12] Musina U. Sh. Ecological properties of shale shungite in the treatment of wastewater of various technogenic origin // *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education]. 2015. No. 2-2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21572> (in Russ.).
- [13] Baigulbaeva M., Ongarbayev, Y., Zhambolova, A., & Zhumakhan, K. Study of the influence of mechanochemical activation on the elemental composition of shungite rocks // *Engineering Journal of Satbayev University*. 2021. Vol. 143, No. 2. P. 224-228. <https://doi.org/10.51301/vest.su.2021.i2.29> (in Russ.).
- [14] Serikbayeva A. M., Roman F. F., Diaz de Tuesta J. L., Gomes H. T. Preparation and physico-chemical characterization of organically modified clays with grafted dmsa and teoa // *Series chemistry and technology*. 2023. Vol. 1, No. 454. P. 115-128. DOI: 10.32014/2023.2518-1491.152
- [15] Madimarova G. B., Coj I. G., Amantajkyzy A., Masalimova B. K. Adsorbents based on clays from the Zhambyl region for wastewater treatment // *Eurasian Union of Scientists*. 2019. No. 2-2 P. 58-63. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/adsorbenty-na-osnove-glin-zhambylskoy-oblasti-dlya-ochistki-stochnyh-vod> (in Russ.).
- [16] Pimneva L.A. Use of natural clays as sorbents for natural and wastewater treatment // *Advances in modern natural science*. 2023. No. 7. P. 103-108. DOI: <https://doi.org/10.17513/use.38078> (in Russ.).
- [17] Zhalgasbaikyzy A., Nazhipkyzy M., Nurgain A., Zhaparova A. A., Mansurov Z. A. Diatomite: a natural occurring bioinspired nanomaterial with complex-shaped and its application // *Institute of Combustion Problems*. 2018. Vol. 16, No. 2. P. 86-89. <https://cpc-journal.kz/index.php/cpcj/article/view/194>
- [18] Government of the Republic of Kazakhstan. On Approval of the Concept for the Development of the Geological Sector of the Republic of Kazakhstan for 2023-2027: Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan No. 1127 dated December 30, 2022. – “Adilet” Information and Legal System of Regulatory Legal Acts of the Republic of Kazakhstan. 2022. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2200001127> (In Kaz.).
- [19] Smirnov P. V., Zhakipbaev B. E., Staroselets D. A., Deryagina O. I., Batalin G. A., Gareev B. I., Vergunov A. V. Diatomites and opoka from western kazakhstan deposits: lithogeochemistry, structural and textural parameters, potential of use // *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*. 2023. Vol. 334, No. 7. P. 187-201. DOI: <https://doi.org/10.18799/24131830/2023/7/4046> (in Russ.).
- [20] Ubas'kina Yu. A., Arsent'ev I. V., Fetyuhina E. G., Korosteleva Y., Adaev T. Study of mineralogical composition of diatomite for its safe mining and industrial usage // *Bulletin of Belgorod State Technological University named after*. 2016. No. 1. P. 128-132. URL: <https://naukaru.ru/ru/nauka/article/29943/view> (in Russ.).
- [21] Ageikina O. V., Golyanskaya S. A., Kachalova G. S. Sorption purification of industrial wastewater by diatomite from zinc ions // *Advances in Modern Natural Sciences*. 2024. No. 4. P. 71-78. DOI: <https://doi.org/10.17513/use.38251> (in Russ.).
- [22] Boriskov D. E., Efremova S. Y., Komarova N. A. Study of adsorption of cadmium ions from solutions on natural and modified diatomites // *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*. 2023. Vol. 23, iss. 1. P. 70-76. DOI: 10.18500/1816-9775-2023-23-1-70-76 , EDN: AOVKKS (in Russ.).
- [23] Myrzalieva S. K., Bagasharova J. T., Akilbekova Sh. K., Serikbaev P. Natural mineral raw materials as granular filtering materials in industrial and waste water treatment // *Complex Use of Mineral Resources*. 2025. Vol. 332(1). P. 70-78. <https://doi.org/10.31643/2025/6445.06>
- [24] Ulit'ko V.E., Pyhtina L.A., Desyatov O.A. et al. Next-Generation Feed Additives in the System of Nutritional Optimization and Realization of the Bioresource Potential of Animals // *Monograph. P.A. Stolypin Ulyanovsk State Agrarian University*. 2015. 512 p. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25459592> (in Russ.).
- [25] Strelkov A. K., Bykova P. G., Gridneva M. A. Filtration materials of natural origin // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 962. No. 2. 022038 p. DOI: 10.1088/1757-899X/962/2/022038
- [26] ElSayed E. E. Natural diatomite as an effective adsorbent for heavy metals in water and wastewater treatment (a batch study) // *Water Science*. 2018. Vol. 32, issue 1. P. 32-43. <https://doi.org/10.1016/j.wsj.2018.02.001>
- [27] Gumarova Zh. M., Sungatkyzy S., Sharafiyeva Zh. R., Bulekova A. A. Uxikbayeva M. K. Using the sorption properties of diatomite from the Aktobe deposit in improving the quality of drinking water in Western Kazakhstan // *E3S Web of Conf*. 2024. Vol. 539. 539 p. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453901007>
- [28] Satayeva S., Montayeva N., Montayev S. et al. Development of Modified Sorbents Based on Diatomite in Western Kazakhstan for Groundwater Desalination. 2024. PREPRINT (Version 1) available at Research Square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4557821/v1>
- [29] Merkotun I. N., Sokolova E. V., Magomedov R. A., Filimonov A. A., Darzhaniya A. Yu. Application of Natural-Origin Sorbents // *Don Engineering Bulletin*. 2017. No. 4(47). <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-sorbentov-prirodno-go-proishozhdeniya> (in Russ.).

Г. З. Бижанова<sup>1</sup>, М. М. Абдибаттаева<sup>2</sup>, У. Ш. Мусина<sup>3</sup>,  
Л. С. Курбанова<sup>\*4</sup>, Б. Х. Тусупова<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Докторант (Казахский национальный университет им. аль-Фараби,  
Алматы, Казахстан; *bgz2017@mail.ru*)

<sup>2</sup> Д.т.н., доцент (Казахский национальный университет им. аль-Фараби,  
Алматы, Казахстан; *maral7676@mail.ru*)

<sup>3</sup> К.т.н., доцент (Satbayev University, Алматы, Казахстан; *07061960@mail.ru*)

<sup>4\*</sup> К.т.н., и.о.доцента (Казахский национальный университет им. аль-Фараби,  
Алматы, Казахстан; *k\_lau@mail.ru*)

<sup>5</sup> К.т.н., старший преподаватель (Казахский национальный университет им. аль-Фараби,  
Алматы, Казахстан; *tussupova@yandex.ru*)

### ПРИРОДНЫЕ СОРБЕНТЫ: ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ АЛЬТЕРНАТИВА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ

**Аннотация.** В условиях растущей нагрузки на водные ресурсы и повышения требований к качеству сточных вод особое внимание уделяется разработке и совершенствованию экологически безопасных и экономически обоснованных методов их очистки. Рассматриваются возможности применения природных сорбентов для удаления различных загрязняющих веществ из сточных вод. Проведен анализ научных исследований, посвящённых использованию природных сорбентов для очистки сточных вод. Представлен обзор современных исследований, природных материалов, таких, как цеолиты, бентонит, шунгит, диатомит и глины, и их взаимодействия с загрязнителями. Методологической основой послужил анализ отечественных и зарубежных научных публикаций последних десяти лет. Отмечены высокая адсорбционная способность природных сорбентов и потенциал диатомита казахстанских месторождений для дальнейшего применения в очистке сточных вод. Обзор расширяет научные знания в области экологически безопасных технологий водоочистки и может служить основой для разработки новых решений, направленных на повышение эффективности систем очистки.

**Ключевые слова:** природные сорбенты, сточная вода, диатомит, экология.

G. Z. Bizhanova<sup>1</sup>, M. M. Abdibattaeva<sup>2</sup>, U. Sh. Musina<sup>3</sup>,  
L. S. Kurbanova<sup>\*4</sup>, B. Kh. Tusupova<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Doctoral student (Al-Farabi Kazakh National University,  
Almaty, Kazakhstan; *bgz2017@mail.ru*)

<sup>2</sup> Doctor of Technical Sciences, Associate Professor (Al-Farabi Kazakh National University,  
Almaty, Kazakhstan; *maral7676@mail.ru*)

<sup>3</sup> Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (Satbayev University,  
Almaty, Kazakhstan; *07061960@mail.ru*)

<sup>4\*</sup> Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (Al-Farabi Kazakh National University,  
Almaty, Kazakhstan; *k\_lau@mail.ru*)

<sup>5</sup> Candidate of Technical Sciences, senior lecturer (Al-Farabi Kazakh National University,  
Almaty, Kazakhstan; *tussupova@yandex.ru*)

### NATURAL SORBENTS: AN ENVIRONMENTALLY FRIENDLY ALTERNATIVE FOR WATER TREATMENT

**Abstract.** In the context of increasing pressure on water resources and increasing requirements for wastewater quality, special attention is paid to the development and improvement of environmentally friendly and economically sound methods for their purification. This review article discusses the possibilities of using natural sorbents to remove various pollutants from wastewater. An analysis of scientific studies devoted to the use of natural sorbents for wastewater treatment is carried out. An overview of modern studies on natural materials such as zeolites, bentonite, shungite, diatomite and clays and their interaction with pollutants is presented. The methodological basis is the analysis of domestic and foreign scientific publications of the last ten years. The high adsorption capacity of natural sorbents and the potential of diatomite from Kazakhstan deposits for further use in wastewater treatment are noted. The conducted review expands scientific knowledge in the field of environmentally friendly water treatment technologies and can serve as a basis for the development of new solutions aimed at improving the efficiency of existing treatment systems.

**Keywords:** natural sorbents, waste water, diatomite, ecology.