

PHYSICO-CHEMICAL STUDY OF THE ADSORPTION PROPERTIES OF NATURAL MINERALS FOR THE SORPTION TREATMENT OF WASTEWATERS

M.G. Murzagaliyeva¹, N.S. Ashimkhan^{1*}, A.K. Tanybayeva², A.A. Rysmagambetova²

¹Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Almaty, Kazakhstan

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

e-mail: nazgul.ashimkhan@mail.ru

Abstract. *Introduction.* Due to the large number of the production facilities, the problems of industrial water cleaning and waste processing often arise. Due to a decrease in the environmental conditions, there is a need to tighten the requirements for the disposal of the industrial wastewaters and wastes. Besides, there are requirements for creating effective methods in the field of industrial wastewater treatment. *The main goal of the research work* is to study the chemical composition and structure of the natural adsorbents for sorption purification of the industrial wastewaters from toxic metal ions, as well as the adsorption properties. *The method* DRON-4-7, Co-anode, 25kV, 25mA, 20-5-80oC of X-ray phase analysis method has been used. The X-ray phase analysis has been used as a research method. Bentonite montmorillonite (the Sredniy Tentek deposit), red bentonite (the Mukry deposit), zeolite (the Maytobe deposit) and diatomite (the Ile deposit), produced in the Almaty region, have been taken as the *research objects*. *As a result of the research*, it has been found that the main composition of the diatomite mineral consists of silicon oxide of various forms, the composition of the zeolite mineral Laumontite is $\text{Ca}_4\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48} \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ (51.3%), and the composition of bentonites includes beidellite - montmorillonite. It has been determined that the adsorption property of diatomite and zeolite is due to their high porosity, and for bentonites, the penetration of various ions into the interpacket space between the layers of minerals. *The conclusion of the study* is that natural minerals of the Almaty region, bentonite, montmorillonite (the Sredniy Tentek field), red bentonite (the Mukry field), zeolite (the Maitobe field) and diatomite (the Ile field) have high sorption properties, that is, sorption treatment of industrial wastewaters. These natural minerals have been used during the sorption treatment of the wastewaters of the “Kaynar-AKB” production.

Key words: waste water, natural adsorbent, X-ray analysis, sorption purification, natural minerals

<i>Murzagaliyeva Manshuk Ginayatovna</i>	<i>Candidate of Chemical Sciences, e-mail: m_murzagaliyeva@mail.ru</i>
<i>Ashimkhan Nazgul Seilkhankyzy</i>	<i>Candidate of Chemical Sciences, e-mail: nazgul.ashimkhan@mail.ru</i>
<i>Tanybayeva Ainur Abdurasulovna</i>	<i>Candidate of Chemical Sciences, e-mail: ainur.tanybaeva@kaznu.kz</i>
<i>Rysmagambetova Aina Akanovna</i>	<i>PhD, e-mail: rys.aina@mail.ru</i>

Citation: M.G. Murzagaliyeva, N.S. Ashimkhan, A.K. Tanybayeva, A.A. Rysmagambetova. Physico-chemical study of the adsorption properties of natural minerals for the sorption treatment of wastewaters. *Chem. J. Kaz.*, 2022, 4(80), 15-25. (In Kaz.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2022-3/2710-1185.90>

АҒЫНДЫ СУЛАРДЫ СОРЕБЦИЯЛЫҚ ТАЗАРТУ ҮШІН ТАБИҒИ МИНЕРАЛДАРДЫҢ АДСОРЕБЦИЯЛЫҚ ҚАСИЕТІН ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ

М.Г. Мурзагалиева¹, Н.С. Ашимхан^{1}, А.К. Таныбаева², А.А. Рысмагамбетова²*

¹С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медициналық университеті, Алматы, Қазақстан

²Әл - Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

e-mail: nazgul.ashimkhan@mail.ru

Түйіндемe. *Kіріспе.* Өндіріс орындарының көптеп ашылуына байланысты өндірістік суларды тазалау және қалдықтарды қайта өңдеу туралы мәселелер жиі туындайды. Экологиялық жағдайлардың төмендеуіне байланысты, өндірістік ағынды сулар мен қалдықтарды тастау талаптарын қатаңдату қажеттігі туындайды. Өндірістің қайсысы болмасын ағынды сулар мен қалдықсыз жұмыс жасамайды. Өндірісті жобалау кезінде ағынды сулардың түзілуін, оларды арқарай тазалау және қайта өңдеу тіпті қарастырылмаған. Өндірістік ағынды суларды қарапайым тәсілмен, яғни жақын қабылдау бөліміне немесе су құймасына ағызатын. Ағынды суларды осы тәсілмен ағызу қаншалықты зиян екенін ескерілмеген. Қазіргі уақытта өндірістік сарқын суларды ағызу тәсілдері өзгерген. Сонымен қатар, өндірістік ағынды суларды тазалау саласы бойынша тиімді тәсілдерді жасау талаптары қарастырылған. *Зерттеу жұмысының негізгі мақсаты* - өндірістік ағынды суларды уытты метал иондарынан сорбциялық тазарту үшін, табиғи адсорбенттердің химиялық құрамы мен құрылымын, адсорбциялық қасиетін зерттеу болып табылады. *Зерттеу әдісі* ДРОН-4-7, Со-анод, 25кV, 25mA, 20-5-80oC рентгендік фазалық талдау әдісі қолданылды. *Зерттеу нысандары* ретінде Алматы облысынан шығарылатын, бентонит монтмориллонит (Средний Тентек кен орны), қызыл бентонит (Мукры кен орны), цеолит (Майтобе кен орны) және диатомит (Іле кен орны) алынды. *Зерттеу нәтижесінде* диатомит минералының негізгі құрамы, формасы әртүрлі кремний оксидінен тұратыны, цеолит минералы Laumontite құрамы $\text{Ca}_4\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48} \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ (51,3%) екені, бентониттер құрамында бейделлит - монтмориллонит болатыны анықталды. Диатомит пен цеолиттің адсорбциялық қасиеті олардың кеуектілігінің жоғары болуына, бентониттер үшін минералдардың қабаттары арасындағы пакетаралық кеңістікке әртүрлі иондардың ене алуына байланысты екені анықталды. *Зерттеу қорытындысы* - Алматы облысынан шыққан табиғи минералдардың бентонит монтмориллонит (Средний Тентек кен орны), қызыл бентонит (Мукры кен орны), цеолит (Майтобе кен орны) және диатомит (Іле кен орны), сорбциялық қасиеті жоғары, яғни өндірістік ағынды суларды сорбциялық тазалау үшін қолдануға болатыны анықталды. Бұл табиғи минералдарды «Қайнар-АКБ» өндірісінің ағынды суларын сорбциялық тазарту кезінде қолданды.

Түйінді сөздер: ағынды сулар, табиғи адсорбент, рентгендік фазалық талдау, сорбциялық тазарту, табиғи минералдар

<i>Мурзагалиева Манишук Гиниятовна</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Ашимхан Назгуль Сеилханкызы</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Таныбаева Айнур Кабдрасуловна</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Рысмагамбетова Айна Акановна</i>	<i>PhD</i>

1. Кіріспе

Адам денсаулығына әсер ететін факторлардың ішінде қоршаған ортаның факторлары маңызды рөл атқарады. Адамның өндірістегі әрекеті су қоймаларының уытты заттармен, яғни металл иондарымен, мұнай өнімдерімен, улы синтетикалық заттармен ластануына әкелді [1].

Суды тазартудың барлық арнайы әдістерінің ішінде адсорбциялық әдістер ең қарапайым, арзанырақ, қолжетімді және тиімді болып табылады [2].

Табиғи минералды сорбенттерді адсорбциялық процеске, яғни суды тазарту процестерінде қолдану, олардың құны арзан және сорбциялық сыйымдылығының жоғары болуына байланысты болып табылады. Табиғи минералдардағы сорбция процестері туралы басылымдарды шолу, бұл процестердің аз зерттелгенін және бұл саланың егжей-тегжейлі зерттеуді қажет ететінін көрсетті. Сонымен қатар, суды тазартудың классикалық технологияларын ұзақ уақыт бойы пайдалану, гидросфераның одан да жоғары ластануына әкелді, бұл ағынды суларды тазартуда жаңа стратегиялар мен технологияларды қажет ететін көрсетеді [3].

Зерттеу жұмысының негізгі мақсаты - отандық табиғи минералдардың өндірістік ағынды суларды тазартуға қолдану үшін, химиялық құрамы мен құрылымын, адсорбциялық қасиетін анықтау болып табылады.

Өндірістік ағынды суларды тазартуды зерттеу бойынша табиғи адсорбенттер ретінде отандық минералдар - бентонит монтмориллонит (Средний Тентек кен орны), қызыл бентонит (Мукры кен орны), цеолит (Майтобе кен орны) және диатомит (Іле кен орны) алынды.

Зерттелініп отырған нысандардың химиялық құрамы мен құрылымын, адсорбциялық қасиетін анықтау үшін рентгендік фазалық талдау әдісі жасалды. Рентгендік фазалық талдау әдісі ДРОН-4-7, Со-анод, 25кV, 25mA, 20-5-80оС құралында зерттелді.

Зерттеу нәтижесінде диатомит минералының негізгі құрамы, формасы әртүрлі кремний оксидінен тұратыны, цеолит минералы Laumontite құрамы $\text{Ca}_4\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48} \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ (51,3%) екені, бентониттер құрамында бейделлит - монтмориллонит болатыны анықталды. Диатомит пен цеолиттің адсорбциялық қасиеті олардың кеуектілігінің жоғары болуына, бентониттер үшін минералдардың қабаттары арасындағы пакетаралық кеңістікке әртүрлі иондардың ене алуына байланысты екені анықталды. Зерттеу қорытындысы ретінде Алматы облысынан шыққан табиғи минералдардың бентонит монтмориллонит (Средний Тентек кен орны), қызыл бентонит (Мукры кен орны), цеолит (Майтобе кен орны) және диатомит (Іле кен орны), сорбциялық қасиеті жоғары, яғни өндірістік ағынды суларды сорбциялық тазалау үшін қолдануға болатыны анықталды. Қазіргі зерттеу жұмысы табиғи минералдарды өндірістік ағынды суларды тазарту процесіне ұтымды қолданып, жобалауға көмектесуі мүмкін.

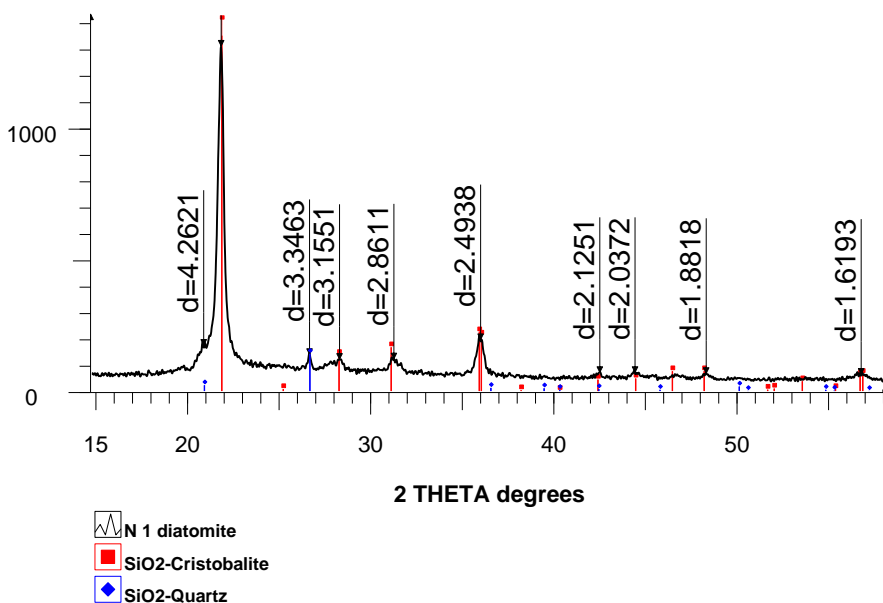
2. Нәтижелер және оларды талдау

Зерттеу жұмысының негізгі мақсаты - өндірістік ағынды суларды уытты метал иондарынан сорбциялық тазарту үшін, табиғи адсорбенттердің химиялық құрамы мен құрылымын, адсорбциялық қасиетін зерттеу болып табылады. Табиғи адсорбент ретінде бентониттер, диатомит және цеолит алынды. Осы минералдардың барлығы құрылымы мен қасиетіне байланысты жақсы адсорбенттер болып келеді [4-6]. Алматы облысында шығатын бентонит монтмориллонит (Средний Тентек кен орны), қызыл

бентонит (Мукры кен орны), цеолит (Майтобе кен орны) және диатомит адсорбенттер ретінде қолданылды.

Ауыр метал иондарынан ағынды суларды тазалау бойынша зерттеу жүргізу үшін алдымен адсорбенттердің химиялық құрамы мен құрылымын анықтау қажет. Зерттелініп отырған минералдардың сапалық және жартылай сандық құрамын анықтау үшін, рентгендік фазалық талдау жасалынды.

1 суретте диатомиттің (Іле кен орны) рентгенограммасы көрсетілген.



Сурет 1- Диатомиттің (Іле кен орны) рентгенограммасы

Рентгенограммадан алынған зерттеу нәтижелерін қолданып, осы минералдардың жартылай сандық талдауы жасалды (1 кесте).

Кесте 1- Диатомиттің (Іле кен орны) жартылай сандық талдау нәтижелері

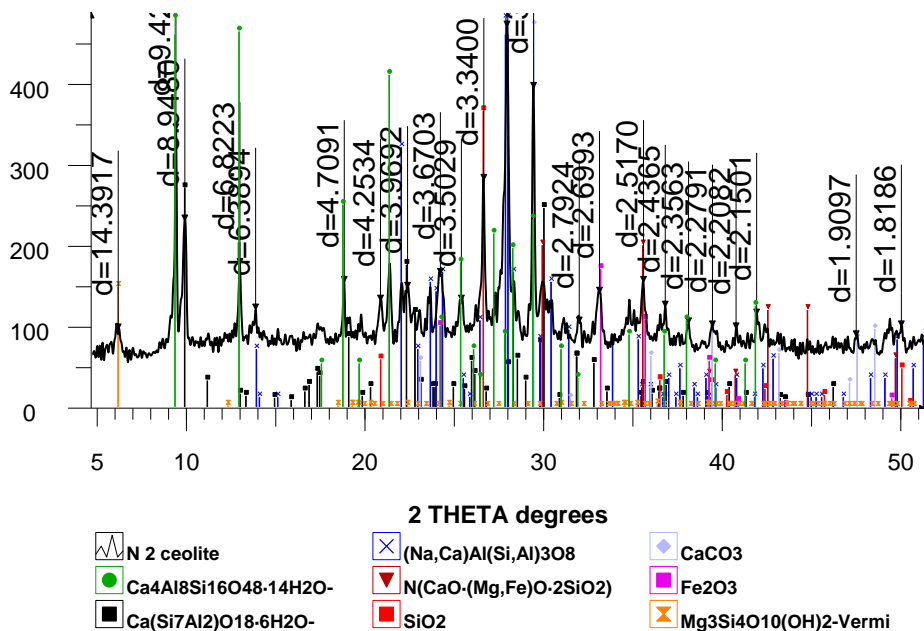
Formula	%
SiO ₂ -Cristobalite	95.7
SiO ₂ -Quartz	4.3

Зерттелініп отырған диатомиттің негізгі құрамы формасы әртүрлі кремний оксидінен тұратыны анықталды. Кристобалит жоғары температурада түрленген кварц SiO₂ болып келеді. Кристобалит сферолит немесе виноградин (размеры 1 мм шар тәрізді) түрінде обсидианда

(вулкандық шыны), сонымен қатар бос қуыстарда болады. Кейде кристобалит кристалдарында, қалыпты октаэдрлердің түйіршікті шоғырларында өскен тридимит пластиналарымен, сирек күрделі бал ұялы құрылым түрінде, псевдокубтық кристалдар (сфералық пішінді кристалдар), массивтік формада болады. Әдетте оның түсі ақтан сарғыш және ашық қоңырға дейін болады. Оның қаттылығы жоғары (6-7), меншікті салмағы $2,32-2,36 \text{ г/см}^3$ тең.

Осылайша, механикалық қаттылығы жоғары, жоғары температураға төзімділігі, сондай-ақ диатомиттің агрессивті ортаға тұрақтылығы оның құрамына байланысты екені анықталды. Диатомиттің адсорбциялық қасиеттері негізінен оның кеуектілігінің жоғары болуына байланысты екені анықталды.

Рентгенограммада (2-сурет) және 2-кестеде цеолиттің негізгі құрамы (Майтөбе кен орны) көрсетілген.



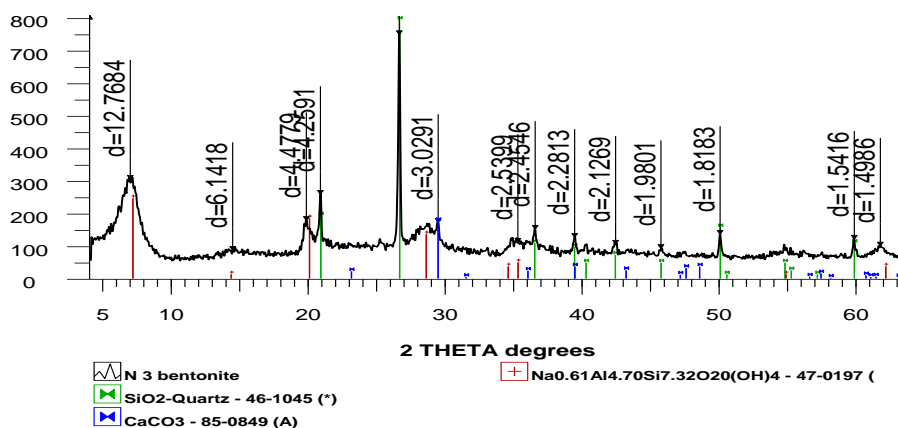
Сурет 2- Цеолиттің рентгенограммасы (Майтөбе кен орны)

Рентгенограмма талдауынан және кестеден көрініп тұрғандай, цеолит өзіндік сипаттамалары мен құрамы бар, табиғи минералдардың күрделі қоспасы болып табылады. Мысалы, ломонтит - сулы кальций алюмосиликаты негізіндегі цеолиттер тобына жатады. Моос шкаласы бойынша қаттылығы 3,5-4, тығыздығы $2,23-2,41 \text{ г/см}^3$, яғни өте нәзік минералға жатады. Гейландит минералы - цеолиттер тобынан, каркасты силикат. Альбит (лат. albus – ақ) – тау жыныстары түзетін, кең тараған минералдардың бірі, силикаттар класының магмалық текті, ақ түсті дала

шпаты, плагиоклаздар тобының алюмосиликаты. Авгит (грек тілінен αὐγή – «жарқырау») — клино-пироксендердің $\text{Ca}(\text{Mg,Fe,Al})[(\text{Si,Al})_2\text{O}_6]$ тобынан, жыныс түзетін минерал. Түсі жасылдан қараға дейін болады. Қаттылығы бойынша 5-6,5 тең. Ол андезит, базальт, диабаз және негізгі сипаттағы басқа магмалық тау жыныстарының құрамына кіреді. Гематит - кең таралған темір минералы (Fe_2O_3), ең маңызды темір рудаларының бірі. Синонимдер: қызыл темір рудасы, темір жылтыры, қаттылығы 5,5-6,5 тең. Тез сынғыш. Тығыздығы 4,9-5,3 тең. Вермикулит – гидрослюдалар тобындағы минерал, қаттылығы минералогиялық шкала бойынша 1-1,5, тығыздығы 2,4-2,7 г/см³ (кеңейтілген – 0,065-0,130 г/см³) тең.

Кесте 2 - Цеолиттің (Майтөбе кен орны) жартылай сандық талдау нәтижелері

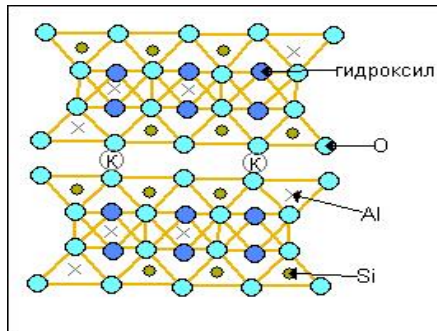
Formula	%
$\text{Ca}_4\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48} \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ -Laumontite	51.3
$\text{Ca}(\text{Si}_7\text{Al}_2)\text{O}_{18} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - Heulandite-Ca	16.1
$(\text{Na,Ca})\text{Al}(\text{Si,Al})_3\text{O}_8$ - Albite	10.1
$\text{N}(\text{CaO} \cdot (\text{Mg,Fe})\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2) \cdot (\text{Al,Fe})_2\text{O}_3$ - Augite	7.6
SiO_2 - Quartz	6.6
CaCO_3 -Calcite	6.2
Fe_2O_3 - Haematite	1.9
$\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ -Vermiculite	0.2



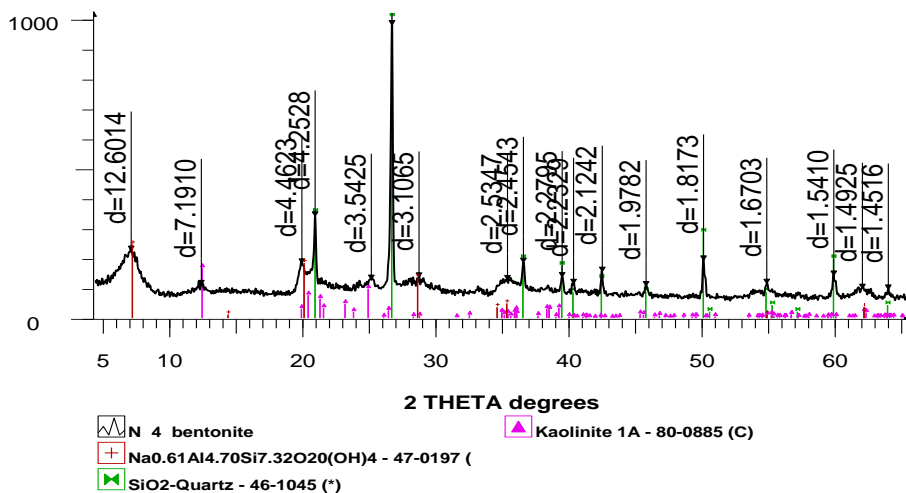
Сурет 3 - Бентонит-монтмориллонит үлгісінің рентгенограммасы (Средний Тентек кен орны)

Вермикулит биологиялық төзімді - ол микроорганизмдердің әсерінен ыдырауға және бұзылуға ұшырамайды, жәндіктер мен кеміргіштер үшін қолайлы орта емес, сонымен қатар химиялық инертті - сілтілер мен қышқылдардың әсеріне бейтарап. Жалпы алғанда, цеолиттің (Майтөбе кен орны) негізгі құрамында қаттылығы мен механикалық беріктілігі айтарлықтай жоғары минералдар бар екенін байқауға болады. Цеолиттердің маңызды қасиеті оның кристалдық құрылымына байланысты ион алмасу қабілеті болып табылады, ол $\text{SiO}_{2/4}$ және $\text{AlO}_{2/4}$ тетраэдрлік топтары арқылы түзілген, ортақ төбелермен үш өлшемді жақтауға біріктірілген, қуыстар мен каналдар арқылы өтеді, өлшемі 2-15 ангстрем [7-8] тең.

Осыған ұқсас рентгендік фазалық талдау екі бентонитке жүргізілді. Бірінші бентонит-монтмориллонит үшін рентгенограмма үлгісі 3-суретте көрсетілген. Бұл үлгінің кристалдану қасиеті төмен болғандықтан жартылай сандық талдау жүргізілмеді. Бентонит қатпарлы саздарға жатады, сондықтан оның құрылымында айқын кристалдар жоқ, бұл аморфты материал. Жалпы, зерттелетін бентониттің негізгі құрамдас бөлігі бейделлит, басқаша айтқанда монтмориллонит болып табылады. Бұл қатпарлы силикаттардың қосалқы класына жататын саз минерал. Бұл минералдың құрылымына байланысты ісіну қабілеті күшті және сорбциялық қасиеттері айқын (4-сурет).



Сурет 4 - Монтмориллониттің құрылымы



Сурет 5 - Қызыл бентониттің рентгенограммасы (Мукри кен орны)

Үш қабатты қаптама (2:1) төбелерімен бір-біріне қараған кремний-оттегі тетраэдрлерінің екі қабаты екі жағынан алюмогидроксил октаэдрлерінің қабатын жабады. Осыған байланысты, пакеттер арасындағы байланыс әлсіз, пакетаралық қашықтық үлкен, оған иондар мен су молекулалары түсе алады. Соған байланысты, минерал суланған кезде қатты ісінеді. Изоморфты алмастырулардың болуы, меншікті бетінің ауданы үлкен (600–800 м²/г дейін) және иондардың пакетаралық кеңістікке ену жеңілдігі маңызды катион алмасу қабілетімен (80–150 ммоль/100 г) анықтайды.

Төртінші үлгінің құрамы ұқсас, ол қызыл бентонит (Мукри кен орны) (5-сурет). Үлгіде алдыңғы минерал тәрізді құрамында бейделлит - монтмориллонит бар. Бірақ бұл минералда бейделлит - монтмориллонит мөлшері азырақ.

Осылайша, жүргізілген рентгендік фазалық талдау зерттеліп отырған минералдардың толық химиялық құрамын берді. Жалпы алғанда, минералдарының адсорбциялық қасиеттері, мысалы диатомит пен цеолитте, кеуектілігінің жоғары болуымен және бентониттер қабаттары арасындағы пакетаралық кеңістікке иондардың ене алуына байланысты болуы мүмкін.

4. Қорытынды

Өндірістік ағынды суларды тазартуды зерттеу бойынша табиғи адсорбенттер ретінде бентонит монтмориллонит (Средний Тентек кен орны), қызыл бентонит (Мукри кен орны), цеолит (Майтобе кен орны) және диатомит (Іле кен орны) алынды.

Зерттеу нәтижесінде диатомит минералының негізгі құрамы, формасы әртүрлі кремний оксидінен тұратыны, цеолит минералы Laumontite құрамы Ca₄Al₈Si₁₆O₄₈·14H₂O (51,3%) екені, бентониттер құрамында бейделлит -

монтмориллонит болатыны анықталды. Диатомит пен цеолиттің адсорбциялық қасиеті олардың кеуектілігінің жоғары болуына, бентониттер үшін минералдардың қабаттары арасындағы пакетаралық кеңістікке әртүрлі иондардың ене алуына байланысты екені анықталды. Зерттеу қорытындысы ретінде Алматы облысынан шыққан табиғи минералдардың бентонит монтмориллонит (Средний Тентек кен орны), қызыл бентонит (Мукры кен орны), цеолит (Майтобе кен орны) және диатомит (Іле кен орны), сорбциялық қасиеті жоғары, яғни өндірістік ағынды суларды сорбциялық тазалау үшін қолдануға болатыны анықталды. Қазіргі зерттеу жұмысы табиғи минералдарды өндірістік ағынды суларды тазарту процесіне ұтымды қолданып, жобалауға көмектесуі мүмкін.

Мүдделер қақтығысы: Авторлар бұл мақалада өзара мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛОВ ДЛЯ СОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

М.Г. Мурзагалиева¹, Н.С. Ашимхан^{1}, А.К. Таныбаева², А.А. Рысмагамбетова²*

¹Казахский национальный медицинский университет имени С.Д. Асфендиярова, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан
e-mail: nazgul.ashimkhan@mail.ru

Резюме. *Введение.* С развитием промышленного сектора все чаще встает вопрос об очистке производственных сточных вод и утилизации отходов. Ухудшается экологическая ситуация, вследствие чего вынуждены ужесточать требования к сбросу отходов и сточных вод предприятий. Как известно, практически не одно предприятие не может работать без отходов и сточных вод. При проектировании производства еще несколько лет назад не особенно учитывали образование сточных вод, их дальнейшую утилизацию и очистку. Как правило, решалось все более простым способом, сточные воды отводились на ближайшую точку приема или на водоем. Последствия сброса сточных вод не рассчитывались. С появлением современных методов очистки сточных вод, задачи по очистке сбросов начали находить свои решения. Разнообразие состава стоков определяет широту выбора различных технологических схем и оборудования для их очистки. *Основной целью исследовательской работы* является изучение химического состава и строения природных адсорбентов для сорбционной очистки промышленных сточных вод от ионов токсичных металлов, а также адсорбционных свойств. *В качестве метода исследования* использовали - метод рентгенофазового анализа ДРОН-4-7, Со-анод, 25кV, 25mA, 20-5-80oC. *В качестве объектов исследования* были взяты бентонит - монтмориллонит (месторождение Средний Тентек), красный бентонит (месторождение Мукры), цеолит (месторождение Майтобе) и диатомит (месторождение Или), добываемые в Алматинской области. *В результате исследований установлено*, что основной состав диатомита состоит из оксида кремния различных форм, состав цеолита Laumontite $\text{Ca}_4\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48} \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ (51,3%), состав бентонитов входит бейделлит - монтмориллонит. Определено, что адсорбционное свойство диатомита и цеолита обусловлено их высокой пористостью, а для бентонитов проникновением различных ионов в межпакетное пространство между слоями минералов. *Вывод исследования* состоит в том, что природные минералы Алматинской области обладают высокими сорбционными свойствами, то есть их можно использовать при сорбционной очистке промышленных сточных вод. Эти природные минералы использовались при сорбционной очистке сточных вод производства «Кайнар-АКБ».

Ключевые слова: сточные воды, природный адсорбент, рентгенофазовый анализ, сорбционная очистка, природные минералы

<i>Мурзагалиева Манишук Гинаятовна</i>	<i>Кандидат химических наук</i>
<i>Ашимхан Назгуль Сеилханкызы</i>	<i>Кандидат химических наук</i>
<i>Таныбаева Айнур Кадрасуловна</i>	<i>Кандидат химических наук</i>
<i>Рысмагамбетова Айна Акановна</i>	<i>PhD</i>

Әдебиеттер тізімі

1. Везенцев, А.И. Адсорбционные свойства продуктов обогащения природных монтмориллонитсодержащих глин. Белгород: Белгородский государственный национальный исследовательский университет. **2011**, 103-108. http://dspace.bsu.edu.ru/bitstream/123456789/46447/1/Vezentsev_Adsorb.pdf
2. Івченко, В.Д. Очищення стічних вод від іонів амонію та феруму глинистими мінералами Сумської області: Автореф. канд. техн. наук: 21.06.01. Сумський національний аграрний університет. **2012**, 35 с. <http://www.disslib.org/ochyshchennja-stichnykh-i-poverkhnevykh-vod-vid-ioniv-amoniju-ta-ferumu-hlynystymy.html>
3. О.А. Трошина, Г.І. Ланець. Дослідження адсорбційних властивостей глин родовищ Донбасу. *Матеріали XXIV Всеукраїнської наукової конференції аспірантів і студентів*. Донецьк: ДонНТУ. **2014**, Т.1, 92 – 94. <https://masters.donntu.ru/2014/feht/lanets/library/article1.htm>
4. Gholikandi G.B., Baneshi M.M., Dehghanifard E., Salehi S., Yari A.R.. Natural zeolites application as sustainable adsorbent for heavy metals removal from drinking water. *Iranian J. of Toxicology*, **2010**, 3, No.3, 302-310. DOI: <http://ijt.arakmu.ac.ir/article-1-53-en.html>
5. Ju Okoli, Ibe Ezuma. Adsorption studies of heavy metals by low-cost adsorbents. *J. Appl. Sci. Environ. Manage.*, **2014**, 18, No.3, 443-448. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jasem.v18i3.11>
6. Kafia M. Shareef S. Agricultural Wastes as Low Cost Adsorbents for Pb Removal: Kinetics, Equilibrium and Thermodynamics. *Intern. J of Chem.*, **2011**, 3, No.3, 19-32. DOI: <https://doi.org/10.5539/ijc.v3n3p103>
7. Khadhraoui M., Watanabe T., Kuroda M. The effect of the physical structure of a porous Ca-based sorbent on its phosphorus removal capacity. *Water Res.*, **2002**, 36, No.15, 3711–3718. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0043-1354\(02\)00096-9](https://doi.org/10.1016/s0043-1354(02)00096-9)
8. Khraisheh M.A., Al-Ghouti M.A., Allen S.J., Ahmad M.A. The Effect of pH, Temperature, and Molecular Size on the Removal of Dyes from Textile Effluent Using Manganese Oxides-Modified Diatomite. *Water Environ. Res.*, **2004**, 76, No.7, 2655–2663. DOI: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16042113/>

References

1. Vezentsev, A.I. Adsorption properties of enrichment products of natural montmorillonite-containing clays. Belgorod: Belgorod State National Research University. **2011**, 103-108. (In Russ). http://dspace.bsu.edu.ru/bitstream/123456789/46447/1/Vezentsev_Adsorb.pdf
2. Ivchenko, V.D. Purification of sewage waters from ammonium ions and ferum with clay minerals of the Summy region: Abstract of the thesis. cand. tech. Sciences: 21.06.01. Sumy National Agrarian University. **2012**, 35. <http://www.disslib.org/ochyshchennja-stichnykh-i-poverkhnevykh-vod-vid-ioniv-amoniju-ta-ferumu-hlynystymy.html>
3. Troshina O.A., Lanets G.I. Research on the adsorption power of clays from Donbas genera. Materials of XXIV All-Ukrainian scientific conference of graduate students and students. Donetsk: DonNTU. **2014**, V.1, 92 – 94. <https://masters.donntu.ru/2014/feht/lanets/library/article1.htm>
4. Gholikandi G.B., Baneshi M.M., Dehghanifard E., Salehi S., Yari A.R.. Natural zeolites application as sustainable adsorbent for heavy metals removal from drinking water. *Iranian J. of Toxicology*, **2010**, 3, No.3, 302-310. DOI: <http://ijt.arakmu.ac.ir/article-1-53-en.html>
5. Ju Okoli, Ibe Ezuma. Adsorption studies of heavy metals by low-cost adsorbents. *J. Appl. Sci. Environ. Manage.*, **2014**, 18, No.3, 443-448. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jasem.v18i3.11>
6. Kafia M. Shareef S. Agricultural Wastes as Low Cost Adsorbents for Pb Removal: Kinetics, Equilibrium and Thermodynamics. *Intern. J of Chem.*, **2011**, 3, No.3, 19-32. DOI: <https://doi.org/10.5539/ijc.v3n3p103>

7. Khadhraoui M., Watanabe T., Kuroda M. The effect of the physical structure of a porous Ca-based sorbent on its phosphorus removal capacity. *Water Res.*, **2002**, 36, No.15, 3711–3718. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0043-1354\(02\)00096-9](https://doi.org/10.1016/s0043-1354(02)00096-9)

8. Khraisheh M.A., Al-Ghouti M.A., Allen S.J., Ahmad M.A. The Effect of pH, Temperature, and Molecular Size on the Removal of Dyes from Textile Effluent Using Manganese Oxides-Modified Diatomite. *Water Environ. Res.*, **2004**, 76, No.7, 2655–2663. DOI: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16042113/>