

Шакешев Бекболат Темержанұлы¹

техника ғылымдарының кандидаты,

Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті,
Орал, Қазақстан, bekshakeshev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7470-9221

Нариков Қанат Амангелдыұлы²

техника ғылымдарының кандидаты,

Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті,
Орал, Қазақстан, knarik1969@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6459-140X

Ідірісов Бексұлтан Лепесұлы^{*3}

техника ғылымдарының магистрі,

Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті,
Орал, Қазақстан, beksultan.idirisov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3586-7128

Джумабаева Камар Муратовна⁴

PhD докторанты,

Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті,
Орал, Қазақстан, Zhumabaeva12.02.88@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7633-4064

**ДИАТОМИТТИҢ МИНЕРАЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ГЕОХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН
КЕШЕНДІ ЗЕРТТЕУ**

Аңдатпа. Бұл мақалада Ақтөбе облысы, Жалпақ кен орнындағы диатомит шикізатының минералогиялық және геохимиялық құрамдары бойынша мәліметтер келтірілген. Ол үшін рентгендік дифракциялық талдау мен химиялық талдау әдістері қолданылды. Диатомит құрамында негізгі минерал ретінде кварц анықталды. Бұл шикізатты кремний көзі ретінде қолдануға болатынын көрсетеді. Сонымен қоса каолинит, иллит сияқты саз құрамында кездесетін минералдар да байқалды. Геохимиялық талдаулар барысында да кремний мөлшері жоғарылығымен қатар, ванадий, хром, барий және никель сияқты элементтердің бар екендігі анықталды.

Диатомиттің құрамы мен құрылымының ерекшеліктеріне байланысты құрылыс, ауыл шаруашылығы, медицина тағы да көптеген салаларда қолдануға болатынын көрсетеді. Және де әр түрлі салада бұл шикізатты қолдану ерекшеліктері мен тиімділігі ғылыми бағыттардың қызығушылығын туғызып отырғанын көруге болады. Оның сорып алу, сүзгілеу қасиеті де жан-жақты зерттеліп, лайықты бағаланып келеді. Тек орналасу орны мен табағи жағдайларына қарай кішкене өзгешеліктерді байқауға болады.

Кілт сөздер. минералогия, геохимия, XRD, кварц, каолинит, мусковит, ауыр металдар, кремний, алюмосиликаттар.

Шакешев Бекболат Темержанович¹

кандидат технических наук,

Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет,
Уральск, Казахстан, bekshakeshev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7470-9221

Нариков Канат Амангельдинович 2

кандидат технических наук,
Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет,
Уральск, Казахстан, knarik1969@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6459-140X

Идирисов Бексұлтан Лепесович*3

магистр технических наук,
Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет,
Уральск, Казахстан, beksultan.idirisov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3586-7128

Джумабаева Камар Муратовна4

Докторант PhD,
Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана,
Уральск, Казахстан, Zhumabaeva12.02.88@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7633-4064

**КОМПЛЕКСНОЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЕ И ГЕОХИМИЧЕСКОЕ
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИАТОМИТА**

Аннотация. В данной статье представлены сведения по минералогическому и геохимическому составу диатомитового сырья на месторождении Жалпак, Актюбинской области. Для этого использовались методы дифракционного анализа рентгеновских лучей и химического анализа. Кварц был определен как основной минерал, содержащий Диатомит. Это говорит о том, что сырье можно использовать в качестве источника кремния. Кроме того, наблюдались минералы, содержащиеся в глине, такие как каолинит, иллит. В ходе геохимических анализов также было обнаружено, что наряду с высоким содержанием кремния присутствуют такие элементы, как ванадий, хром, барий и никель.

Из-за особенностей состава и структуры диатомита показано, что его можно использовать во многих областях, таких как строительство, сельское хозяйство, медицина и т. д. И можно видеть, что особенности и эффективность использования этого сырья в различных областях вызывают интерес научных направлений. Его всасывающие и фильтрующие свойства также всесторонне изучены и оценены по достоинству. Только в зависимости от местоположения и условий тарелки можно заметить небольшие различия.

Ключевые слова. Минералогия, геохимия, XRD, кварц, каолинит, мусковит, ауыр металдар, кремний, алюмосиликаты.

Shakeshev Bekbolat Temerzhanovich 1

candidate of technical sciences,
West Kazakhstan innovation and Technology University,
Uralsk, Kazakhstan, bekshakeshev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7470-9221

Narikov Kanat Amangeldinovich 2

candidate of technical sciences,
West Kazakhstan innovation and Technology University,
Uralsk, Kazakhstan, knarik1969@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6459-140X

Itisov Beksultan Lepesovich*3

master of technical sciences,
West Kazakhstan innovation and Technology University,
Uralsk, Kazakhstan, beksultan.idirisov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3586-7128

Zhumabayeva Kamar Muratovna4

PhD student,
Zhangir Khan West Kazakhstan agrarian and Technical University,
Uralsk, Kazakhstan, Zhumabaeva12.02.88@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7633-4064

**COMPREHENSIVE MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL INVESTIGATION
OF DIATOMITE**

Abstract. This article provides information on the mineralogical and petrochemical composition of diatomite raw materials at the Zhalpak deposit in Aktobe region. Methods of X-ray diffraction analysis and chemical analysis were used for this purpose. Quartz has been identified as the main mineral containing Diatomite. This suggests that the raw material can be used as a source of silicon. In addition, minerals contained in clay, such as kaolinite and illite, were observed. During the geochemical analyses, it was also found that along with a high content of silicon, elements such as vanadium, chromium, barium and nickel are present.

Due to the peculiarities of the composition and structure of diatomite, construction, agriculture, medicine indicate that it can be used in many more areas. And it can be seen that the features and effectiveness of the use of this raw material in various fields are of interest to scientific directions. Its suction and filtering properties are also studied and adequately evaluated. Only small differences can be observed depending on the location and conditions of the plate.

Key words. Mineralogy, geochemistry, X-ray diffraction (XRD), quartz, kaolinite, muscovite, heavy metals, silicon, aluminosilicates.

Кіріспе. Диатомит – диатомды балдырлардың кремнийлі қаңқаларының жинақталуынан түзілген табиға шөгінді жыныс. Оның қалыптасу ортасы судағы диатомдардың тіршілік етуіне байланысты. Бұл шикізаттың жасуша қабырғалары аморфты кремнеземнен құралып, уақыт өтуіне байланысты балдырлар қалдықтары арқылы шөгінді қабаттар түзілген. Және де қазірге кезде осы шөгінділер кен орындары ретінде зерттеліп, қолданылу үстінде [1]. Орналасу орнына, қалыптасу ортасына байланысты құрам мен құрылымда өзгешелік болғанына қарамастан, негізгі қалыптасу ортасы көл не теңіздік орта екені басты назар аудартады [2].

Диатомиттің басты ерекшелігі ретінде құрамындағы кремнезем мен құрылымының кеуектілігін атауға болады. Көптеген зерттеу мақалаларында кремний мөлшері 76-96 пайыз аралығында болады [3,4,5]. Негізгі фаза аморфты кремнезем болғанымен. Кристал құрылымды минералдар да кездеседі. Кварц, каолинит, мусковит, монтморилонит және дала шпаттары сияқты минералдардың кездесуі осыған дәлел бола алады [6,7]. Минералдық құрамның әртүрлілігі диатомиттің қалыптасу орны мен шөгінді ортасына геологиялық процестерге байланысты.

Қазіргі кездегі ғалымдардың қызығушылығын тудыруға байланысты жан-жақты зерттеулер жасалып келеді. Бұл әдістер қатарына XRD, XRF, SEM және TEM әдістерін айтуға болады. Бұл әдістермен минералдық фаза, материал морфологиясы мен кеуектілігін анықтауға болады. Зерттеулер диатомит бөлшектерінің микро және

нанокеукті екендігін көрсеткен. Құылымының кеуектілігі материалдың сіңіру қабілетінің жоғары екенін көрсетеді. Осы ерекшелігі арқылы қолданылу саласы мен тиімді факторларды айқындауға мүмкіндік туындайды [3,7,8].

Әлемдік өндірістегі диатомиттің негізгі саласы ретінде тағам, химия және фармацевтикада сүзгі материалы ретінде қолданылып келеді [2]. Сонымен қатар сұйық және газ тәрізді орталардағы қоспаларды тиімді ұстауға жағдай жасайды.

Соңғы жылдардағы зерттеулерге қарағанда диатомит қолданылу саласы ретінде, қазіргі кездегі әлемдік мәселелердің бірі де бірегейі экологиялық мақсатқа ерекше назара аударылуда. Табиғи және өңделген диатомиттің ауыр металл иондары үшін сіңіру қызметін де атқара алады. Қышқылдық және сілтілік өңдеуден өткен диатомиттердің мыс, корғасын, никель, кадмий және басқа да металдарды сіңіру қабілеті жоғары екенін көруге болады [9,10]. Жалпы алғанда ауыр металдарды сіңіру ион алмасу, кешен түзу және электростатикалық әрекеттесу арқылы жүзеген асады [11]. Диатомит ағынды суларды, жер асты суларын тазарту технологияларында да табиғи сіңіргіш ретінде де қарастыруға болады.

Диатомитті қолдану аясы өте кең екендігінің тағы бір дәлелі ретінде құрылыс саласында да қолдану белең алуда. Зерттеулерде цемент пен бетон құрамына енгізу арқылы одан алынатын өнімнің беріктігі мен белгілі дәрежеде қасиеттерінің жақсаратыны айтылған [12]. Аталдаған салада керамика алуда қоспа ретінде, ал борасиликатты шыны алуда кремнезем көзі бағытындағы зерттеудер де айтарлықтай дамуда [13,14].

Энергетика саласы бойынша да диатомитті тиімді қолдану зерттелуде. Оның құрылымы энергия жинақтау материалдарын, катализатор тасмалдағыштарын және фазалық ауысу материалдарын дайындауда негізгі шикізат ретінде қарастылылуда [7,15]. Медицинада дәрілік заттарды тасымалдаушы жүйелерді жасау, химиялық құрақтылық қасиеті арқылы түсіндіріледі [16].

Әдеби мәліметтерді талдау диатомиттің қасиеті оның минералдық және геохимиялық құрамымен тікелей байланысты екенін көрсетті. Қазіргі кездегі өндірістің басым көпшілігінде диатомитті тиімді қолдану, табиғи шикізаттарға деген сұраныстың артып келе жатқанымен байланысты. Ең бірінші экологиялық мәселер бойынша тиімді материал табу. Екінші композит материалдарды жасауға кететін шығынды азайту. Жоғарыда айтып кеткендей әрбір кен орынының диатомит қорын, құрамын, құрылымын жеке-жеке талдау жүргізу арқылы ғана оның мүмкіндіктерін бағалауға болады. Осыған байланысты осы зерттеу минералдық және элементтік құрамын анықтау бойынша жүргізілді. Және бұл талдаулар диатомиттің ғылыми негізде зерттеудің басты бағытының бірі болып табылады.

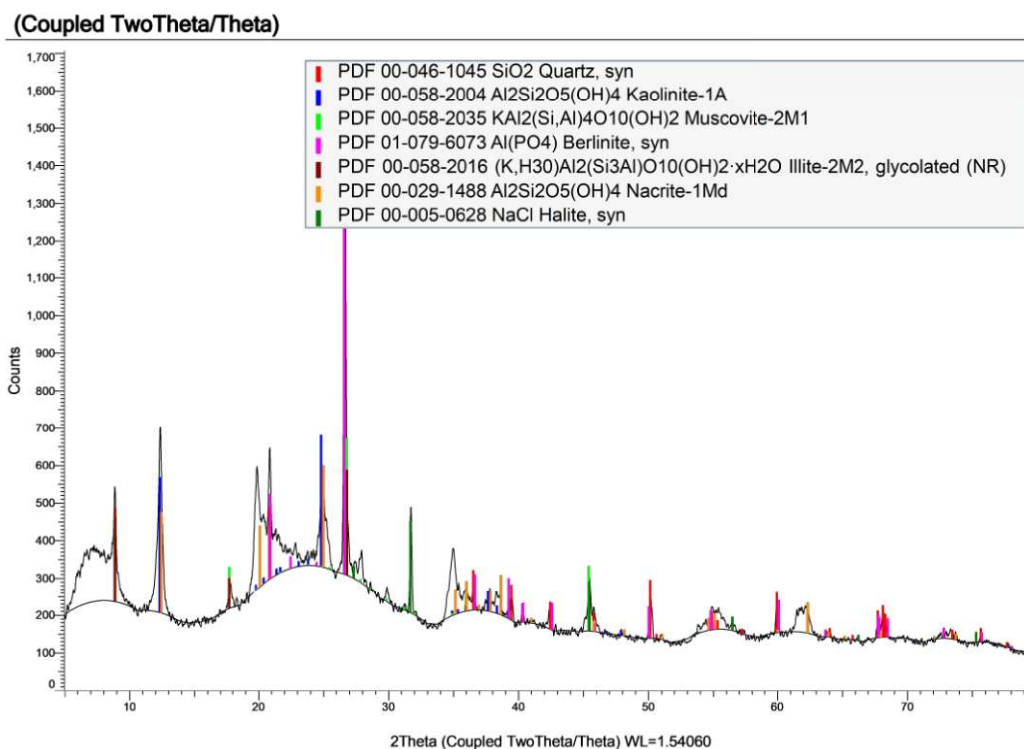
Зерттеу материалдары мен әдістері. Зерттеу жұмыстары Египет Араб Республикасының Ауыл шаруашылығы және жерді мелиорациялау министрлігіне қарасты Desert Research Center ғылыми-зерттеу орталығының Water and Soil Analysis Unit зертханасында жүргізілді. Зерттеуге Ақтөбе облысы, Жалпақ кен орнынан алынған диатомит үлгісі алынды. Рентгендік дифракциялық талдау (XRD) арқылы минералдық құрам және ауыр металдарға арналған геохимиялық талдау әдістері қолданылды.

Рентгендік дифракциялық талдауы кварц, каолинит, мусковит, иллит, накрит, галит және берлинит минералдары диатомит құрамында бар екендігін көрсетті (1 кесте). Бұл минералдар үлгінің аллюмосиликатты екендігін айқындайды. Көп мөлшерде дерлік кварц минералының болуы диатомиттің кремнийге бай екендігін білдіреді(1 сурет). Сонымен қоса талдау барысында каолинит пен иллит кездесу сазды минералдардың қалыптасу кезеңдерінің болғандығын білдіреді. Нақты осы талдау қай өңірдегі диотамит қандай қасиеті арқылы қандай салада қолдану тиімді екендігін көрсетеді. Әрине бұл

қасиеттерімен қатар құрылымы бойынша да талдаулар жүргізу өте маңызды. Диотамит құрамындағы минералдарға талдау жасай отырып, оның икемділік қасиетінің біршама жақсы екендігін де байқауға болады. Ал ол өз кезегінде қолдану саласын айтарлықтай кеңейте түсері анық.

Кесте 1 – XRD талдауы бойынша анықталған минералдардың салыстырмалы мөлшері

№	Минерал атауы	Химиялық формуласы	Салыстырмалы мөлшері, %
1	Кварц	SiO ₂	17.4
2	Каолинит	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	17.8
3	Мусковит	KAl ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂	17.9
4	Берлинит	AlPO ₄	17.0
5	Иллит	(K,H ₃ O)Al ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH) ₂ ·xH ₂ O	13.8
6	Накрит	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	13.4
7	Галит	NaCl	2.7



1-сурет. XRD рентгендік дифракциялық үлгісі

Диотамиттің құрамындағы ауыр металдарға талдау жүргізу арқылы геохимиялық қасиеттері анықталды (2 кесте). Нәтиже бойынша кремнийден бөлек хорм, ванадий, никель, барий, молибден және қорғасын анықталды. Екі талдау да бір-бірін толықтырып, бірдей шамадағы мәндерді көрсетіп отыр.

2-кесте – Зерттелген жыныс үлгісіндегі ауыр металдар концентрациясы мен өлшем бірлігі

№	Элемент атауы	Концентрациясы	Өлшем бірлігі
1	Алюминий (Al)	0.326	%
2	Бор (B)	837.9	mg/l
3	Барий (Ba)	172.5	mg/l
4	Кальций (Ca)	0.1136	%
5	Кадмий (Cd)	2.0	mg/l
6	Кобальт (Co)	<0.01	mg/l
7	Хром (Cr)	208.4	mg/l
8	Мыс (Cu)	70.6	mg/l
9	Темір (Fe)	1.5454	%
10	Магний (Mg)	0.2675	%
11	Марганец (Mn)	0.1766	%
12	Молибден (Mo)	27.5	mg/l
13	Никель (Ni)	56.3	mg/l
14	Қорғасын (Pb)	3.4	mg/l
15	Кремний (Si)	744.1	mg/l
16	Стронций (Sr)	236.9	mg/l
17	Ванадий (V)	251.9	mg/l
18	Мырыш (Zn)	0.1842	%

Ескерту – Негізгі элементтердің мөлшері пайыздық (%) бірлікте, ал микроэлементтер мен ауыр металдардың концентрациясы mg/l бірлігінде көрсетілді. Нәтижелер зертханалық талдау хаттамасында берілген өлшем бірліктеріне сәйкес ұсынылды.

Темір, магний және марганец элементтерінің болуы минералдық құрамы бойынша анықталған аллюмосиликатты және сазды минералдардың қалыптасуымен байланысты болуы керек. Ал галит минералының болуы үлгі ретінде алынған диатомиттің жынысының құрамында тұзды қосылыстардың бар екендігін көрсетеді. Құрамға жасалған талдаулар шөгінді жыныстар құрамымен сәйкес келетінін дәлелдейді.

Жалпы айтқанда, жасалған зерттеулер диатомит құрамының күрделі екендігін көрсетті. Себебі диатомит қалыптасуы көпсатылы болғандығын байқауға болады. Талдау барысында алынған мәліметтер алдағы құрылыс саласы бойынша зерттеулер жүргізу барысының бастапқы кезеңі ретінде қабылданады. Құрылыс материалы ретінде керамика мен бетонға қоспа ретінде қосу арқылы дайын өнімнің сапасына әсер етуі мен тиімділігі бойынша зерттеулерде кеңінен қолданылады.

Нәтижелер және оларды талқылау. Зерттеу жүргізу барысында күрделі құрылымы мен күрделі құрамы диатомит материалының ерекше қасиеттерге ие екендігін көрсетті. Кварц үлесі 17,4 пайызды құрады. Бұл кремнеземге бай екендігін көрсетіп, диатомдарға тән негізгі ерекшеліктердің бірі болып табылады. Деректер бойынша диатомит құрамында аморфты кремнеземның мөлшері жоғары болуы, оның сүзу мен сіңіру қасиетіне әсер ететіндігі келтірілген [6,7].

Каолинит пен накриттің химиялық құрамы ұқсас болғанымен, олардың кристалдық құрылымдарының ерекшеленуі жыныстың қалыптасуы барысында әртүрлі физикалық және химиялық жағдайлардың болғанын көрсетеді. Иллит пен мусковиттің болуы калийге бай орта жағдайында сазды минералдардың қайта кристалдану процестерімен байланысты. Мұндай минералдық құрам көптеген көлді және шөгінді бассейндерде қалыптасқан диатомиттер үшін тән ерекшелік болып саналады.

Диатомит құрамында берлинит минералының ($AlPO_4$) 17 пайыз мөлшерде анықталуы ерекше назар аудартады. Берлинит алюминий фосфатының кристалдық түрі болып табылады және оның кездесуі жыныстың қалыптасуы кезінде фосфордың жинақталуымен байланысты болады. Бұл жағдай зерттелген кен орнында биогендік және шөгінді процестердің қатар жүргендігін көрсетуі ықтимал. Сонымен қатар галиттің 2,7 пайыз мөлшерінде байқалуы тұзды ортаның әсерін немесе жерасты суларының минералдану процестерін көрсетеді. Және де галит жыныстың қалыптасуында булану процестерінің маңызды рөл атқарғанын да көрсетеді.

Ауыр металдардың ішінде ванадий, хром, барий және никельдің салыстырмалы түрде жоғары мөлшерде көрінді. Ванадий мен хромның жоғары мөлшері бастапқы шөгінді материалдардың құрамымен қатар, жыныстың қалыптасу кезеңіндегі геохимиялық жағдайлармен байланысты болады. Әдебиеттерде бұл элементтердің сазды минералдар мен темір оксидтерімен байланысып жиналатыны көрсетілген. Үлгіде темірдің мөлшері 1,54 пайыз мөлшерде болғандықтан, аталған элементтердің белгілі бір бөлігі темірлі минералдық фазалармен байланысқанын айтуға болады.

Никель, мыс және кадмий концентрацияларының анықталуы жыныстың қоршаған орта компоненттерімен өзара әрекеттесу қабілетін бағалауда маңызды көрсеткіш болып табылады. Сонымен қатар бұл элементтердің болуы зерттелген материалдың ауыр металдарды сіңіру қасиетімен түсіндіруге болады. Диатомит материалының жоғары кеуектілігі мен дамыған меншікті беті ауыр металл иондарын тиімді сіңіруге мүмкіндік беретіні көптеген зерттеулерде дәлелденген [9,10].

Алюминий, магний, марганец және мырыш сияқты элементтердің болуы минералдық талдауда анықталған алюмосиликатты минералдардың құрамымен сәйкес келеді. Бұл элементтер каолинит, иллит және мусковит сияқты минералдардың құрылымдық қосындылары болып табылады. Сонымен қатар стронцийдің және бордың мөлшері жоғары болуы зерттелген жыныстың минералданған сулы орта жағдайында қалыптасқандығын тағы да бір рет дәлелдейді.

Алынған нәтижелер жарияланған ғылыми мақалалармен салыстырғанда өзіндік ерекшелігі бар екендігін көрсетті. Көптеген зерттеуде кремнезем мөлшері 76-86 пайыз аралығында анықталса, бұл диатомит үлгісінде керісінше сазды минералдардың үлес көп болғаны көрінді. Бұл әр диатомит кенінің өз ерекшеліктері бар деген сөз. Зерттеу барысында талдауларға баса назар аудару керектігін ескерген жөн.

Қорытынды. Жүргізілген минералогиялық және геохимиялық зерттеулер диатомит құрамы күрделі екендігін көрсетті. Минералдардың мұндай мөлшерде болуы түзілу кезеңіндегі бернеше геологиялық және геохимиялық әсер ету мәндеріне байланысты.

Сонымен қатар кварц мөлшерінің көп болуы диатомиттің керамикалық материалдар өндірісінде қолдану мүмкіндігін арттырады. Каолинит, иллит, мусковит және накрит сияқты сазды және алюмосиликатты минералдардың болуы керамикалық кірпіштер мен бұйымдар жасауда, қаптама материалдар жасауда диатомитті шикізат ретінде қарастыруға мүмкіндік береді. Минералдық құрам бойынша алғанда керамикалық массаның қалыптасуы, күйдіру кезіндегі фазалық өзгерістерге әсер етеді. Дегенмен кез-келген өнімнің сапасына қойылатын талаптарды ескере отырып, мөлшерін қадағалау арқылы, зерттеулер жүргізген дұрыс.

Зерттелген жыныстың құрамы бетон технологиясы тұрғысынан да қызығушылық тудыруға тұрарлық. Кремнийлі және алюмосиликатты компоненттердің болуы бұл материалды бетон құрамында минералдық қоспа ретінде, толтырғыш немесе цементтік жүйелердің қасиеттерін жақсартатын қоспа ретінде қолдану мүмкіндігін көрсетеді. Бірақ бетонға енгізу үшін оның ұнтақталу дәрежесін, пуццоландық белсенділігін, цементпен

әрекеттесу қабілетін, су сіңіргіштігін және бетонның беріктігіне әсерін қосымша зерттеулер арқылы анықтау қажет.

Галиттің минералдар құрамында болуы материалды бетон құрамында қолданғанда басты назар аудару керек, өйткені тұзды компоненттер цементтік тас құрылымына, арматураның коррозияға төзімділігіне және бетонның ұзақ мерзімді беріктігіне әсер етуі мүмкін. Сондықтан бұл шикізатты бетон өндірісінде пайдаланбас бұрын оның құрамындағы еритін тұздардың мөлшерін анықтау және қажет болған жағдайда алдын ала өңдеу немесе шаю әдістерін қарастыру қажет.

Жалпы алғанда, зерттелген жыныс керамикалық және бетон материалдары өндірісінде қолдануға тиімді минералдық шикізат ретінде қарастыруға болатынын ккрсетті. Оның құрамындағы кварц пен алюмосиликатты минералдар керамикалық бұйымдар алуға, ал кремнийлі компоненттер бетон құрамында минералдық қоспа немесе толтырғыш ретінде қолдануға мүмкіндік береді. Дегенмен материалдың нақты өндірістік жарамдылығын анықтау үшін қосымша технологиялық зерттеулер жүргізу басты мәселердің бірі.

Алдағы зерттеулерде үлгінің керамикалық қасиеттерін, атап айтқанда иілгіштігін, қалыпталуын, күйдіру температурасын, отыруын, су сіңіргіштігін және күйдірілген бұйымдардың механикалық беріктігін анықтау бойынша жұмыстар жүргізілетін болады. Сонымен қатар бетон бағытында материалдың цементпен үйлесімділігін, пуццоландық белсенділігін, бетон қоспасының жұмысқа жарамдылығына, қысу беріктігіне, суға және аязға төзімділігіне әсерін зерттеу маңызды. Бұл зерттеулер алынған шикізаттың құрылыс индустриясында, әсіресе керамика, шыны және бетон материалдары өндірісінде қолданылу мүмкіндігін жан-жақты бағалауға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Çetin M. и др. Biyolojik orijinli tek dođal mineral: diyatomit. 2012. 28–46 с.
2. Steve Mathers. Costa Rican diatomite a review of existing knowledge and future potential // Revista geológica De América Central. 2011. № 10. С. 4–17.
3. Reka A. A. и др. Diatomaceous Earth: Characterization, thermal modification, and application // Open Chem. De Gruyter Open Ltd, 2021. Т. 19, № 1. С. 451–461.
4. Ibrahim S. S., Selim A. Q. Evaluation of Egyptian diatomite for filter aid applications // Physicochem. Probl. Miner. Process. 2011. Т. 47. С. 113–122.
5. Tesfaye W. и др. Industrial Potential and Geochemical Characterization of Diatomite Resources in the Ethiopian Rift Area: Value Addition and Strategic Economic Applications // Journal of Energy and Natural Resources. 2026. Т. 15, № 1. С. 17–25.
6. Reka A. A. и др. Diatomite – evaluation of physico-mechanical, chemical, mineralogical and thermal properties // Geologica Macedonica. Goce Delchev University of Shtip, 2021. Т. 35, № 1. С. 5–14.
7. Peçkala A., Musiał M., Lichołai L. Carpathian Diatomites and Their Applications in Phase-Change Composites // Materials. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), 2025. Т. 18, № 9.
8. Korzhynbayeva K. B. и др. Preparation of magnetic compositions of diatomite // Applied Mechanics and Materials. 2014. Т. 467. С. 97–102.
9. Boriskov D. и др. Applicability of the modified diatomite for treatment of wastewater containing heavy metals // E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2021. Т. 247.
10. Bello O. S., Adegoke K. A., Oyewole R. O. Insights into the Adsorption of Heavy Metals from Wastewater using Diatomaceous Earth // Separation Science and Technology (Philadelphia). Taylor and Francis Inc., 2014. Т. 49, № 12. С. 1787–1806.

11. Zhao Y. и др. Environmental applications of diatomite minerals in removing heavy metals from water // *Industrial and Engineering Chemistry Research*. American Chemical Society, 2019. Т. 58, № 27. С. 11638–11652.

12. Sharma N., Sharma P., Verma S. kr. Influence of Diatomite on the properties of mortar and concrete: A Review // *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* IOP Publishing, 2021. Т. 1116, № 1. С. 012174.

13. Satayeva S. и др. Diatomite from West Kazakhstan as a Sustainable Raw Material for Borosilicate Glass Production // *Materials*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), 2026. Т. 19, № 8.

14. Taskaliev A. и др. Low thermal conductivity silica ceramics based on diatomite modified with loam // *Technobius*. Technobius, 2025. Т. 5, № 4. С. 0091.

15. Aggrey P. и др. On the diatomite-based nanostructure-preserving material synthesis for energy applications // *RSC Advances*. Royal Society of Chemistry, 2021. Т. 11, № 51. С. 31884–31922.

16. Maher S. и др. Diatom Silica for Biomedical Applications: Recent Progress and Advances // *Advanced Healthcare Materials*. Wiley-VCH Verlag, 2018. Т. 7, № 19.

REFERENCES

1. Çetin, M. i dr. Biyolojik orijinli tek doğal mineral: diyatomit // *Biyolojik orijinli tek doğal mineral: diyatomit*. – 2012. – S. 28–46.

2. Mathers, S. Costa Rican diatomite a review of existing knowledge and future potential // *Revista geológica De América Central*. – 2011. – № 10. – P. 4–17.

3. Reka, A. A. i dr. Diatomaceous Earth: Characterization, thermal modification, and application // *Open Chem*. De Gruyter Open Ltd. – 2021. – Vol. 19, № 1. – P. 451–461.

4. Ibrahim, S. S., Selim, A. Q. Evaluation of Egyptian diatomite for filter aid applications // *Physicochem. Probl. Miner. Process.* – 2011. – Vol. 47. – P. 113–122.

5. Tesfaye, W. i dr. Industrial Potential and Geochemical Characterization of Diatomite Resources in the Ethiopian Rift Area: Value Addition and Strategic Economic Applications // *Journal of Energy and Natural Resources*. – 2026. – Vol. 15, № 1. – P. 17–25.

6. Reka, A. A. i dr. Diatomite – evaluation of physico-mechanical, chemical, mineralogical and thermal properties // *Geologica Macedonica*. Goce Delchev University of Shtip. – 2021. – Vol. 35, № 1. – P. 5–14.

7. Pękala, A., Musiał, M., Lichołai, L. Carpathian Diatomites and Their Applications in Phase-Change Composites // *Materials*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). – 2025. – Vol. 18, № 9.

8. Korzhynbayeva, K. B. i dr. Preparation of magnetic compositions of diatomite // *Applied Mechanics and Materials*. – 2014. – Vol. 467. – P. 97–102.

9. Boriskov, D. i dr. Applicability of the modified diatomite for treatment of wastewater containing heavy metals // *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences. – 2021. – Vol. 247.

10. Bello, O. S., Adegoke, K. A., Oyewole, R. O. Insights into the Adsorption of Heavy Metals from Wastewater using Diatomaceous Earth // *Separation Science and Technology (Philadelphia)*. Taylor and Francis Inc. – 2014. – Vol. 49, № 12. – P. 1787–1806.

11. Zhao, Y. i dr. Environmental applications of diatomite minerals in removing heavy metals from water // *Industrial and Engineering Chemistry Research*. American Chemical Society. – 2019. – Vol. 58, № 27. – P. 11638–11652.

12. Sharma, N., Sharma, P., Verma, S. kr. Influence of Diatomite on the properties of mortar and concrete: A Review // *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* IOP Publishing. – 2021. – Vol. 1116, № 1. – P. 012174.

-
13. Satayeva, S. i dr. Diatomite from West Kazakhstan as a Sustainable Raw Material for Borosilicate Glass Production // Materials. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). – 2026. – Vol. 19, № 8.
 14. Taskaliev, A. i dr. Low thermal conductivity silica ceramics based on diatomite modified with loam // Technobius. Technobius. – 2025. – Vol. 5, № 4. – P. 0091.
 15. Aggrey, P. i dr. On the diatomite-based nanostructure-preserving material synthesis for energy applications // RSC Advances. Royal Society of Chemistry. – 2021. – Vol. 11, № 51. – P. 31884–31922.
 16. Maher, S. i dr. Diatom Silica for Biomedical Applications: Recent Progress and Advances // Advanced Healthcare Materials. Wiley-VCH Verlag. – 2018. – Vol. 7, № 19.