

## Tikinti materialları üçün nanobentonitin işlənməsinin elmi əsasları

E.Q. Şahbazov, t.e.d.<sup>1</sup>

E.A. Kazimov, t.e.d.<sup>1</sup>

A.A. Quvulov, t.e.d.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>"Neftqazelnitadqiqatlayihə" İnstitutu,

<sup>2</sup>Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti

e-mail: eldar@socar.az

**Açar sözlər:** nanotexnologiya, nanobentonit, montmorillonit, zənginləşdirmə, şişmə, qazma, hasilat.

DOI.10.37474/0365-8554/2021-5-46-53

Научные основы разработки нанобентонита для строительных материалов

Scientific basis of development of nanobentonite for construction materials

Э.Г. Шабазов, д.т.н.<sup>1</sup>, Э.А. Казимов, д.т.н.<sup>1</sup>, А.А. Гувалов, д.т.н.<sup>2</sup> НИИПнефтега

<sup>1</sup>Азербайджанский университет архитектуры и строительства

**Ключевые слова:** нанотехнология, нанобентонит, монтмориллонит, обогащение, набухание, бурение, добыча.

E.G. Shahbazov, Dr. in Tech. Sc.<sup>1</sup>, E.A. Kazimov, Dr. in Tech. Sc.<sup>1</sup>, A.A. Guvulov, Dr. in Tech. Sc.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>"Oil-Gas Scientific Research Project" Institute, <sup>2</sup>Azerbaijan University of Architecture and Construction

**Keywords:** nanotechnologies, nanobentonite, montmorillonite, upgrading, swelling, drilling, production.

Изложены научные основы разработки нанобентонита, представлены результаты исследований, использованы прогрессивные методы исследования. Были проведены исследования по обогащению бентонита, полученного из Альпוטского месторождения Газахского района, и изучены его свойства. Установлено, что путем очистки состава сырья от посторонних примесей можно довести массовую долю бентонита к 70 % до 97 %, при этом размеры частиц бентонита сырья составляли 85-130 нм, а после обогащения 8-10 нм. Также, если в исходном образце размеры кристаллов монтмориллонита и бентонита составляли 13.3-19.5 нм, то после процесса обогащения эти размеры были в пределах 8.3-10.0 нм.

Изучен процесс набухания бентонита. Установлено, что набухание как сырья, так и обогащенного бентонита происходит в два этапа. На обоих этапах наблюдался более интенсивное набухание обогащенного бентонита. Установлено, что связи, образованные ионами металлов (катионами), находящимися на межслойном расстоянии, с атомами кислорода, содержащимися в молекуле монтмориллонита, разрушаются в результате процесса гидратации.

The paper presents scientific basis of development of nanobentonite and the results of investigations using progressive research methods as well. The researches were carried out on bentonite upgrading obtained from Alpout field of Gazakh region and its properties studied. It has been defined that the mass content of bentonite may be increased from 70 up to 97 % via content cleaning from foreign substances, while the size of bentonite particles comprise 85-130 nm, and after upgrading 8-10 nm. Moreover, if the size of montmorillonite and bentonite crystallites in the initial sample were 13.3-19.5 nm, after upgrading process they were within 8.3-10.0 nm.

The process of bentonite swelling has been studied. It was specified that the swelling of both raw and upgraded bentonite takes place in two stages. More intensive swelling of upgraded bentonite was observed in both stages. It was justified that the relations occurred via metal ions (cations) in interlayer distance with oxygen atoms contained in montmorillonite molecule are broken down due to the hydration process.

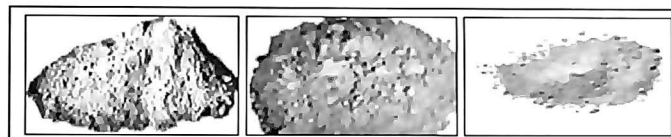
prosesində istifadə olunan montmorillonit mineralından nanohissəciklərin alınması xüsusi marağa doğurur.

Beləliklə, əsas məsələ hazırda mövcud olan və maye nanosistemlərin hazırlanmasında istifadə olunan metal nanomaterialların bentonit əsaslı nanomateriallarla əvəz edilməsi, praktiki cəhətdən maraqlı doğuran xassələrinin tədqiqi etməklə, nanobentonitin şişmə proseslərinin mexanizmini öyrənmək və təbii sahələrini müəyyən etmək olduqca aktualdır.

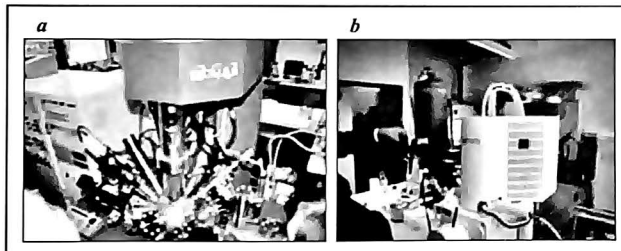
Bu məqsədlə ölkə ərazisində yerləşən Xızı yatağı, Daşgöl palçıq vulkanı, Lerik, Şamaxı və Qazax rayonunun Alpout yatağından nümunələr götürülmüş və müasir cihazlar vasitəsilə onların analizi aparılmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, Qazax rayonunun Alpout yatağı bentonitlə daha zəngindir (şəkil 1).



Şəkil 1. Qazax rayonunun Alpout bentonit yatağı



Şəkil 2. Bentonitin rənglərə görə növləri



Şəkil 3. XPS/ESCA (a) və SEM/EDS (b) cihazları

logiyaların ayrılmaz tərkib hissəsinə çevrilmişdir [1]. Belə ki, quyuların qazılması, layların neftveriminin artırılması və s. proseslərdə nanohissəciklər əsasında hazırlanan nanosistemlərin təbii nanotexnologiyanın nailiyyətlərindəndir [2-9]. Bu nanomayelərin və ya nanosistemlərin hazırlanması üçün istifadə olunan nanohissəciklərin xarici ölkələrdən bəhə qıymətə alınması və onların stabilizə edilməsinin təmin edilməsi əlavə xərclərin yaranmasına səbəb olur. Ona görə də respublikamızın təbii xammal ehtiyatları əsasında yeni nanosistemlərin işlənməsi və tədqiqi çox aktual problemlərdəndir.

Tikinti materialları üçün, həmçinin qazmada, neft-qaz hasilatında və ekoloji problemlərin həlli

Həmin bentonit yatağında müxtəlif rənglərə (ağ, yaşıl, sarı) malik olan bentonit növləri aşkarlanmışdır (şəkil 2).

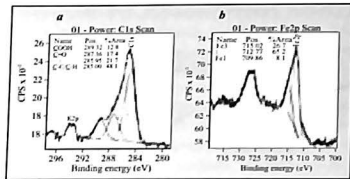
Nümunələrin daha geniş tədqiqi Almaniyanın Münster Universitetinin "Nanoanalitik" Mərkəzində XPS/ESCA və SEM/EDS cihazlarında yerinə yetirilmişdir (şəkil 3).

Reyting fotoelektron spektroskopu-XPS/ESCA-da aparılan analiz nəticələrinə əsasən ilk dəfə olaraq nümunənin səthində 0.2 nm qalınlığında yağ turşularının efrilərinə bənzər üzvi təbəqə və Fe<sup>3+</sup> ionları olduğu müəyyən edilmişdir (şəkil 4).

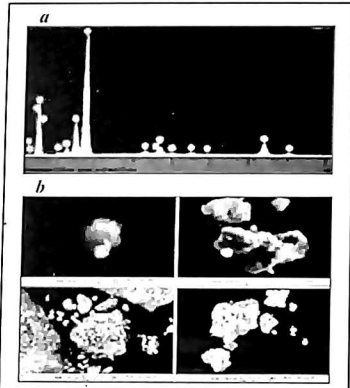
Həmin üzvi təbəqənin və Fe<sup>3+</sup> ionlarının olması bentonitin qazma məhlulları üçün müthüm keyfiyyət olan – kolloid məhlul əmələ gətməsini təmin edir. SEM/EDS analizinə əsasən müəyyən olunmuşdur ki, nümunə həmin üzvi təbəqənin köməyiylə aqreqasiya olunmuş nanohissəciklərdən ibarətdir və bir neçə mikron ölçüli quruluşla malikdir (şəkil 5).

Bentonitin tərkibində olan elementlərin və onların oksidlərinin analizi rentgen flüoresens mikroskopu – XGT 7000 XRF cihazında yerinə yetirilmişdir (şəkil 6). Analizin nəticələri cədvəl 1-də verilmişdir.

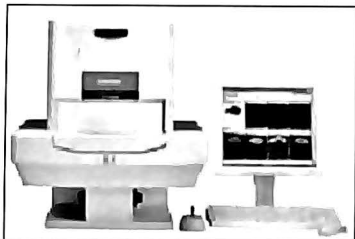
Analizin nəticələrindən məlum olur ki, tədqiq olunan bentonit natrium (Na) əsaslı mонтмориллонit növünə aiddir. Bentonitin suya hazırlanmış suspenziyalarında hissəciklərin ölçüləri isə Horiba



Şəkil 4. Xammalın XPS/ESCA spektrləri



Şəkil 5. Xammalın SEM-mikroskopi ilə çəkilmiş şəkilləri



Şəkil 6. Rentgen flüoresens mikroskopu – XGT 7000 XRF

Bentonit gillinin tərkibi, % kütlə												
Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Cl	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	İtki
2.2	2.03	13.1	64.3	0.05	0.13	0.33	1.28	2.68	0.31	0.04	2.75	10.8

Cədvəl 1

LB-500 cihazı vasitəsilə tədqiq olunmuş və onların 85-105 nm ölçüdə olması müəyyən edilmişdir (şəkil 7).

Bu nəticə bentonit əsasında yeni nanosistemlə-

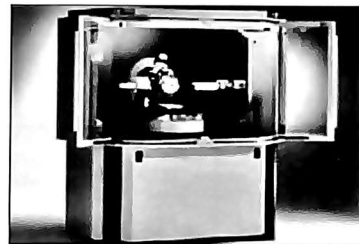


Şəkil 7. Horiba LB-500 cihazı

rin alınması və onların tətbiqini xeyli aktuallaşdırır.

Yataqdan götürülmüş və emal olunmamış nümunələrin mineraloji tərkib analizi Almaniyada istehsal olunan Bruker D8 ADVANCE XRD difraktometrində yerinə yetirilmişdir (şəkil 8). Nəticələr cədvəl 2-də və şəkil 9-da göstərilmişdir.

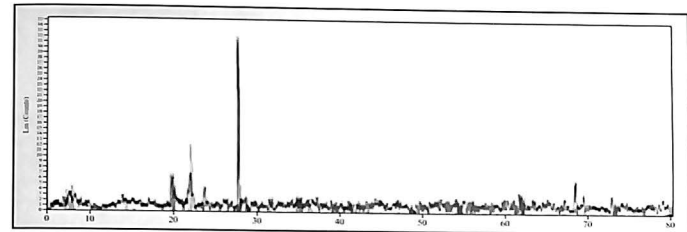
Bundan sonra bentonitin zənginləşdirilməsi prosesi yerinə yetirilmişdir. Bu proses nümunədən hazırlanmış suspenziyaların 2000 dövr/dəq., 5000 dövr/dəq. tezlikli sentrifugada təmizlənməsi vasitəsilə həyata keçirilmişdir. Sistemdə olan lazımsız qarışıqlar kənarlaşdırıldıqdan sonra onun məhlul hissəsi ayrılmış, buxarlandırılaraq qurudulmuş və alınmış məhsulun yenidən mineraloji tərkib analizi aparılmışdır. Nəticələr cədvəl 3



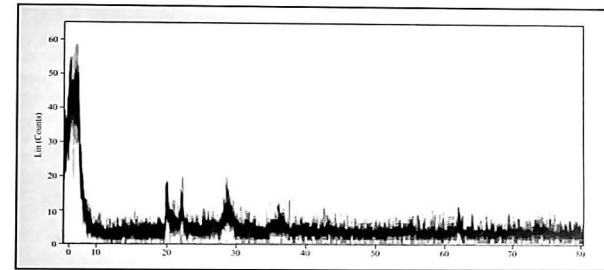
Şəkil 8. Bruker D8 ADVANCE XRD cihazı

Cədvəl 2

Xammal bentonit		
Tərkibi	Kütlə payı, %	Kristalların ölçüləri, nm
Kristoballit	9.4	21.0
Montmorillonit	44.6	13.31
Bentonit	22.9	17.93
Kvars	0.1	18.86
Beydellit	2.6	19.39
Anortit	20.3	19.83



Şəkil 9. Xammalın XRD difraktoqramı



Şəkil 10. 95%-ə qədər zənginləşdirilmiş nümunənin XRD difraktoqramı

Cədvəl 3

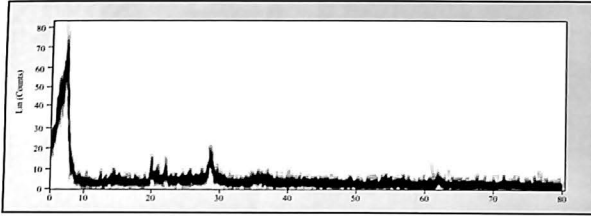
Bentonit – 2000 dövr/dəq. tezlikli sentrifugada təmizlənməmiş		
Tərkibi	Kütlə payı, %	Kristalların ölçüləri, nm
Kristoballit	3.1	9.01
Montmorillonit	90.3	8.35
Opal	1	17.96
Bentonit	5.6	13.5

Cədvəl 4

Bentonit – 5000 dövr/dəq. tezlikli sentrifugada təmizlənməmiş		
Tərkibi	Mineraların miqdarı, %	Kristalların ölçüləri, nm
Kristoballit	0.8	20.03
Montmorillonit	94.9	8.16
Opal	2.3	17.07
Bentonit	2.1	10.04

Cədvəl 5

Zənginləşdirilmiş bentonitin tərkibi, %												
Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Cl	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	İkki
2.87	3.48	14.8	56.8	0.82	0.09	0.08	0.4	0.96	0.65	0.08	5.62	12.7



Şəkil 11. 97 %-ə qədər zənginləşdirilmiş nümunənin XRD difraqqramı

ziyanın tərkibində bentoniti 97 %-ə qədər zənginləşdirmək mümkün olmuşdur.

Difraqqramdan görünür ki, nümunə kənar qarışıqlardan təmizdir, yəni analizə əsasən nümunədə 2.3 %-ə qədər opal mineralı göstərilmişdir, difraqqramda həmin mineral demək olar ki, görünmür.

Bəlo ki, opal mineralı amorf quruluşla malik olduğundan, spektrodə onun pikləri yayılmış formada olmalıdır. Həmin mineralı da bentonitin digər modifikasiyası kimi qəbul etsək, nümunədə bentonitin miqdarının 99.2 %-ə qədər zənginləşdirildiyini demək olar. Zənginləşdirilmiş nümunənin XGT 7000 XRF cihazı ilə elementlərinin və onların oksidlərinin analizi aparılmış və nəticələr cədvəl 5-də verilmişdir.

Cədvəldən görünür ki, xammal kənar qarışıqlardan tamamilə təmizlənmişdir.

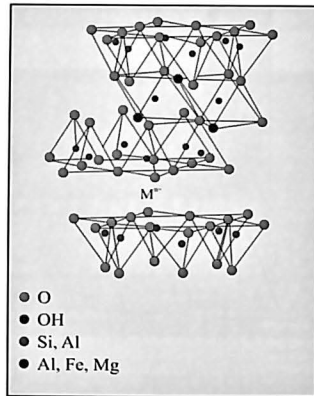
Digər maraqlı nəticə ondan ibarətdir ki, ilkin nümunədə montmorillonit və bentonitin kristallarının ölçüləri 13.3-19.5 nm olduğu halda, zənginləşdirilmə prosesi zamanı 8.3-10 nm ölçüsündədir.

Tədqiqatların növbəti mərhələsində isə nanobentonitin şişmə prosesi öyrənilmişdir.

Ümumiyyətlə, gillər digər dağ süxurlarından fərqləndirən əsas cəhət onların xeyli miqdarda su və yaxud kimyəvi reagentlərin sulu məhlulları ilə əlaqəyə girə bilməsi və fiziki-kimyəvi proseslər nəticəsində şişməsidir [10-12]. Gil quru halda digər dağ süxurlarından fərqli olaraq daha çox möhkəmlənmişdir. Digər dağ süxurları uzun müddət su və ya başqa polyar mayelərlə təmasda olarkən onların mexaniki möhkəmliyi dəyişməz qalır, lakin gillər belə vəziyyətdə dispersləşərək bərkliyini itirir və başqa fiziki hala – plastik yarım maye, izafi maye şəraitində isə suspenziya halına keçir. Beləliklə, hidratlaşmış gil elastiklik, plastiklik və dayanıqlıq kimi mexaniki xassələrə malik olur. Aparılan tədqiqatların nəticəsindən də görüldüyü kimi, gil hissəciklərinin adı Nyuton mayelərinin tərkibinə əlavə etdikdə onlar qeyri-Nyuton mayesinə çevrilir.

Müəyyən olunmuşdur ki, gillərin şişməsi osmotik xarakter daşıyır və əksər hallarda məsələdəki məhlulla təmasda olan sudakı duzların konsentrasiyalarının fərqi nəticəsində baş verir. Şişmə prosesi, xüsusi səthi böyük olan süxurun gil hissəciklərinin

həmin məhlulla təmasda olan sudakı duzların konsentrasiyalarının fərqi nəticəsində baş verir. Şişmə prosesi, xüsusi səthi böyük olan süxurun gil hissəciklərinin



Şəkil 12. Montmorillonitin quruluşu

həmin məhlulla təmasda olan sudakı duzların konsentrasiyalarının fərqi nəticəsində baş verir. Şişmə prosesi, xüsusi səthi böyük olan süxurun gil hissəciklərinin

həmin məhlulla təmasda olan sudakı duzların konsentrasiyalarının fərqi nəticəsində baş verir. Şişmə prosesi, xüsusi səthi böyük olan süxurun gil hissəciklərinin

həmin məhlulla təmasda olan sudakı duzların konsentrasiyalarının fərqi nəticəsində baş verir. Şişmə prosesi, xüsusi səthi böyük olan süxurun gil hissəciklərinin

həmin məhlulla təmasda olan sudakı duzların konsentrasiyalarının fərqi nəticəsində baş verir. Şişmə prosesi, xüsusi səthi böyük olan süxurun gil hissəciklərinin

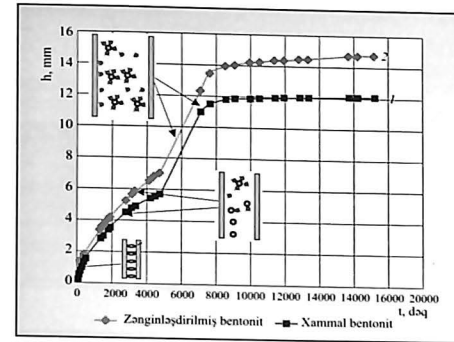
həmin məhlulla təmasda olan sudakı duzların konsentrasiyalarının fərqi nəticəsində baş verir. Şişmə prosesi, xüsusi səthi böyük olan süxurun gil hissəciklərinin

həmin məhlulla təmasda olan sudakı duzların konsentrasiyalarının fərqi nəticəsində baş verir. Şişmə prosesi, xüsusi səthi böyük olan süxurun gil hissəciklərinin

həmin məhlulla təmasda olan sudakı duzların konsentrasiyalarının fərqi nəticəsində baş verir. Şişmə prosesi, xüsusi səthi böyük olan süxurun gil hissəciklərinin

həmin məhlulla təmasda olan sudakı duzların konsentrasiyalarının fərqi nəticəsində baş verir. Şişmə prosesi, xüsusi səthi böyük olan süxurun gil hissəciklərinin

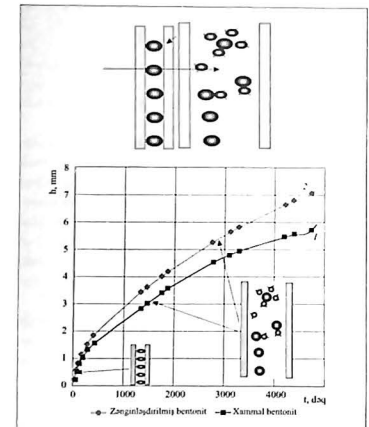
həmin məhlulla təmasda olan sudakı duzların konsentrasiyalarının fərqi nəticəsində baş verir. Şişmə prosesi, xüsusi səthi böyük olan süxurun gil hissəciklərinin



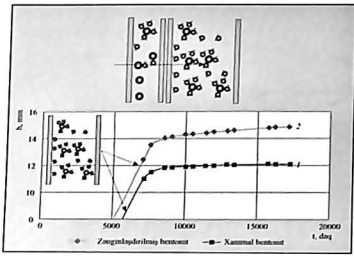
Şəkil 13. Xammal və zənginləşdirilmiş bentonitlərin şişmə dinamikası

Laboratoriya şəraitində xammal və zənginləşdirilmiş bentonitin zamanın asılı olaraq şişməsi tədqiq edilmişdir. Tədqiqatın nəticələri şəkil 13-də göstərilmişdir.

Qrafikdən görüldüyü kimi, şişmə prosesi iki mərhələdə gedir. Birinci əyri bentonitin tədricən şişməsinə xarakterizə edir. Yəni su molekulları layları arasında məsafədə olan kationlarla hidratlaşma prosesi nəticəsində tədricən şişmə baş verir. Bunu sxematik olaraq aşağıdakı kimi göstərmək olar (şəkil 14).



Şəkil 14. Xammal və zənginləşdirilmiş bentonitin I mərhələdə şişmə dinamikası



Şəkil 15. Xammal və zənginləşdirilmiş bentonitin II mərhələdə şişmə dinamikası

Cədvəl 6

Əmsallar	I mərhələnin modeli		II mərhələnin modeli	
	Xammal	Zənginləşdirilmiş	Xammal	Zənginləşdirilmiş
$a$	0.0657	0.061	$-5 \cdot 10^{-9}$	$-6 \cdot 10^{-8}$
$b$	0.5065	0.5348	0.0004	0.0021
$c$			9.0855	-2.5114

Qrafikdən aydın olur ki, laylararası məsafədə yerləşən metal ionları (kationlar) montmorillonit molekullarında olan oksigen atomları ilə əmələ gətirdiyi rabitələr hidratlaşma prosesinin nəticəsində qırılır.

Qrafikin 2-ci hissəsi sıçrayışla şişmə mərhələsini göstərir. Bu proses onunla əlaqədardır ki, metal ionların hidratlaşması zamanı laylararası məsafə böyüyürək su molekullarının tam nüfuz etməsinə imkan edir və beləliklə montmorillonit layları arasında mövcud olan ion rabitələri tamamilə qırılır (şəkil 15).

Bu, şişmə prosesinin sona çatması ilə nəticələnir və montmorillonitin layları arasında demək olar ki, heç bir qarşılıqlı təsir əlaqəsi yoxdur. Qrafikdəki şişmənin sabit qalan hissəsi bentonit nano-hissəciklərinin son ölçüsünü xarakterizə edir. Hər iki mərhələdə 1-ci ayri xammal bentonitin, 2-ci ayri montmorillonitin şişməsini, ayırılır arasındakı məsafə isə bentonitin təmizlənmə dərəcəsinə qismən xarakterizə edir.

Həm xammal, həm də zənginləşmiş bentonitin mərhələlər üzrə şişmə tempi müxtəlif olduğundan bu prosesi xarakterizə edən riyazi modellər də müxtəlifdir. Belə ki, birinci mərhələnin modeli

$$Y = aX^b,$$

ikinci mərhələnin modeli isə aşağıdakı kimi ifadə

edilə bilər

$$Y = aX^2 + bX + c,$$

burada  $a, b, c$  – sabit əmsallardır (qiymətlər cədvəl 6-da verilmişdir).

Hər iki model prosesi tam şəkildə ifadə edir və onların korrelyasiya əmsali  $R^2 = 0.999$  təşkil edir. Beləliklə, bentonitin zənginləşdirilməsi və onun xassələrinin tədqiqi göstərir ki, nanobentonit əsaslı maye sistemlərin işlənilib hazırlanması məqsəduyğundur və bu sistemləri qazmada, neft-çıxarma proseslərində müxtəlif texnoloji əməliyyatlar zamanı istifadə etmək mümkün olacaqdır.

### Nəticə

Qazax rayonunun Alport yatağından götürülmüş bentonitin zənginləşdirilməsi istiqamətində tədqiqatlar aparılmış və xassələri öyrənilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, xammalın tərkibini kənar qarışıqlardan təmizləməklə bentonitin kütlə payını 70 %-dən 97 %-ə çatdırmaq mümkündür, eyni zamanda xammal bentonitin hissəciklərinin ölçüləri 85-130 nm, zənginləşdirildikdən sonra isə 8-10 nm təşkil edir. Həmçinin, ilkin nümunədə montmorillonit və bentonitin kristallarının ölçüləri 13.3-19.5 nm olduğu halda, zənginləşdirilmə prosesindən sonra bu ölçülər 8.3-10 nm həddində olmuşdur.

Bentonitin şişmə prosesi tədqiq edilmişdir. Aşkar olunmuşdur ki, həm xammal, həm də zənginləşdirilmiş bentonitin şişməsi iki mərhələdə baş verir. Hər iki mərhələdə zənginləşdirilmiş bentonitin daha intensiv şişməsi müşahidə edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, laylararası məsafədə yerləşən metal ionları (kationlar) montmorillonit molekullarında olan oksigen atomları ilə əmələ gətirdiyi rabitələr hidratlaşma prosesinin nəticəsində qırılır.

### Ədəbiyyat siyahısı

1. Məhərrəmov A.M., Rəhimov M.A., Vəliyeva L.I. Nanotexnologiya. – Bakı: Çayışoğlu, 2007, 234 s.
2. Pat. AZ 12011 0017. Qazmada hidravlik müqavimətlərin azaldılması usulu / E.Q. Şahbazov, E.A. Kazimov.
3. Şahbazov E.Q., Kazimov E.A. Nanosistemlər vasitəsilə məhsuldar layları qazma prosesində açılmasına dair // Azərbaycan neft təsərrüfatı, 2011, № 6-7, s. 19-21.
4. Şahbazov E.Q., Kazimov E.A. Qazmada "nanoyaddaş" prosesinin yeni effekti barədə // Azərbaycan neft təsərrüfatı, 2012, № 1, s. 30-33.
5. Şahbazov E.Q., Quliyev İ.B., Səfərov Y.O. Nanostrukturulu qazma məhlullarının işlənməsi və tətbiqi // Azərbaycan neft təsərrüfatı, 2013, № 7-8, s. 35-39.
6. Pat. AZ 12012 0019. Qazma məhlulu / E.Q. Şahbazov, X.V. Yusifzadə, E.A. Kazimov, İ.Y. Şirəli və b.
7. Mirzədzəhicadə A.X., Yusifzadə X.B., Şahbazov E.K., Kərimov Ə.A. və dr. Научные основы разработки и внедрения нанотехнологий в нефтяной промышленности. Нанонаука и нанотехнологии. Энциклопедия систем знаний оспещечениы. 2010. – М.: UNESCO-EOLSS, razdel 2.12, с. 554-570.
8. Şahbazov E.K., Kərimov Ə.A. Nanotexnologiyası dlya upravleniya svoystvami tribomekhaniki bureniya skazhiny na nefti i gaz // Azerbaydzhanское нефтяное хозяйство, 2010, № 8, с. 31-34.
9. Şahbazov E.K., Gadzhiev G.K., Veliev F.G. Razrabotka nanosistem na osnove bentonita. – Bakı, 2012, 30 s.
10. Mirzədzəhicadə A.X., Əliyev N.A., Yusifzadə X.B., Səlavatov T.Şh. i dr. Фрагменты разработки морских нефтяных месторождений. – Bakı: Elm, 1997, 408 s.
11. Mirzədzəhicadə A.Kh., Kərimov Ə.K., Şirinzadə S.A. Gidravlika v burenii i tsementirovani neftnykh i gazovykh skazhiny. – M.: Nedra, 1977, 230 s.
12. Mirzədzəhicadə A.Kh., Şirinzadə S.A. Povysheniye effektivnosti i kachestva bureniya glubokikh skazhiny. – M.: Nedra, 1986, 278 s.

### References

1. Məhərrəmov A.M., Rəhimov M.A., Vəliyeva L.I. Nanotexnologiya. – Bakı: Çayışoğlu, 2007, 234 s.
2. Pat. AZ 12011 0017. Gazmada hidravlik mugavimətlərin azaldılması usulları / E.G. Şahbazov, E.A. Kazimov.
3. Şahbazov E.G., Kazimov E.A. Nanosistemlər vasitəsilə məhsuldar layları qazma prosesində açılmasına dair // Azerbaijan neft təsərrüfatı, 2011, № 6-7, s. 19-21.
4. Şahbazov E.G., Kazimov E.A. Qazmada "nanoyaddaş" prosesinin yeni effekti barədə // Azerbaijan neft təsərrüfatı, 2012, № 1, s. 30-33.
5. Şahbazov E.G., Guliyev İ.B., Səfərov Y.O. Nanostrukturulu qazma məhlullarının işlənməsi və tətbiqi // Azərbaycan neft təsərrüfatı, 2013, № 7-8, s. 35-39.
6. Pat. AZ 12012 0019. Qazma məhlulu / E.G. Şahbazov, Kh.B. Yusifzadə, E.A. Kazimov, İ.Y. Şirəli və b.
7. Mirzədzəhicadə A.Kh., Yusifzadə Kh.B., Şahbazov E.K., Kərimov E.A. i dr. Nauchnye osnovy razrabotki i vnedreniya nanotekhnologii v neflyanoy promyshlennosti. Nanonauka i nanotekhnologii. Entsiklopediya sistem znaniyeobespecheniya. 2010. – M.: UNESCO-EOLSS, razdel 2.12, s. 554-570.
8. Şahbazov E.K., Kazimov E.A. Nanotekhnologii dlya upravleniya svoystvami tribomekhaniki bureniya skazhiny na nefti i gaz // Azerbaydzhanское нефтяное хозяйство, 2010, № 8, с. 31-34.
9. Şahbazov E.K., Gadzhiev G.K., Veliev F.G. Razrabotka nanosistem na osnove bentonita. – Bakı, 2012, 30 s.
10. Mirzədzəhicadə A.Kh., Əliyev N.A., Yusifzadə Kh.B., Səlavatov T.Şh. i dr. Фрагменты разработки морских нефтяных месторождений. – Bakı: Elm, 1997, 408 s.
11. Mirzədzəhicadə A.Kh., Kərimov Ə.K., Şirinzadə S.A. Gidravlika v burenii i tsementirovani neftnykh i gazovykh skazhiny. – M.: Nedra, 1977, 230 s.
12. Mirzədzəhicadə A.Kh., Şirinzadə S.A. Povysheniye effektivnosti i kachestva bureniya glubokikh skazhiny. – M.: Nedra, 1986, 278 s.