

УДК 620.1:628.16:669.1

Н.М. Гулієва

Луцький національний технічний університет

ХІМІЧНИЙ АНАЛІЗ ТА ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРИРОДНОГО МАТЕРІАЛУ – САПОНІТУ

У статті розглянуто дослідження природного матеріалу – сапоніту, його хімічний аналіз, фізичні властивості. Наведено результати рентгеноскопічного аналізу.

Ключові слова: сапоніт, хімічний аналіз, фізичні властивості, природний матеріал.

Рис. 4. Табл. 2. Літ. 8.

Н.М. Гулієва

ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРИРОДНОГО МАТЕРИАЛА – САПОНИТА

У статті розглянуто дослідження природного матеріалу – сапоніта, його хімічний аналіз, фізичні властивості. Наведено результати рентгеноскопічного аналізу.

Ключевые слова: сапонит, химический анализ, физические свойства, природный материал.

N.M. Gulieva

CHEMICAL ANALYSIS AND PHYSICAL PROPERTIES OF NATURAL MATERIAL – SAPONITE

The current state of technology and industry production in the field of material science is characterized by the search for new materials and technologies of their obtaining and processing. One of competitive and energy efficient area of modern materials is the use as starting materials of natural minerals, including saponite. Because it is used for cleaning of drinking water as a sorbent. It is known that some powders which were received from natural mineral are used to manufacture porous filter media.

Keywords: saponite, chemical analysis, physical properties, natural material.

Постановка проблеми. Сучасний стан технологічного та промислового виробництва у сфері матеріалознавства характеризується пошуком нових матеріалів, методів їх отримання та технологіями застосування. Перспективним в цьому напрямку є використання в якості вихідних матеріалів природних мінералів. Відомо, що деякі порошки, які отримані із природних мінералів в тому числі з сапонітів, застосовують для виготовлення пористих фільтруючих матеріалів (ПФМ) [3, 4] з метою очистки питної води [5]. Відомо, що за своїм хімічним складом природні матеріали можуть відрізнятися в залежності від природних умов їх утворення

Аналіз літератури щодо найбільш поширених методів очищення питної води показав, що основними технологічними напрямками вирішення цієї проблеми є різноманітні електрохімічні технології, зворотній осмос та ультрафільтрація, екстракція, хімічне осадження, коагуляційні та флокуляційні технології, флотация, мікробіологічні технології, сорбційні та іонообмінні технології. Дослідженню технологій водопідготовки присвячені роботи таких вчених як: І. Астреліна, І. Атаманюка [5], J.A. Mandarino, M.E. Васка [2], В.Д. Рудя [3, 4], Л.М. Самчук [4], В.В. Співак [5], Ю.І. Тарасевича [8], Н.М. Толстопалової [5] та ін.

Метою даної роботи є визначення хімічного складу та фізичних властивостей природного матеріалу – сапоніту Ташківського родовища Хмельницької області.

Основні результати дослідження. Сапоніт (англ. saponite) – мінерал, водний алюмосилікат магнію з підкласу шаруватих силікатів, групи монтморилоніту. Назва – від лат. sapo – мило було винайдено ще у 1840 році L.F. Svanbergom [3]. Існують інші назви: мило гірське, мильний камінь, каткінит, піотин, расуліт, таліт. Хімічний склад – $\text{NaMg}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. У вигляді ізоморфних домішок містить Fe, іноді Cr, а також Ni, Zn, Cu, Li та ін. Кристалізується в моноклітинній системі. Він є унікальним різновидом великого поняття «бентоніт», з високим вмістом магнію (до 12 %) і являє собою новий вид мінеральної сировини багатогалузевого використання.

Розрізняють: сапоніт алюмінієвий або алюмосапоніт (різновид сапоніту, який містить понад 10 % Al_2O_3); сапоніт залізний або лембергіт, ферисапоніт (різновид сапоніту з незначною кількістю Fe_2O_3 , який заміщає MgO); сапоніт калієвий або калійсапоніт (різновид сапоніту, який містить до 6,57 % K_2O); сапоніт мідний або купросапоніт, медмонтит (суміш хризосоли та слюди); сапоніт нікелевий або нікельсапоніт (різновид сапоніту з незначною кількістю NiO, який заміщає MgO); сапоніт цинковий (те ж саме, що й монтморилоніт цинковий, який містить до 39,33 % ZnO); цебедасит (сапоніт з родовища Цебедассі, Італія).

Сапоніт зустрічається в зоні вивітрювання магнезійних порід, метасоматичних доломітизованих вапняках, кислих ґрунтах заповнюючи прогалини. Подібні мінерали: цеоліти, кальцит. Відкриті родовища сапонітових глин на Форерських островах в Данії, штаті Монтана – США, біля озера Верхне – Канада. Сапонітові родовища виявлені також в Україні, в північній частині Хмельницької області. Вони являють собою цілу провінцію бентонітової сировини з унікальними властивостями та складають 100 млн. т. Товщина продуктивного шару складає 10-40 м, а потужність порід – 10-20 м. Найбільш перспективними для промислового видобутку в Україні є Ташківське і Варварівське родовища сапонітових глин, які мають запаси близько 60 млн. т. Ці відклади являють собою глинисту строкату кору вивітрювання базальтових туфів. Останні належать до берестовецької світи волинської серії венду. Вони залягають на теригенних відкладах рифею – нижнього венду і перекриваються значно більш молодими морськими відкладами верхньої крейди, палеогену і неогену.

Серед відомих хімічних формул складу сапоніту є такі:

1. За Є. Лазаренком: $Mg_3[(OH)_2Al_{0,33}Si_{3,67}O_{10}] \cdot nH_2O$ [1];
2. За К. Фреєм: $(0,5Ca, Na)_{0,33}(Mg, Fe)_3(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2 \cdot 4 H_2O$ [8];
3. За J.A. Mandarino, M.E. Back: $(Ca, Na)_{0,15}(Mg, Fe)_3(Si, Al)_4O_{10}(OH)_{2,4}(H_2O)$ [2];

У зв'язку з цим виникла необхідність уточнити хімічний склад сапоніту Ташківського родовища Хмельницької області. Для хімічно-фізичного аналізу відбирали зразки із трьох пластів родовища (дивіться рис. 1, табл. 1) [5].



а)

б)

Рис. 1. Природні заклади сапоніту – (а) та досліджуваний зразок (б)

Таблиця 1. Хімічний склад сапоніту Ташківського родовища Хмельницької області

№ п/п	Хімічний елемент	Сапоніт із Ташківського родовища, %		
		I пласт	II пласт	III пласт
1.	SiO ₂	47,8	48,1	48,4
2.	MgO	13,71	13,84	13,98
3.	Al ₂ O ₃	12,43	12,48	12,53
4.	Fe ₂ O ₃	12,7	13,1	13,4
5.	H ₂ O	7,36	7,67	7,79
6.	CaO	1,68	1,74	1,87
7.	TO ₂	1,29	1,30	1,31
8.	FeO	1,1	1,2	1,3
9.	K ₂ O	0,95	1,10	1,25
10.	CO ₂	0,56	0,66	0,74
11.	MnO	0,21	0,22	0,23
12.	P ₂ O ₅	0,11	0,13	0,15
13.	Na ₂ O	0,05	0,07	0,09
14.	Zr	0,012,	0,012,	0,012,
15.	Cr	0,0056	0,005	0,005
16.	S	0,002	0,003	0,004
17.	Ba	0,0015	0,0015	0,0015
18.	V	0,0015	0,0015	0,0015
19.	Ni	0,0015	0,0015	0,0015
20.	La	0,001	0,001	0,001
21.	Cu	0,001	0,001	0,001

За результатами аналізу встановлено, що хімічний склад в тій чи іншій мірі збігається із дослідженнями всіх наведених прикладів, але більш подібний до результатів досліджень В.В. Співак [5].

Фізико-хімічні властивості природного сапоніту – здатність до адсорбції різних хімічних елементів, а також його активованих і модифікованих форм було здійснено за наступною методикою: проведено термічну активацію сапоніту шляхом нагрівання при температурі 300 °С на протязі трьох годин і кислотну активацію 20 %-м розчином HCl (36 % від маси сапоніту) при температурі 95 °С на протязі шести годин. Катіонну модифікацію проводили 0,1 М розчинами солей багатовалентних металів – магнію, алюмінію і заліза при температурі 20 °С на протязі п'яти діб.

Досліджувалися також такі його властивості, як: густина, насипна маса, гранулометричний склад, диспергування та відмулювання, колоїдність, органічні домішки, пластичність, набування, вологість, кількість зв'язаної води, швидкість капілярного просочування, вогнетривкість, питому поверхню, середній радіус пор. Результати дослідження фізико-хімічних властивостей наведені у таблиці 2 [7].

Таблиця 2. Фізико – хімічні властивості сапоніту Ташківського родовища Хмельницької області

Показники	Насипна маса, кг/м ³	Густина, кг/м ³	Пластичність	Гранулометричний склад, %	Питома поверхня (по воді), м ² /г	Середній радіус пор, нм	Диспергування, %	Вологість, %	Набування, %	Колоїдність, %	Органічні домішки, %	Зв'язана вода, %	Швидкість капілярного просочування, см ³ /с	Вогнетривкість, °С
Значення	0,9 7	3,0 7- 3,1 3	28, 3	>2 мм – 5 1-2 мм – 32 0,5-1,0 мм – 9 0,25-0,5 мм – 14 0,1-0,25 мм – 11 < 0,1 мм – 9	120- 220	1,6 - 3,2	< 6	11- 12	5,5	11, 5- 12, 1	< 0,1 6	25, 8	0,16	1270 - 1310

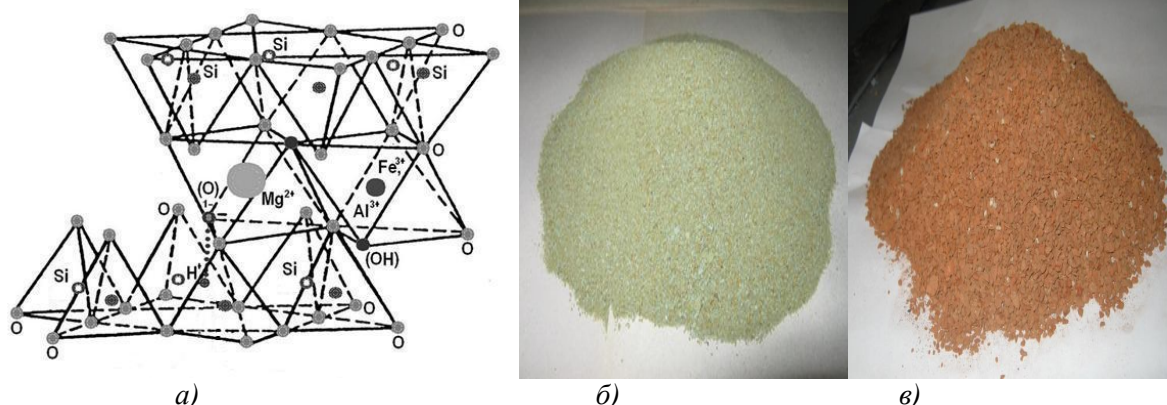


Рис. 2. Сапоніт: кристалічна решітка (а), загальний вигляд (б, в)

Мінерал сапоніт належить до групи триоктаедричних магнієвих смектитів, з відносно великою кристалічною будовою (рис. 2а). Має високий вміст магнію MgO, в якому алюміній Al³⁺ майже повністю заміщений на магній Mg²⁺, а кремній Si⁴⁺, частково заміщений Al³⁺. Кристалічна структура сапоніту складається з двох шарів ненасичених форм: двох тетраедричних решіток SiO₂ і однієї октаедричної решітки, розташованої між ними і яка містить, в основному, Al, Mg, Fe за типом 2:1. Між цими трьома шарами кристалічної решітки може відбуватися ізоморфний обмін.

Завдяки цьому він володіє високими адсорбційними і іонообмінними властивостями та має катіонно-обмінну здатність 50-100 мг/екв. Ємність катіонного обміну сапоніту значно більша, ніж трепела і глауконіту і становить 0,68 мг/екв/г.

Рентгеноскопічний аналіз природного матеріалу – сапоніту було проведено за допомогою рентгенографічного методу на дифрактометрі ДРОН-4-13 з використанням K_{α} випромінювання мідного аноду. Зразки досліджувались в інтервальному режимі зі швидкістю лічильника 1 – 2 градуси в хвилину та із швидкістю стрічки 720 мм в годину в інтервалі кутів 2θ від 20 до 100 градусів (рис. 3). Розшифрування проводилось за допомогою Міжнародної бази структурних даних.

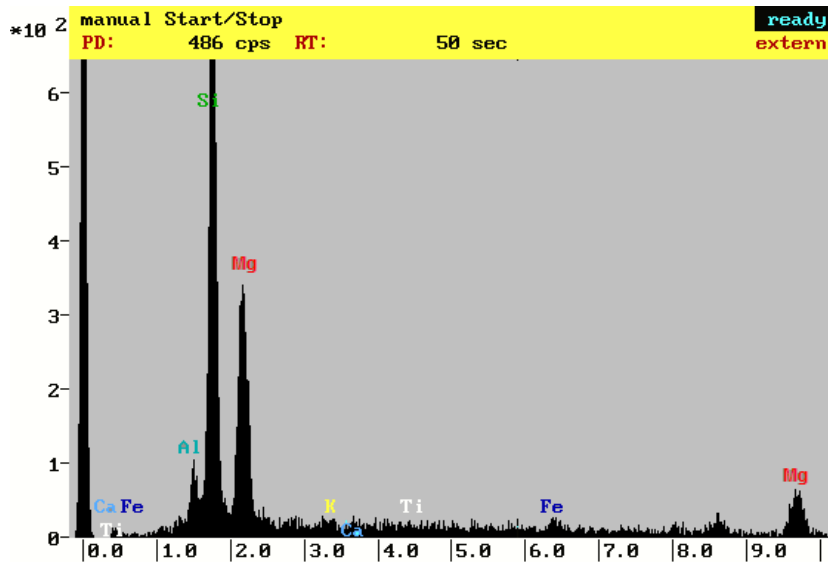


Рис. 3. Рентгеноскопічний аналіз сапоніту

Зразки для металографічних досліджень готувалися за стандартною методикою. Шліфи зразків досліджували за допомогою мікроскопу моделі ММР-4 при збільшенні $\times 10000$ (рис. 4). З метою отримання чіткого зображення границь зерен шліфи протравлювали 4% H_2SO_4 . Площинну пористість визначали по мікрофотографіях шліфів за допомогою програми PHOTOM та програми Smart-eye.

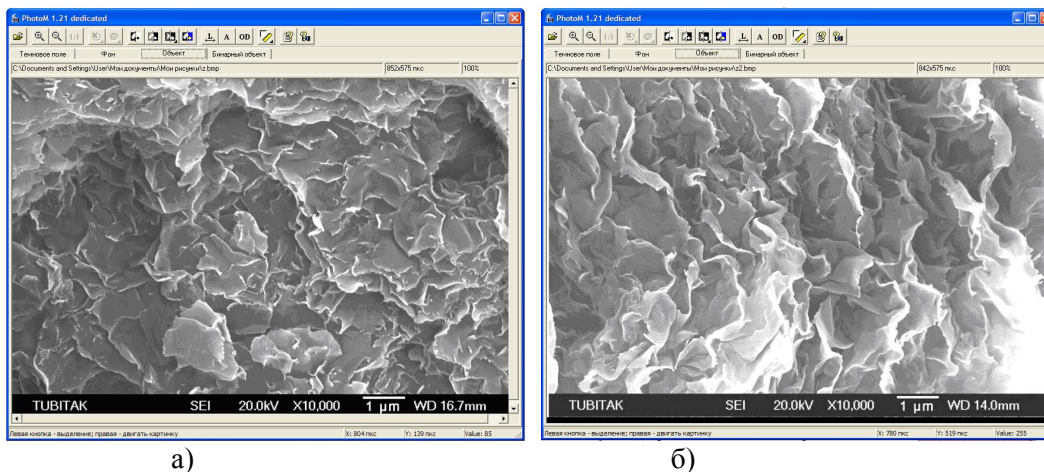


Рис. 4. Структура сапоніту $NaMg_3[AlSi_3O_{10}](OH)_2 \cdot 4H_2O$: а) середнього шару при $\times 10000$; б) нижнього шару при $\times 10000$

Висновок. Аналіз сапонітів Ташківського родовища Хмельницької області дозволив встановити спів падання їх хімічного складу та фізико-механічних характеристик з сапонітами інших родовищ. Багаточисленні дослідження цих властивостей довели, що сапоніти можуть використовуватися в харчовій промисловості, будівництві, сільському господарстві, медицині та ін. Тому у подальших дослідженнях планується виготовлення пористих фільтрувальних матеріалів з даного родовища для водопідготовки питної води.

1. Лазаренко Є.К. Курс мінералогії. – К.: Вища школа, 1970. – 599 с.
2. Mandarino, J.A. & M.E. Back (2004). Fleischer's Glossary of Mineral Species 2004. Mineralogical Record, Tucson, Arizona, pp. 310.
3. Рудь В.Д., Гулієва Н.М. Використання порошкових композиційних матеріалів на основі природних мінералів для водопідготовки питної води. // Вода в харчовій промисловості. – Збірник тез доповідей IV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів та студентів. – Одеса, 2013 – С. 53-54.
4. Рудь В.Д., Самчук Л.М., Гулієва Н.М. Использование СВС-процесса для получения композиционных материалов. // Порошковая металлургия: Инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы. Сварка. – Сборник докладов 8-го Международного симпозиума. – Минск, 2013 – С. 496-500.
5. Spivak, V. Astrelin I., Tolstopalova N., Atamaniuk I. Ecological sorbent which is mainly consist of saponite mineral from Ukrainian clay-field // Chemistry & Chemical Technology. – 2012. – Vol. 6. – No.4. – P. 451-457.
6. Svanberg L.F., 1840. Vet. Akad. Stockholm Handl. – p. 153.
7. Тарасевич Ю.И. Природные сорбенты в процессе очистки воды. Киев: Наукова думка, 1981. – 208 с.
8. Фрей К. Минералогическая энциклопедия / под ред К. Фрея. – Л.: Недра, 1985. – 239 с.

Стаття надійшла до редакції 02.01.2014.