ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МИНЕРАЛА ВЕРМИКУЛИТА И РАЗДЕЛЕНИЕ МЕТАЛЛОВ.

Умиров Фарход Эргашович,
доктор технических наук, профессор кафедры Химическая технологии Навоийского государственного горно-технологического университета,
Равшанова Ойдиной Анваровна,
базовый докторант Навоийского отделения Академии наук

Аннотация: В статье показаны результаты исследования сопутствующего минерала вермикулита месторождения Тебинбулак, где основным компонентом являются железо-магнетитовые руды, а само месторождение расположено в окрестностях города Нукус Республики Каракалпакстан. Химический и минералогический анализ состав этого минерала показал, что в основном он представлен оксидом кремния-40,3%, оксидом магния-21,5%, оксидом железа-11,3%, оксидом алюминия-9,9% и др. Также присутствуют оксиды калия-3,6% и натрия-0,9%. Кроме того, изучена пространственная кристаллическая структура вермикулита в трех различных фазах - тетраэдрических, октаэрических и межслойных.

Ключевые слова: порода, вермикулит, химический состав, минералогический состав, элементный состав, растворение, соляная кислота, серная кислота, pH, плотность.

Annotation: The article shows the results of a study of the accompanying mineral vermiculite at the Tebinbulak deposit, where the main component is iron-magnetite ores, and the deposit itself is located in the vicinity of the city of Nukus in the Republic of Karakalpakstan. Chemical and mineralogical analysis of the composition of this mineral showed that it is mainly represented by silicon oxide - 40.3%, magnesium oxide - 21.5%, iron oxide - 11.3%, aluminum oxide - 9.9%, etc. Potassium oxides - 3.6% and sodium are also present -0.9%. In addition, the spatial crystal structure of vermiculite was studied in three different phases - tetrahedral, octahedral and interlayer.

Key words: rock, vermiculite, chemical composition, mineralogical composition, elemental composition, dissolution, hydrochloric acid, sulfuric acid, pH, density.

Annotatsiya: Maqolada asosiy komponenti temir-magnetit rudalari bo‘lgan Tebinbuloq konida, konning o‘zi esa Qoraqalpog‘iston Respublikasining Nukus shahri yaqinida joylashgan Tebinbuloq konida qo‘shimcha mineral vermikulitni o‘rganish natijalari ko‘rsatilgan. Ushbu mineralning tarkibini kimyoviy va mineralogik tahlil qilish shuni ko'rsatdiki, u asosan kremniy - 40,3%, magniy oksidi - 21,5%, temir oksidi - 11,3%, alyuminiy oksidi - 9,9% va boshqalar oksidlar bilan ifodalanadi. Bundan tashqari kaliy - 3,6% va natriy - 0,9% oksidlari ham mavjud.

Vermikulitning fazoviy kristall tuzilishi uch xil fazada - tetraedral, oktaedral va interlayerda ekanligi ham o'rganildi.

Kalit so‘zlar: tog‘ jinsi, vermikulit, kimyoviy tarkib, mineralogik tarkib, elementar tarkibi, erish, xlorid kislota, sulfat kislota, pH, zichlik.

Введение. Оксиды и соли магния имеют важное значение в химической, сельскохозяйственной и металлургической отраслях, а также при производстве строительных и полимерных материалов. На территории Республики Узбекистан широко распространены магнийсодержащие минералы, к числу которых относятся различные виды ультраосновных пород, включая такие минералы, как доломит, сапонит, серпентинит, тальк и вермикулит. Вермикулит, как основной породообразующий минерал встречается в разных частях мира, но в настоящее время основные рудники расположены в Южной Африке, Китае, Бразилии, Зимбабве, Соединенных Штатах, Казахстане и в Узбекистане, которые характеризуются различными химико-минералогическими составами и физико-техническими свойствами. На основе результатов специализированных исследований ученых были разработаны принципиально новые технологии переработки вермикулита, которые учитывают химические и физические свойства исходного сырья. В Узбекистане природные запасы вермикулита обнаружены лишь в Тебинбулакском месторождении [1,2].

Целью данного исследования является комплексное исследование химического и минералогического состава, а также основных физических свойств вермикулита из месторождения Тебинбулак, которое будет использовано для получения магниевых солей.

Объектом исследования является вермикулитовая руда из месторождения Тебинбулак, находящегося на территории Республики Узбекистан [3-6]. Для изучения химического состава минерала вермикулита были отобраны геологические образцы из Тебинбулакского месторождения, которые были подвергнуты дроблению и измельчению на щековых дробилках марки ЩД-6 и вибрационном истирателе ИВС-4. Для решения поставленных задач в качестве методов исследования, образцы по составу и структуре минерала определяли методом спектрального анализа на спектрометрах СРМ 20 и S-115. Масс-спектрометрическим методом и на приборе ICP-MS определяли химический состав. На рентгеновском дифрактометре ДРОН-УМ1 с двумя щелями Соллера с фильтрованным CoK_a был выполнен рентгенофазовый анализ, термогравиметрический анализ выполнен на дериватографе Setaram Lab Sys Evo. Обработка данных и расчеты проведены с применением компьютерной программы MS Excel.

Результаты и их обсуждение.

На рисунке 1 представлена структурная схема вермикулита с октаэдрическими, тетраэдрическими и гидратированными межслойными катионами [2]. Промежуточное пространство занято гидратированными межслоевыми катионами магния, когда происходит полное образование вермикулита. Степень гидратации и тип межслоевых катионов оказывают существенное влияние на ее физическое и химическое поведение и, следовательно, влияет на ее свойства и применение.

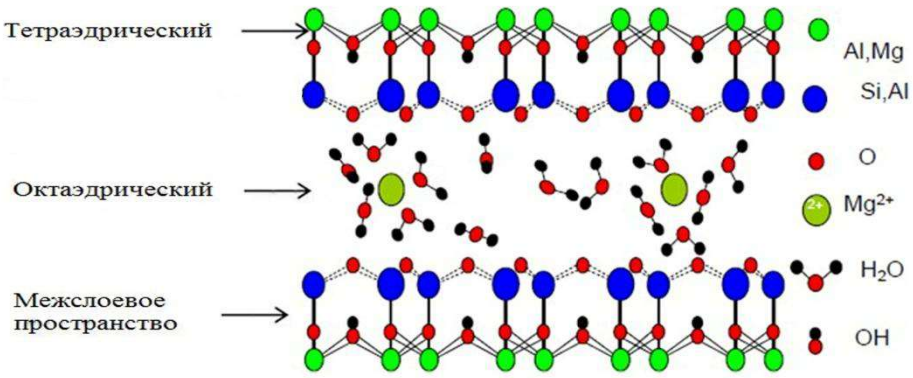


Рис. 1. Структура минерала вермикулита

По полученным данным было установлено, что в составе исходного минерала вермикулита содержание оксида магния составляло около 23 %. Результаты исследования минералогического состава показали, что данный породообразующий минерал состоит из смеси вермикулитовых и пироксеновых минералов. При этом количество пироксена в них колеблется от 60 до 90 %. Местами, где кора выветривания наложена на тебиниты, горнблендиты - вермикулит-пироксеновые минералы переходят в вермикулит – амфибол - пироксеновые с содержанием амфибола – до 40-50 % и более. Реже встречаются залежи с повышенным содержанием идуингеита, хризотил-асбеста (до 5-10%), приуроченные к участкам с развитием перидотитов. Постоянными сопутствующими составляющими в вермикулите являются карбонаты и титан-магнетиты, где карбонаты в составе кальцита представлены первичными и вторичными соединениями.

Первичный карбонат слагает тонкие секущие прожилки, которые часто наблюдаются в рудах при сохранении в них структуры материнских пород. Гипергенный карбонат развит в виде корочек, мелких пластинчатых кристаллов и их скоплений. Содержание карбоната варьирует от десятых долей процента до 15-20 %. Обычно его содержание уменьшается с глубиной и не превышает 8-10%.

Соединения магния имеют исключительно важное значение для отраслей промышленности, в охране природы и в медицине [1-3]. Для получения дефолиантов, важнейшими магниевыми соединениями являются

окись магния, хлористый магний, углекислый магний, сульфат магния и другие его соли. Соединения магния применяются для производства вяжущих веществ, при очистке нефтепродуктов, как наполнители при производстве резины [4-8]. Благодаря высокой температуре плавления входит в состав изоляторов промышленных кабелей. В качестве основного компонента в производстве огнеупорных материалов [9-10], как сырьё для получения обожжённых и плавленых порошков, металлургических флюсов. Окись магния обладает абразивными свойствами и поэтому её часто используют в электронной промышленности [11]. Перспективным сегментом потребления оксида магния считается сельское хозяйство. С его помощью предотвращают слеживание удобрений и применяют как самостоятельную добавку для обогащения почвы. Недостаток магния на сельхоз угодьях отражается на производимой продукции, поэтому применение такого удобрения очень важно для получения высокого урожая. Магниевые соли (хлорид магния), основное сырьё для получения хлорат магниевых дефолиантов [12-14]. Это вещество также используется в животноводстве. Недостаток магния негативно влияет на здоровье скота и качество продукции, которую от него получают. В пищевых продуктах магний обозначается как добавка с индексом Е530. По степени воздействия на организм, это вещество считается безопасным. Основным потребителем оксида магния остаётся фармацевтика [15]. Это химическое соединение добавляют в лекарства, используют при самостоятельном или комплексном лечении людей [16].

На сегодняшний день в мировой практике особое внимание уделяется разработкам технологии получения чистых солей и оксида магния с вовлечением в производство имеющихся сырьевых источников в виде рассолов соляных озер, морской воды и природных залежей [17-18]. Для разработки технологии получения соединений магния для переработки вермикулита требуется обоснование ряда научных решений по следующим направлениям: разработка эффективного метода получения очищенного и насыщенного раствора хлористого магния из вермикулита [19-20], исследование возможности использования хвостов обогащения вермикулитовых руд как сырья для получения солей магния и др.

Образцы проб из Тебинбулакского месторождения. были привезены в лабораторию Навоийского государственного горно-технологического университета. В начале полученные образцы были подвергнуты дроблению и измельчению на щековой дробилке марки ЩД 6 и вибрационном истирателе ИВС-4. Образцы измельчали до класса крупности 45 мкм. Классификацию измельченного материала проводили на просеивающей машине Retsch AS-450 control.

Из твердого измельченного материала были подготовлены таблетки для рентгенофазного анализа. Рентгенографические исследования (рис.2) образцов показали, что в составе вермикулита обнаружены минералы: вермикулит, биотит, аннитетит и прогексен. Преобладающим по количеству были минеральные объединения биотита вместе с аннитетитом и прогексеном.

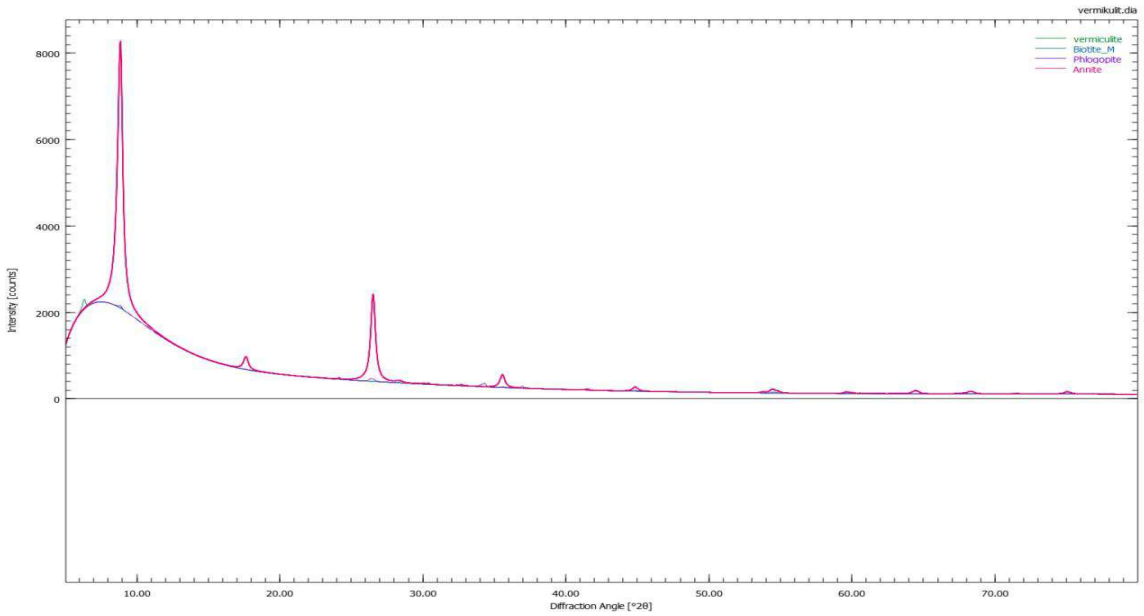


Рис. 2. Рентгенограмма минерала вермикулита Тебинбулакского месторождения

Следовательно, для уменьшения расхода на термическую обработку, более рациональным решением способа разрушения магний-силикатных связей может быть кислотная обработка сырья без применения термической обработки.

Таблица 1

Химический состав пробы в**ермикулита из Тебинбулакского месторождения**

Оксиды	**Содержание, мас. %**	**Оксиды**	**Содержание, мас. %**
SiO_2	40,3	TiO_2	0,5%
MgO	21,5	Cr_2O_3	0,2%
Al_2O_3	9,9	MnO	0,2
Fe_3O_4	11,3	CaO	0,9
$FeOxFe_2O_3$	1,2	CO_2	0,4

K_2O	3,6	S	0,07
Na_2O	0,8	H_2O	8,8

Для установления режима обжига вермикулита Тебинбулакского месторождения получили дериватограмму в атмосфере воздуха на дериватографе системы Setaram Lab Sys Evo (Франция) в диапазоне температур 20-1200°С. Условия съемки: навеска вещества – 398 г; ДТА – 1/10, ДТГ – 1/10, ТГ – 200 мг; Т = 1200^{0}С, скорость нагрева 10 град./мин. На кривой ДТА наблюдаются два эндоэффекта: при 34-233 и 265-580^{0}С. Общая убыль веса составляет 8,2% (рис. 3).

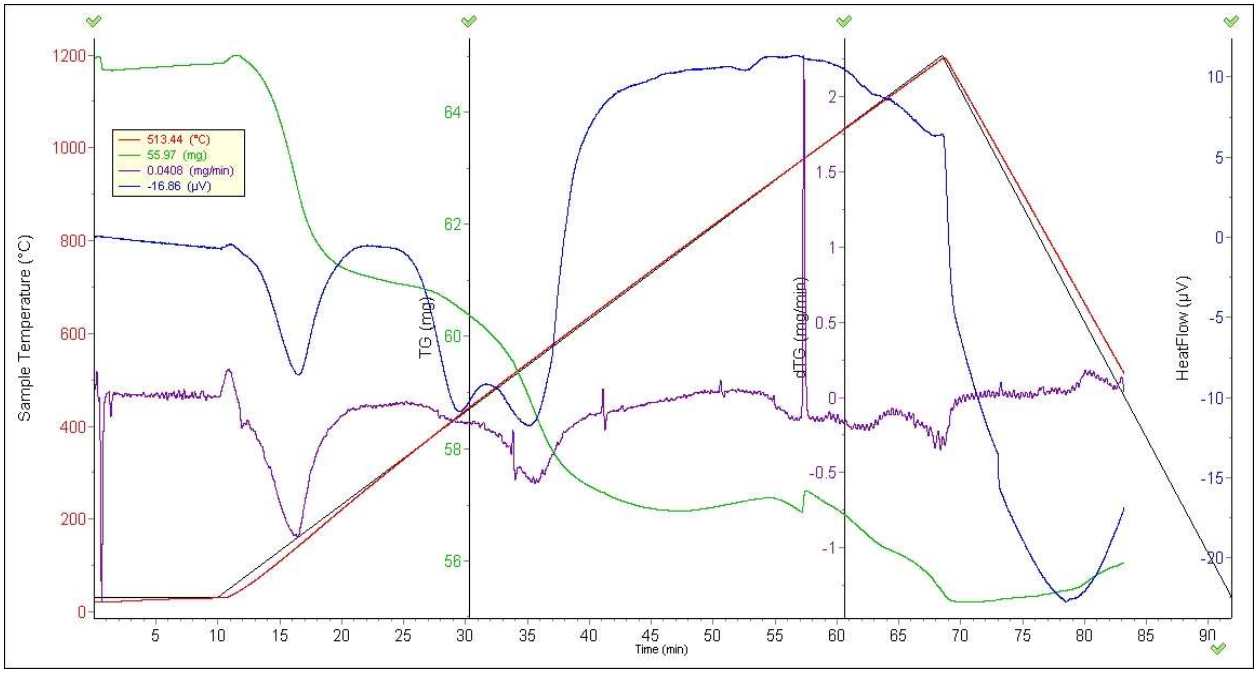


Рис. 3. ДТА-термограмма вермикулита Тебинбулакского месторождения

Исходя вышеизложенного, были изучены процессы растворимости минерала вермикулита на различных кислотах и разных окислителями и водных средах. В качестве растворителей использовали соляную и серную кислоту, гипохлорит натрия и пероксида водорода, а также дистиллированную воду. Для сравнения растворимости вермикулита были взяты измельченные образцы по 5 и 10 г. по каждому классу крупности (таб. 2).

Из таблицы 2 видно, что с увеличением размера частиц минерала уменьшается растворимость во всех случаях. Эту теорию доказывает плотность образованных растворов. Исходя из этого самым оптимальным размером частиц, в нашем случае является класс крупности 45>d.

Зависимости свойств растворимости от класса крупности измельченного мин

№	Диаметр образца, мкм	Масса образца, г	Масса образца после растворения в воде, г (N1)	Масса образца после растворения в HCl (18% ного), г (N2)	Масса образца после растворения в H_2SO_4 (15 % ного), г (N3)	Масса образца после растворения в NaClO (15% ного), г .(N4)	Масса образца после растворения в H_2O_2 (5% ного), г (N5)	pH раствора после обработки с (N1 до pH (H_2O)	pH раствора после обработки с (N1 до pH (H_2SO_4)	pH раствора после обработки с (N1 до pH (HCl)	pH раствора после обработки с (N1 до pH (NaClO)	pH раствора после обработки с (N1 до pH (H_2O_2)
1.	d>500	5	0,2	1,3	1,2	1,3	1,5	5,6	1,1	2,1	10,1	4,0
		10	0,4	2,2	2,1	2,1	2,6	5,6	1,1	2,1	10,1	4,0
2.	500>d>250	5	0,2	1,4	1,3	1,4	1,7	5,6	1,1	2,1	10,1	4,0
		10	0,4	2,4	2,3	2,4	2,8	5,6	1,1	2,1	10,1	4,0
3.	250>d>125	5	0,2	1,6	1,4	1,6	1,8	5,6	1,1	2,1	10,1	4,1
		10	0,4	2,8	2,7	2,8	3,2	5,6	1,1	2,1	10,1	4,1
4.	125>d>63	5	0,3	1,8	1,6	1,9	2,1	5,6	1,2	2,2	10,2	4,1
		10	0,5	3,3	3,1	3,4	3,6	5,6	1,2	2,2	10,2	4,1
5.	63>d>45	5	0,3	1,9	1,8	2,1	2,5	5,7	1,2	2,2	10,2	4,2
		10	0,5	3,9	3,4	3,9	4,0	5,7	1,2	2,2	10,2	4,2
6.	45>d	5	0,3	2,1	1,9	2,3	2,8	5,8	1,2	2,2	10,2	4,2
		10	0,5	4,2	3,8	4,3	4,6	5,8	1,2	2,2	10,2	4,2

Заключение. Комплексными методами физико-химического метода анализа исследованы состав и свойства минерала вермикулита Тебинбулакского месторождения. Установлено, что основным породообразующим веществом является вермикулит, биотит, аннитетит и прогексен.

Из полученных дифференциально-термического и рентгенографического анализа минерала вермикулита установили, что при прокаливании образца минералов вермикулита Тебинбулакского месторождения не наблюдается отделение экологически загрязняющих примесей, что указывает на высокую степень экологической чистоты минерала и определяет широкие перспективы использования вермикулита как минерального сырья в различных отраслях народного хозяйства.

Полученные данные показывают, что в составе исходного вермикулита содержание оксида магния составляет около 25 %. При изучении свойств перерабатываемого минерала определены зависимости его растворимости от класса крупности, а также от свойств различных растворителей. По результатам физико-химических анализов кислотное разложение является самым рациональным способом переработки из-за наличия в составе минерала магний-силикатных связей, которые считаются термически устойчивыми даже при 800 ^{o}C. См.

Литературы

1. Химическая технология неорганических веществ / Т.Г. Ахметов, В.М. Бусыгин, Л.Г. Гайсин [и др.]. – М.: Химия, 2002. – 488 с.
2. Карапетьянц, М.Х. Общая и неорганическая химия / М.Х. Карапетьянц, С.И. Дракин– М.: Химия, 2000. – 592 с.
3. Chen, T.T. Serpentine Ore Microtextures Occuring in the Magnola Magnesium Process / T.T. Chen, J.E. Dutrizac, and C.W. White. // JOM. – April, 2000. – P. 20-22.
4. Malandrino, M., Abollino, O., Buoso, S., Giacomino, A., La Gioia, C., Mentasti, E., 2011. Accumulation of heavy metals from contaminated soil to plants and evaluation of soil remediation by vermiculite. Chemosphere 82, 169-178.
5. Осадченко И.М., Лябин М.П., Романовскова А.Д. Оксид магния: свойства, методы получения и применения / Природные системы и ресурсы. -2018. -№ 3.Т.8. – С. 5-14.
6. Аверина Г.Ф., Черных Т.Н., Орлов А.А., Крамар Л.Я. Исследование взаимосвязи объемных деформаций, состава и структурных магнезиальных вяжущих / Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура» 2017. Т.17, №3. С. 40-47.

7. Умиров Ф.Э., Шодикулов Ж.М., Умиров У.Ф..Исследование процессов получения хлорат-магниевего дефолианта на основе серпентенита Арветенского месторождения. «Путь науки» (№ 10 (80), 2020 С.-19-22
8. Торочешникова Н.С. Технический анализ и контроль в производстве неорганических веществ.- М.: Высшая школа, 1986г, - 278 с.
9. Умиров Ф.Э., Номозова Г.Р., Шодикулов Ж.М. Физико-химические свойства и агрохимическая эффективность новых дефолиантов на основе хлоратов натрия, магния и кальция, содержащих ПАВ. Universum: Химия и Биология. Москва -2021. №1 1(79), с 90-95.
10. Умиров Ф.Э., Шодикулов Ж.М. Научно-технологические принципы комплексного использования серпентинита Карманинского месторождения. Научно-технический журнал Обогащение руд №1(397). 2022у 41-46 DOI: 10.17580/or.2022.01.07
11. Умиров Ф.Э., Шодикулов Ж.М., Шарипов С.Ш., Аслонов А.Б. Вещественный состав талькомагнезитовых пород Зинельбулакского месторождения Узбекистана. Научно-технический журнал Обогащение руд №4(406). 2023у 25-31 DOI: 10.17580.
12. Патент 2356836 Российская Федерация, С 01. Способ комплексной переработки серпентенита/ Р.Г.Фрейдлина, Н.Б. Овчинникова, А.И. Гулякин, Л.Н. Сабуров, Ю.А. Ряпосов, – Б.И.2009, № 15.
13. Патент 2285666 Российская Федерация, МПК С 01 F 5/06. Способ комплексной переработки магний силикато содержащего сырья / М.М Григорович, Л.И. Менькин. опубл. 20.10.2006, Бюл. № 29. – 6 с.
14. Патент 2038301 Россия. МПК6 СО1 F 5/06. Способ получения оксида магния / В.В. Велинский, Г.М. Гусев, – Б.И.2000, № 24.
15. Патент 2128626 Россия. МПК6 СО1 F 5/02. Способ получения оксида магния / В.М. Мазалов, В.П.Дворник, Ю.Ю. Александров, – Б.И.2003, № 14.
16. Патент 2209780 Россия. МПК6 СО2 F 5/02. Способ получения чистого оксида магния / Ю.Ю.Александров, Ю.В.Олейников, Г.П.Парамонов, – Б.И.2006, № 11.
17. Yildirim, M. Preparation of magnesium oxide (MgO) from dolomite by leach-precipitation-pyrohydrolysis process / M. Yildirim, H. Akarsu // Physicochem. Probl. Miner. Process. – 44 (2010). – P. 257-272.
18. Umirov F.E, Fayzullaev N.I., Usanbayev N.Kh., Muzaffarov A.M., Umirov U.F., Pirnazarov F.G., Mineralogical and Technological Evaluation of Saponites of the Uchtut Residential Place in the Republic of Uzbekistan, International Journal of Control and Automation Vol. 13, No. 4, (2020), pp.230 – 236

19. Арипов А.Р., Холикулов Д.Б., Гусейнов Р.К., Ахтамов Ф.Э. Обогащение вермикулитовых руд Караузякского месторождения Республики Каракалпакистан // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. Арипов А.Р. [и др.]. 2021. 3(84). URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11447 DOI: 10.32743/UniTech.2021.84.3-1.78-81
20. Umirov F.E., Ravshanova O.A., Abdirazakov I.A. Vermikulit mineralining kimyoviy va mineralogic tarkibini o`rganish. International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences ISSN: 2181-144X. DOI: 10.24412/2181-144X-2023-4-52-58.52 c