

[5] Техническо-распорядительный акт станции Алматы-2.

[6] Технологический процесс работы станции Алматы-2.

Вахитова Л.В., Ембергенова Д.А.

**Алматы-2 стансасының техникалық паркінің негізгі элементтерінің жұмысын пойыздар қозғалысы графигімен өзара байланысы**

**Түйіндеме.** Мақалада пойыз қозғалысы графигінің жолаушы стансасының техникалық парк жұмысымен келісімділігі қарастырылған, құрамды рейске дайындау барысында операцияларды орындауға кеткен уақыт есептелінген.

**Түйін сөздер.** Пойыз қозғалысының графигі, техникалық парк, жабдықтау паркі, жолаушы стансасының элементтерінің жұмыс технологиясы.

Vahitova L.V., Embergenova D.A.

**The principles of approval of the schedule of trains traffic with the work of technical park of Almaty-2 station**

**Summary.** The article describes the principles of coordination of train schedule with the work of the technical fleet of passenger stations, calculate the required processing time for operations in the preparation of the composition of the voyage.

**Key words:** train schedule, technical park, outfitting park, technology work of elements of the passenger station.

УДК 535.3

<sup>1</sup>З.А. Инсепов, <sup>2</sup>К.Ш. Шункеев, <sup>2</sup>В.В. Юриш, <sup>4</sup>М. Гринберг, <sup>3</sup>С.Я. Максимова,  
<sup>3</sup>З.К. Аймаганбетова, <sup>2</sup>А.А. Темирбаева

(<sup>1</sup>National Laboratory Astana, Қазақстан, г. Астана

<sup>2</sup> Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова, Актюбе, Қазақстан  
[nzhanturina@mail.ru](mailto:nzhanturina@mail.ru)

<sup>3</sup>Қазақский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Қазақстан,

<sup>4</sup>Гданский университет, Польша, Гданск)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КРЕМНЕСОДЕРЖАЩЕГО МАТЕРИАЛА - ДИАТОМИТА**

**Аннотация.** Приведены результаты рентгенодифракционного, рентгеноспектрального, электронномикроскопического, спектрофотометрического, силикатного (химического) анализов проб диатомитовых пород с площади «Жалпак» Мугалжарского района Актюбинской области. Определено значение концентрации двуоксида кремния в природном диатомите, которое варьируется от 72,69% до 78,14%, что свидетельствует об однородности диатомитовых пород. Разработана методика регистрации спектров поглощения (максимум при 305-335 нм) аморфного кремния (диатомита) на базе современного спектрофотометра «Evolution 300».

**Ключевые слова:** диатомит, спектрофотометр, силикатный анализ, рентгенодифракционный анализ, спектр поглощения, аморфный кремний.

### **Введение**

В настоящее время продолжают интенсивные исследования свойств диатомитовых материалов. Это связано с тем, что они имеют многогранные, порой противоречивые свойства, такие как гидрофобные и гигроскопические, в зависимости от технологической обработки. Диатомит представляет собой осадочную горную рыхлую породу белого, светло-серого, розоватого или желтоватого цвета. В составе диатомита доминируют кремнистые створки разного вида диатомовых водорослей в смеси с глинистым и кремнистым материалом, имеющим пресноводное происхождение. Диатомит обладает большой пористостью, малой плотностью. Диатомиты характеризуются способностью к адсорбции, слабой тепло- и звукопроводностью, тугоплавкостью и кислотоустойчивостью [1-3].

Диатомит используется как адсорбент и фильтр в текстильной, нефтехимической, пищевой промышленности, в производстве антибиотиков, бумаги, различных пластических материалов, красок; как сырье для жидкого стекла и глазури; в качестве строительного тепло- и звукоизоляционного материала [4-6].

Основными диагностическими признаками для определения наименования образцов осадочных пород являются цвет, структура, текстура и минеральный состав. Минеральный состав по внешним признакам для многих осадочных грунтов определить трудно, особенно для образцов, имеющих скрытокристаллическую, тонкозернистую, алевролитовую или пелитовую структуры, к которым относится диатомит. В связи с этим, целесообразно системное применение физико-химических методов для исследования природы диатомитовых пород площади «Жалпак».

#### **Экспериментальная аппаратура**

Автоматизированный дифрактометр ДРОН-2(Алматы, Институт геологии) работает в режиме  $Cu_{K\alpha}$  – излучения, в нем установлен  $\beta$ -фильтр. Условия съемки дифрактограмм:  $U=35$  кВ;  $I=20$  мА; шкала: 2000 имп.; постоянная времени 2 с; съемка  $\theta$ - $2\theta$ ; детектор 2 град/мин. Рентгенофазовый анализ на полуколичественной основе выполнен по дифрактограммам порошковых проб с применением метода равных навесок и искусственных смесей. Определялись количественные соотношения кристаллических фаз. Интерпретация дифрактограмм проводилась с использованием данных картотеки ICDD: база порошковых дифрактометрических данных PDF2 (PowderDiffractionFile) и дифрактограмм чистых от примесей минералов. Для основных фаз проводился расчет содержания.

D2 PHASER(Польша, Гданьск, Институт экспериментальной физики университета Гданьска) имеет простую схему, состоящей из ультракомпактного гониометра, рентгеновской трубки, высоковольтного генератора, систем формирования рентгеновского пучка и высокоскоростного полупроводникового детектора LYNXEYE. В экспериментах по рентгеновской дифракции на поликристаллическом материале пучок рентгеновского излучения дифрагирует на кристаллитах пробы в определенных направлениях  $2\theta$ . Для установления точного положения пиков  $2\theta$  перед точечным детектором помещают узкую щель. Детектор LYNXEYE содержит более 150 полупроводниковых элементов для регистрации интенсивности одновременно, соответственно, для более 150 положений  $2\theta$ . Ошибка определения положения пика во всем диапазоне углов не превышает 0,020.

Сканирующий электронный микроскоп G2 Pro фирмы PhenomWorld позволяет получать изображения с увеличением в диапазоне от 20x до 45000x и разрешением до 25нм. Функциональные возможности масштабирования (зума) обзорной цветной навигационной камеры позволяют сократить промежуток между оптическим и сканирующим воспроизведением изображения.

Спектрофотометр ультрафиолет/видимого диапазона «NicoletEvolution 300» предназначен для измерения коэффициента пропускания или оптической плотности твердых, жидких и газообразных проб различного происхождения в спектральном диапазоне от 199 нм до 1100 нм.

#### **Методика эксперимента**

Спектрофотометрический метод определения кремния в диатомитах основан на переведении кремнекислоты в желтую или синюю кремнемолибденовую кислоту и сравнении интенсивности окраски испытуемого раствора со стандартом [7-8]. Чувствительность определения по синей кремнемолибденовой кислоте, получаемой из желтой при действии восстановителей, примерно в пять раз выше, чем по желтой. Желтый кремнемолибденовый комплекс, имеющий максимум поглощения при длине волны 352 нм, в анализе кремния используется реже, чем синий. Это связано с меньшей интенсивностью желтого окрашивания, что отражается на чувствительности метода. В большинстве случаев при колориметрическом определении кремния используют синий кремнемолибденовый комплекс с максимумом поглощения при 815 нм и минимумом – при 420 нм. В зависимости от формы исходного желтого комплекса и условий восстановления синий кремнемолибденовый комплекс также образует ряд модификаций, значительно отличающихся по максимуму поглощения, – от 680 до 830 нм. Как правило, на практике определение кремния с синим комплексом проводят при 700, 800, 810 или 815-944 нм. Колориметрический метод в принципе не может регистрировать спектр поглощения синего кремнемолибденового комплекса в ультрафиолетовой области, который интерпретирован в литературе аморфным кремнием.

Значение коэффициента оптического поглощения аморфного кремния на порядок больше, чем у кристаллического кремния, что в сочетании с высокой фотопроводимостью элементов на его основе делает этот материал одним из наиболее перспективных и дешевых для создания солнечных батарей.

В отличие от колориметрического метода регистрации световых потоков через исследуемый раствор, спектрофотометрический метод на основе спектрофотометра «Evolution – 300» имеет ряд преимуществ:

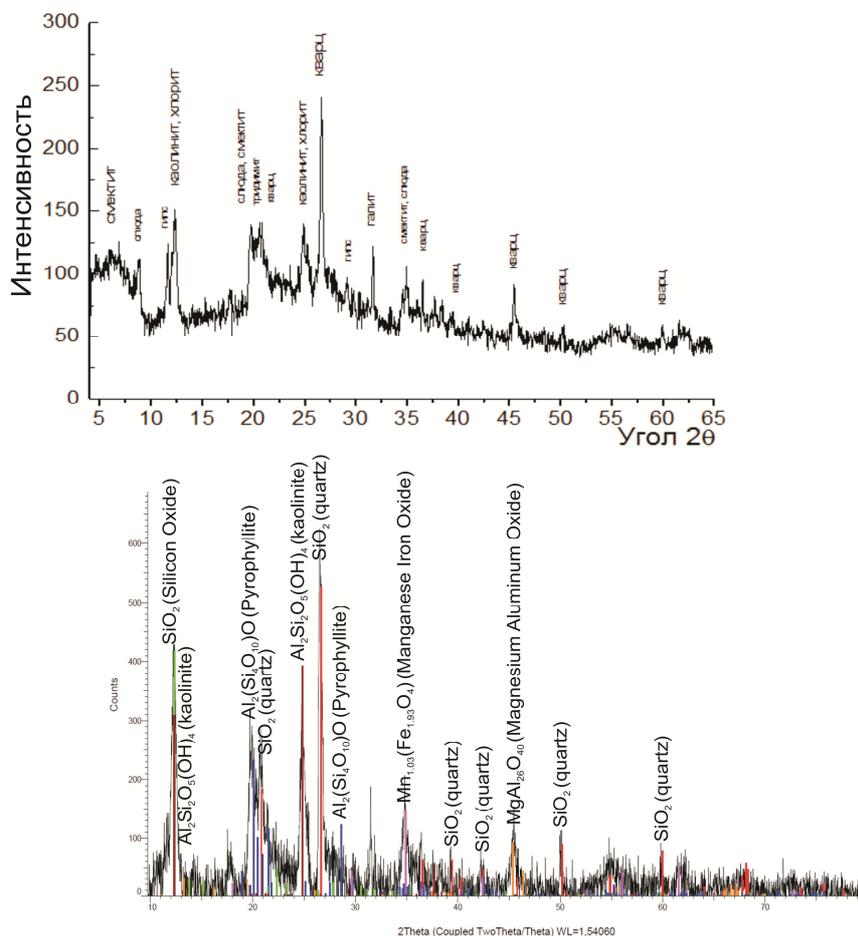
Во-первых, реализуется обзорная регистрация спектров поглощения (оптической плотности - D) в широком интервале от 190 нм до 1100 нм, что не представляется возможным при колориметрическом методе.

Во-вторых, в спектрофотометре «Evolution – 300» более трех раз расширена шкала регистрации оптической плотности (до 5-6 единицы при ширине щели 1 нм) по сравнению с существующим стандартным спектрофотометром типа СФ-4, СФ-26, СФ-56, СФ-256 и т.д.

В-третьих, регистрация спектров поглощения выполняется в автоматическом режиме в течение 1-2 минут со специальной компьютерной программой, что крайне важно для сохранения стационарного состояния исследуемого раствора.

### Результаты и обсуждение

На рисунке 1 приведены результаты рентгенодифракционных анализов отобранных диатомитовых проб с площади «Жалпак» Мугалжарского района Актюбинской области.



а – дифрактометр ДРОН-2; б - дифрактометр D2 PHASER

**Рис. 1.** Рентгенодифракционный анализ отобранных диатомитовых проб с площади «Жалпак»

Как можно заметить из рисунка 1, в отобранном образце содержится много кварца, а остальные компоненты представляют собой кристаллические фазы, содержащие, в основном,  $\text{SiO}_2$ . Отметим, что кварц является полиморфной модификацией двуокиси кремния.

Как можно заметить из рисунка 1, сигналы рентгеновской дифрактограммы образца, полученные на разных аппаратах совпадают. По результатам рентгеновской дифрактограммы был сделан полуколичественный анализ кристаллических фаз, содержащихся в диатомите.

**Фазовый, рентгенофазовый качественный и/или количественный анализ** – идентификация различных кристаллических фаз и определение их относительных концентраций в смесях на основе анализа дифракционной картины, регистрируемой от исследуемых порошковых образцов. Прецизионное определение параметров элементарной ячейки известного вещества с целью обнаружения изоморфных примесей; индентификация рентгенограмм, определение параметров и возможной пространственной группы для новых соединений. В таблицах 1 и 2 показаны результаты полуколичественных анализов диатомитов, сделанных на аппарате ДРОН -2 и D2 PHASER.

Таблица 1. Результаты рентгенофазового полуколичественного анализа, проведенного на аппарате ДРОН -2

Название минерала	Формула	Концентрация, %
Смектит	$(\text{Na}, \text{Ca})_{0,3}(\text{Al}, \text{Mg})_2\text{Si}_2\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	47
Каолинит	$\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$	28
Кварц	$\text{SiO}_2$	8
Тридимит	$\text{SiO}_2$	6
Гипс	$\text{Ca}(\text{SO}_4)(\text{H}_2\text{O})_2$	4
Слюда	$\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	2,5
Хлорит (клинохлор)	$(\text{Mg}, \text{Fe})_5\text{Al}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$	2,5
Галит	$\text{NaCl}$	2

Результаты анализа, проведенного на аппарате ДРОН-2 показали, что слоистые алюмосиликаты составляют 75% (смектит, каолинит), каркасные алюмосиликаты (слюда, хлорит) – 5%, кварц – 14%. По анализам, проведенным на аппарате D2 PHASER фаза кварца составляет 16,95%, слоистых алюмосиликатов – 65,3%, двуокись кремния – 6,95%, оксидов металлов – около 6%.

Таблица 2. Результаты рентгенофазового полуколичественного анализа, проведенного на аппарате D2 PHASER

Название минерала	Формула	Концентрация, %
Пирофиллит	$\text{Al}_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})\text{O}$	19,76
Каолинит	$\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$	45,54
Кварц	$\text{SiO}_2$	16,95
Дельта кварц (гипотетический)	$\text{SiO}_2$	6,56
Оксид марганца- железа	$\text{Mn}_{1,03}\text{Fe}_{1,97}\text{O}_4$	3,56
Оксид алюминия-магния	$\text{MgAl}_2\text{O}_4$	2,5

Отметим, что в таблице 1 результаты полуколичественного анализа показывают содержание смектита, а во второй – пирофиллит. Минералом-прототипом группы смектитов является пирофиллит. Общее количество слоистых алюмосиликатов по проведенным анализам диатомита совпадает. Результаты анализа на ДРОН-2 показывают содержание хлорита и галита, а на D2 PHASER – оксидов магния и железа. Это связано с тем, что при высокой активности Mg и Al в условиях относительно высокой температуры возникают хлориты. То есть оксиды магния и железа могут преобразовываться в хлориты и галиты при различных условиях [9-10].

Таким образом, результаты полуколичественного рентгенодифракционного анализа позволяют установить наличие следующих основных кристаллических фаз в составе диатомита: слоистые алюмосиликаты – 65-75%; кварц – 14-17%; остальные фазы составляют в небольших количествах гипс, галит и оксиды металлов (около 6%).

В качестве примера в таблице 3 представлены результаты рентгеноспектрального анализа образцов диатомита.

Таблица 3. Результаты рентгеноспектрального анализа образцов диатомита

Образец: ZH 2 D 1/0												
Все результаты в весовых %												
Спектр	O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	Fe	Итого
Спектр 1	54,73	0,40	0,73	4,79	34,58	0,05	0,68	1,02	0,24	0,36	2,42	100,00
Спектр 2	55,09	0,49	0,79	4,30	33,22	0,89	0,69	0,97	1,00	0,25	2,29	100,00
Спектр 3	52,23	2,46	0,64	4,25	29,51	2,07	3,37	1,05	1,88	0,36	2,17	100,00
Среднее	54,02	1,11	0,72	4,45	32,44	1,01	1,58	1,02	1,04	0,32	2,29	100,00
Станд. отклонение		1,56	1,17	0,08	0,30	2,62	1,01	1,55	0,04	0,82	0,06	0,12
Макс.	55,09	2,46	0,79	4,79	34,58	2,07	3,37	1,05	1,88	0,36	2,42	
Мин.	52,23	0,40	0,64	4,25	29,51	0,05	0,68	0,97	0,24	0,25	2,17	

На рисунке 2 представлены результаты предварительного микроскопического изображения с разрешением от 16,3 мкм до 51,6 мкм и диапазоном увеличения от 5200х до 16500х. Внизу указан масштаб от 8 мкм до 20 мкм. В центре изображений отчетливо наблюдаются остатки различной формы имеющих пористую структуру.

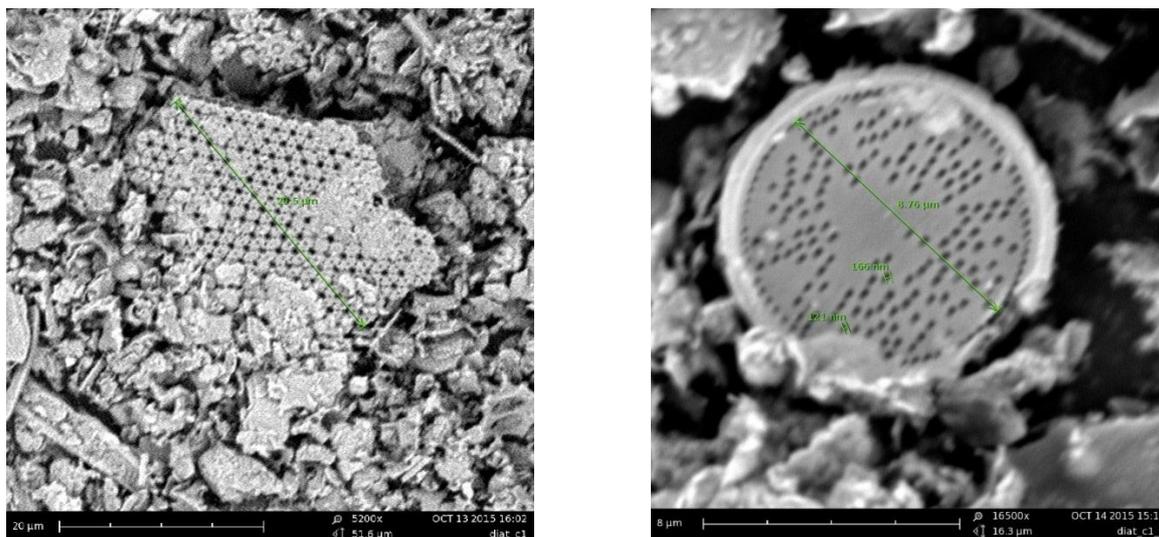


Рис. 2. Результаты предварительного микроскопического анализа

По результатам электронно-микроскопического анализа на сканирующем электронном микроскопе G2 Pro определена топография в структурах диатомовых пород по площади «Жалпак». На всех изображениях сделанных на электронном микроскопе G2 Pro обнаружены квазидвухмерные решетки свидетельствующие о наноструктурности исследуемого материала.

Спектрофотометрический анализ был проведен согласно стандарту ГОСТ 2642.3-97. При регистрации оптического поглощения синего кремнемолибденового комплекса, обнаружены 4 полосы с максимумами при 305÷335нм, 618нм, 813нм и 968нм (Рисунок 3).

Из рисунков 3, 4 следует, что ультрафиолетовая полоса с максимумом при 305÷335 нм очень чувствительна к концентрационному содержанию кремния в растворе. При 37,1% содержания кремния в растворе интенсивность этой полосы поглощения выходит за рамки возможности регистрации оптической плотности спектрофотометр «Evolution 300».

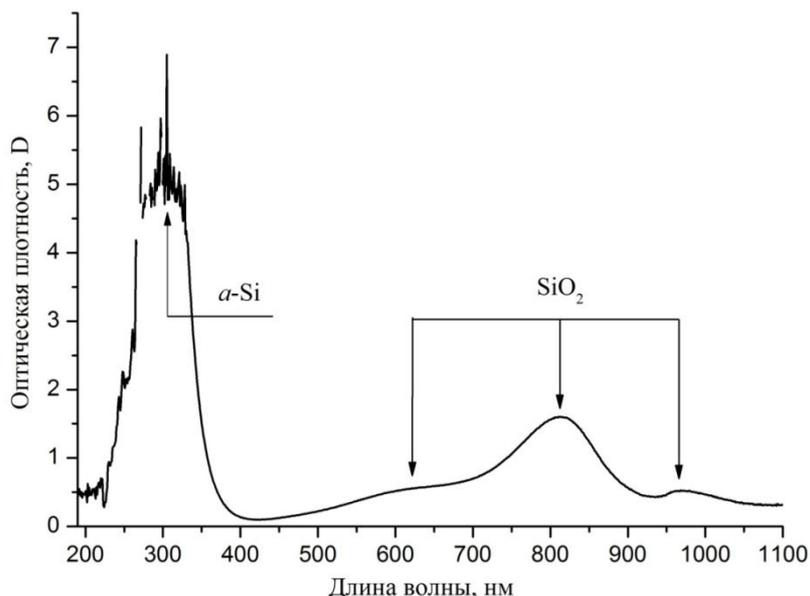


Рис. 3. Спектр поглощения (оптическая плотность) раствора синего кремнемолибденового комплекса, приготовленного из диатомита с площади «Жалпак». Максимальная оптическая плотность - 7

Поэтому при больших концентрациях кремния в растворе для анализа целесообразно пользоваться интенсивностью полосой поглощения с максимумом при 618нм. Данная спектрофотометрическая методика достаточно достоверно анализирует силикаты  $Al_2O_3$  и  $Fe_2O_3$ , где концентрация алюминия и железа не превышает 10%.

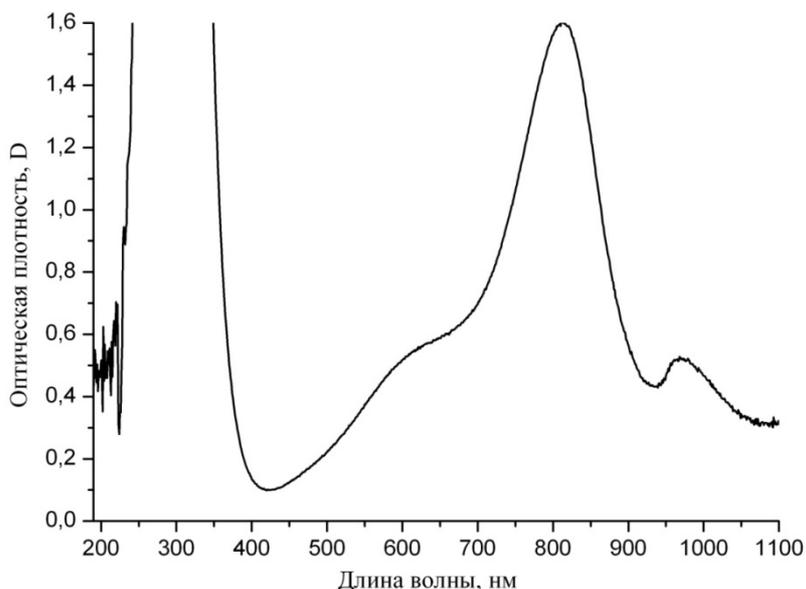


Рис. 4. Спектр поглощения (оптическая плотность) раствора синего кремнемолибденового комплекса, приготовленного из диатомита с площади «Жалпак». Максимальная оптическая плотность – 1,7

Таким образом, спектрофотометрические анализы различных проб по площади «Жалпак» показывают результаты, в которых предельные значения содержания  $SiO_2$  варьируется в интервале 72,69% - 75,15%.

Установленные нами значения силикатов в диатомитах (в интервале 72,69 - 75,15%), находятся в согласии с данными по силикатному анализу. Обнаружен спектр поглощения аморфного кремния с максимумом при 305÷335 нм.

Из силикатного анализа следует, что содержание оксида кремния ( $SiO_2$ ) составляет в различных пробах от 71,48% до 78,14%. Эти результаты относятся к пробам диатомитов естественного происхождения, т.е. без технологии обработки. Известно, что после обработки с соблюдением соответ-

ствующей технологии, которую мы разрабатываем, будет зарегистрирован аморфный кремний в диатомитах. В настоящее время данная технологическая работа продолжается.

### **Выводы**

Методами силикатного, спектрофотометрического, рентгено-дифракционного, рентгено-спектрального, химического, электронно-микроскопического анализов исследован состав диатомовых пород по площади «Жалпак». По результатам исследований определено значение концентрации двуокиси кремния в природном диатомите, которое варьируется от 72,69% до 78,14%, что свидетельствует об однородности диатомовых пород.

Таким образом, разработана методика спектрофотометрического анализа трех силикатных компонентов  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  присутствующих в составе диатомовых пород площади «Жалпак». Важным экспериментальным результатом является разработанная технология регистрации спектров поглощения (максимум при 305÷335 нм) аморфного кремния (диатомита) на базе современного спектрофотометра «Evolution 300».

Работа выполнена при поддержке программы «Комплексное освоение природных запасов диатомитовых осадочных пород Приаралья (акватория Аральского моря) и Прикаспия (Туранская низменность) для вовлечения в индустриально-инновационную Программу развития Казахстана». (Договор №176-2015).

### REFERENCES

- [1] Lemonas J.F. Diatomite // Am. Ceramic Soc. Bull. – 1997. – Vol. 76. – P. 92-95.
- [2] Elden. H., Morsy G., Bakr M. Diatomite: Its Characterization, Modifications and Applications // Asian Journal of Materials Science. - 2 (3), 2010. – P. 121-136,
- [3] Tsai W.T., Hsien K.J., Chang Y.M., Lo C.C. Removal of herbicide paraquat from an aqueous solution by adsorption onto spent and treated diatomaceous earth // Bioresource Technology. – 2005. – Vol. 96. – P. 657-663.
- [4] Al-degs Y., Khraisheh M.A., Tutunji M.F. Sorption of lead ions on diatomite and manganese oxides modified diatomite // Wat. Res. – 2001. – Vol. 35, No. 15. – P. 3724-3728.
- [5] Arik H. Synthesis of  $\text{Si}_3\text{N}_4$  by the carbo-thermal reduction and nitridation of diatomite // Journal of the European Ceramic Society. – 2003. – Vol. 23. – P. 2005-2014.
- [6] Zhaolun W., Yuxiang Y., Xuping Q., Jianbo Z., Yaru C., Linxi N. Decolouring mechanism of zhejiang diatomite. application to printing and dyeing wastewater // Environ. Chem. Lett. – 2005. – Vol. 3. – P. 33-37.
- [7] Adachi S., Mori H. Optical properties of fully amorphous silicon // Physical review B. – Vol. 62 (5), 2000. – P. 10 158 – 10 164.
- [8] Travis W., Ramirez J., Kilin D., Micha D. Optical properties of amorphous and Crystalline silicon surfaces functionalized with Ag adsorbates // International journal of quantum chemistry. – Vol 110 (15), 2010. – P 3005- 3015.
- [9] Hassan M.S., Ibrahim I.A., Ismael I.S. Diatomaceous deposits of Fayium, Egypt: Characterization and evaluation for industrial application // Chinese J. Geochemis. – 1999. – Vol. 18. – P. 233-241.
- [10] Yuan P., Wu D.Q., He H.P., Lin Z.Y. The hydroxyl species and acid sites on diatomite surface: A combined IR and raman study // Applied Surface Sci. – 1997. – Vol. 227. – P. 30-39.

Инсепов З.А., Шункеев К.Ш., Юриш В.В., Гринберг М., Максимова С.Я.,  
Аймаганбетова З.К., Темирбаева А.А.

### **Кремний құрамдас материал - диатомиттің құрылымдық сипаттамаларын зерттеу**

**Түйіндеме.** Мақалада Ақтөбе облысының Мұғалжар ауданының «Жалпак» аймағының диатомиттерінің рентгендифракциялық, рентген-спектралды, электронмикроскопиялық, спектрофотометрлік, силикат (химиялық) анализдердің нәтижелері сипатталған. Табиғи диатомиттегі 72,69% тен 78,14% арасындағы кремний қышқылының концентрациясы анықталды. Бұл диатомиттердің біртектілігін дәлелдейді. Аморфты кремнийдің жұтылу спектрлерінің (максимум 305-335 нм) тіркеу әдістемесі заманауи «Evolution 300» негізінде жасакталды.

Insepov Z.A., Shunkeyev K.Sh., Yurish V.V., Grinberg M., Maksimova S. Y.,  
Aimaganbetova Z.K., Temirbayeva A.A.

### **Research of structural characteristics of siliceous compound –diatomite**

**Summary.** The article describes the results of a X-ray diffraction, X-ray spectral, electron microscopic, spectrophotometry and silicate (chemical) analyzes of samples of rocks from the area of diatomite "Zhalpak" of Aktobe region Mugalzar district. The value of the concentration of silica in natural diatomite which ranges from 72.69% to 78.14% was determined, which indicates about the homogeneity of diatomite rocks. The methods of absorption spectra (maximum at 305-335 nm) of amorphous silicon (diatomaceous earth) on the basis of a modern spectrophotometer «Evolution 300» was obtained.