

- сырьевого комплекса Приволжского и Южного федеральных округов на 2007 и последующие годы [Features of the organic matter of Riphean rocks in the north of the Volga-Ural oil and gas province. Strategy for developing the mineral raw material complex of the Volga and Southern Federal Districts for 2007 and subsequent years]. Saratov, 2006, pp. 87–89. (In Russian).
18. Ahlbrandt T.S. Assessment of global oil, gas and NGL resources based on the total petroleum system concept. AAPG Foundation. Denver, 2002, pp. 10–12.
19. Kodina L.A., Kuznetsova O.V., Plotnikova I.N., Pronin N.V., Vlasova L.N., Bogacheva M.P., Tokarev V.G., Simakova V.M. Izotopno-geokhimi-cheskoe issledovanie organicheskogo veshchestva karbonatnykh porod verkhnego devona Tatarskogo Svoda v svyazi s problemoy ikh neftenosti [Isotope-geochemical study of the organic matter of Upper Devonian carbonate rocks of the Tatar Arch in connection with the problem of their oil content]. Proceedings of the 19th Symposium on Geochemistry of Isotopes named after Academician A.P. Vinogradov. Moscow, Akvarel, 2010, pp. 158–159. (In Russian).

УДК 622.357.8

DOI: 10.24411/1728-5283-2019-10404

## ТРЕПЕЛЫ НА ЮГО-ВОСТОКЕ БАШКОРТОСТАНА КАК ЦЕННОЕ МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ

© **В.Ф. Юлдашбаева**,  
младший научный сотрудник,  
Институт геологии,  
Уфимский федеральный  
исследовательский центр РАН,  
ул. К.Маркса, 16/2,  
450077, г. Уфа, Российская Федерация,  
эл. почта: venera-tashbulatova@mail.ru

© **В.М. Горожанин**,  
кандидат геолого-минералогических  
наук,  
главный научный сотрудник,  
Институт геологии,  
Уфимский федеральный  
исследовательский центр РАН,  
ул. К.Маркса, 16/2,  
450077, г. Уфа, Российская Федерация,  
эл. почта: gorozhanin@ufarus.ru

© **С.В. Мичурин**,  
кандидат геолого-минералогических  
наук,  
старший научный сотрудник,  
Институт геологии,  
Уфимский федеральный  
исследовательский центр РАН,  
ул. К.Маркса, 16/2,  
450077, г. Уфа, Российская Федерация,  
эл. почта: s\_michurin@mail.ru

© **А.М. Карамова**,  
кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник,  
Институт геологии,  
Уфимский федеральный

В пределах республики Башкортостан проявления опок и опоквидных трепелов особенно широким распространением пользуются в Хайбуллинском районе. Общая мощность этих пород здесь достигает 17–18 м. В верховьях рр. Катырли и Ташлы довольно чистые трепелевидные опоки достигают 12–15 м мощности. Запасы опок и опоквидных трепелов в Хайбуллинском районе и на соседних с ним участках довольно значительны и могут обеспечить несколько крупных предприятий по выработке высокосортных стройматериалов. Проведено минералогическое и геохимическое изучение проявления трепелов в меловых отложениях на левом берегу р. Каин-Кабак. Были изучены макроскопически неоднородные породы. Трепелы кремнисто-карбонатного состава сложены кальцитом, аморфным кремнеземом тридимит-кристобалитового ряда и кварцем с незначительной примесью мусковита и хлорита. Образцы представляют собой агрегаты кремнистых остатков раковин фитопланктона – диатомовых водорослей. Благодаря своим природным характеристикам и крайне низкому содержанию вредных примесей, они могут быть использованы для получения пористого теплоизоляционного материала современными методами низкотемпературного вспенивания с высокими прочностными характеристиками. В связи с этим, выявлена проблема изучения неоднородности в соотношения  $\text{CaO}$  и  $\text{SiO}_2$  в разрезе отложений верхнего мела. От этой неоднородности будут меняться и любые технологические свойства сырья, которое может быть использовано как для обеспечения адсорбционных процессов, так и для изго-

исследовательский центр РАН,  
ул. К.Маркса, 16/2,  
450077, г. Уфа, Российская Федерация,  
эл. почта: alsu.2013@bk.ru

товления конструкционных материалов. В зависимости от цели использования той или иной разновидности этих карбонатно-кремнистых пород, по-видимому, потребуется их предварительное обогащение.

Ключевые слова: девонские отложения, Республика Татарстан, доманикиты, биомаркеры, источник генерации, нефти рифей-ведских отложений.

© V.F. Yuldashbaeva, V.M. Gorozhanin, S.V. Michurin, A.M. Karamova

## TRIPOLITES IN SOUTH-EASTERN BASHKORTOSTAN AS VALUABLE MINERAL RAW MATERIALS

Institute of Geology,  
Ufa Federal Research Centre,  
Russian Academy of Sciences 16/2,  
ulitsa Karla Marksa,  
450077, Ufa, Russian Federation,  
e-mail: venera-tashbulatova@mail.ru  
gorozhanin@ufarus.ru  
s\_michurin@mail.ru  
alsu.2013@bk.ru

Within the Republic of Bashkortostan, the occurrences of gaizes and gaize-like tripolites are especially widespread in the Khaybullinsky district. Here, the total thickness of these rocks is as much as 17 or 18 m. In the upper reaches of the rivers Katyrli and Tashly fairly pure gaize-like tripolites range up to 12-15 m. The reserves of gaizes and gaize-like tripolites found in the Khaybullinsky district and its adjacent areas are sufficiently large and can meet the needs of several major enterprises producing high-grade construction materials. We have conducted both mineralogical and geochemical research of tripolites occurred in Cretaceous deposits on the left bank of the river Kain-Kabak and studied macroscopically heterogeneous rocks. Tripolites of siliceous-carbonate composition consist of calcite, amorphous silica of the tridymite-cristobalite series and quartz with slight impurities of muscovite and chlorite. The samples represent the aggregated siliceous remains of phytoplankton shells (diatoms). Due to their natural characteristics and extremely low content of detrimental impurities, they can be used to produce porous heat-insulating material with high strength parameters via modern methods of low-temperature foaming. In this regard, we have identified the problem of studying the variations in CaO/SiO<sub>2</sub> ratio within Upper Cretaceous deposits. These variations will change technological properties of raw materials used to afford adsorption processes and to manufacture construction elements. Depending on the purpose for using one or another type of these carbonate-siliceous rocks, their pre-enrichment is likely to be required.

Key words: tripolites, gaize-like tripolites, Cretaceous sediments, amorphous silica, heat-insulating materials, South Urals





формы и спикулоподобных трубочек (рис. 3). Все эти органические остатки сложены кремнистым материалом, который по волнистому погасанию минеральных агрегатов диагностируется как халцедон.

В полостях раковин и в каналах трубочек отмечается буровато-коричневое слабопросвечивающее вещество, по-видимому, битум, а также скрытокристаллический карбонат. Раковины, сложенные халцедоном, различного размера (наибольший диаметр многокамерных форм составляет 0,3 мм, удлинённых трубковидных – 0,06 мм при длине раковины до 0,6 мм) с нечеткими «разъеденными» очертаниями. Вместе с тем обычные размеры раковин гораздо меньше. Часто в цементе видны только отдельные реликты или обломки камер; иногда они замещены карбонатным материалом.

По наблюдениям в шлифах в породе также диагностированы обломочный кварц алевритовой размерности и угловатой формы, а также глауконит, который образует овальные почкообразные микроконкреции желтовато-зеленого цвета, сложенные агрегатом разноориентированных микрокристалликов. Размер микроконкреций в среднем составляет 0,1–0,2 мм.

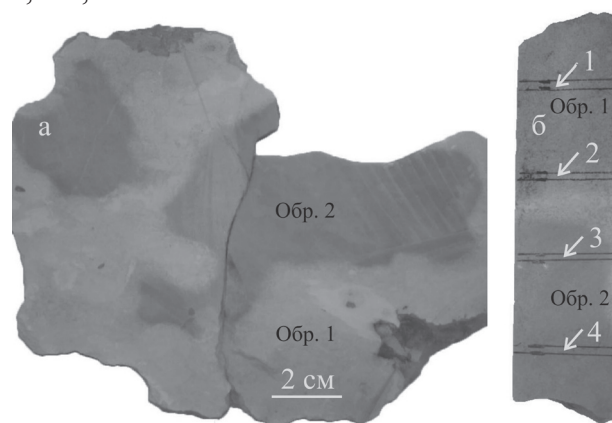


Рис. 2. Общий вид в срезе трепелов из проявления на левом берегу р. Каин-Кабак (а) и точки анализа химического состава (б)

В химическом составе исследуемых пород (обр. 1) установлено высокое содержание  $\text{SiO}_2$  (47,59 мас. %) и  $\text{CaO}$  (27,25 мас. %) (табл. 1). По содержанию главных петрогенных оксидов они соответствуют составу трепелов, изученных в работе [6].

С целью сравнительного анализа был определен химический состав теплоизоляцион-

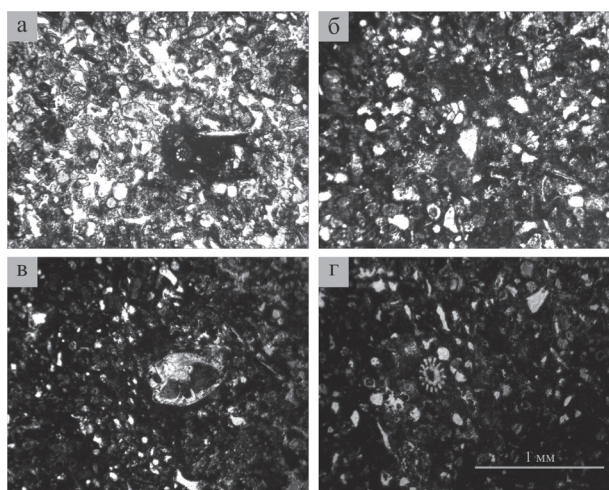


Рис. 3. Кремнистые реликты мелких раковин диатомей в трепеле с кремнистым (а) и непросвечивающим карбонатно-битуминозно-глинистым (б–г) цементом.

ного изделия, имеющего высокие показатели пористости (см. табл. 1), которое было ранее изготовлено из диатомита, взятого в одном из месторождений Оренбургской области. Изделие в виде высокопрочного легкого строительного материала (марка 1000), пригодного для несущих строительных конструкций, что было подтверждено исследовательскими работами, которые были проведены в 2009 году в г. Орле. Исследуемые образцы сходны с высокопористым теплоизоляционным изделием. Вместе с тем в изученных нами образцах количества  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{S}_{\text{общ}}$  и большинства редких элементов (Sc, V, Cr, Ni, Zn, Rb), могущих быть «вредными» примесями, намного ниже, чем в сравниваемом теплоизоляционном изделии.

По полученным данным рентгенофазового анализа установлено (рис. 4), что основными минералами, из которых состоят изучаемые породы, являются кальцит (50–60%), аморфный кремнезем (25–35%) и кварц (5–10%). Отмечаются незначительные количества (<1%) мусковита и хлорита. Кварц двух разновидностей: а) аморфная фаза тридимит-кристобалитового состава, образующая характерное гало на дифрактограмме в области 20–23 Брэгговских углов (см. рис. 4); б) кристаллический кварц. Аморфная фаза преобладает по сравнению с кристаллическим кварцем, составляющим примерно четверть от его общего количества.

ТАБЛИЦА 1 – Химический состав (мас. %) трепела из меловых отложений на р. Каин-Кабак и содержание в нем редких элементов (г/т) по результатам рентгено-флуоресцентного анализа

Окислы и элементы	Обр. 1 (рис. 2а) (меловые отложения на р. Каин-Кабак)	Трепелы, по [6]	Образец изделия из вспененного кремнистого материала
MgO	<0,20	0,20–1,60	<0,20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,91	2,50–11,60	2,10
SiO <sub>2</sub>	47,59	35,30–86,70	45,70
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,06	–	0,24
TiO <sub>2</sub>	0,03	–	0,16
S <sub>общ</sub>	0,06	–	0,11
K <sub>2</sub> O	0,36	0,85–2,10	0,72
CaO	27,25	0,40–31,20	1,56
MnO	0,03	–	0,01
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,22	0,30–3,40	2,17
Sc	6,0	–	90,9
V	<10	–	27,8
Cr	24,3	–	58,7
Co	<10,0	–	<10,0
Ni	17,9	–	38,6
Cu	<10,0	–	<10,0
Zn	6,9	–	46,3
Rb	28,4	–	50,0
Sr	465,0	–	297,0
Zr	132,7	–	136,2
Nb	132,1	–	16,3
Ba	166,0	–	37,3
Cl	683,9	–	763,1

Результаты термогравиметрического анализа подтверждают данные рентгенофазового изучения минералогического состава. Зафиксированы эндотермические эффекты в исследуемых породах при температурах 90°C (слабый эффект с потерей веса около 3%), 850°C и экзотермический – при 910°C. Потеря веса в образце составила около 25,3%. Эти результаты показывают, что главным минералом в породах является кальцит, составляющего примерно 50%. Отметим, что на термограмме не присутствует термический эффект при 573°C, так называемый α-β переход, происходящий при кристалличес-

кой перестройке кварца и сопровождающийся поглощением тепла. Это указывает, что в образце кристаллическая фаза кварца или отсутствует или содержится в небольшом количестве.

Кроме этого отметим, что зафиксированный в исследуемых породах экзотермический эффект при 910°C характерен для марганцовистых кальцитов с большим содержанием в них MnO. Однако, в наших образцах содержание оксида марганца незначительное, не превышающее 0,03 мас. %, из чего следует, что такой эффект не связан с содержанием Mn в кальците, а происходит по другой при-

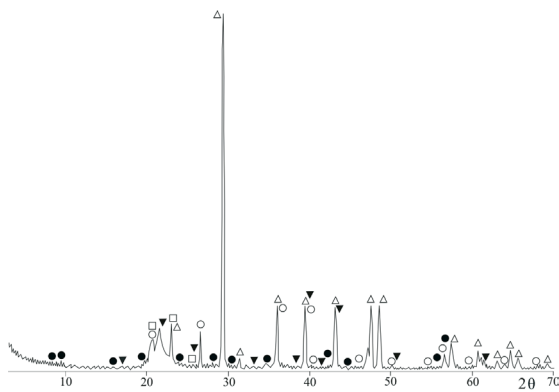


Рис. 4. Диффрактограмма трепела из меловых отложений на р. Каин-Кабак

Условные обозначения: Δ – кальцит, ○ – кварц, □ – тридимит, ● – мусковит, ▼ – гетит (?)

чине. Наиболее вероятно, ей является наличие в породах большого содержания аморфного кремнезема, которое при нагреве химически взаимодействует с кальцитом. Диссоциация  $\text{CaCO}_3$  в присутствии кремнезема часто переходит в экзотермический эффект образования силиката кальция. Сама реакция между  $\text{CaCO}_3$  и кремнеземом не отражается на кривой дифференциального термического анализа (ДТА) из-за того, что в ней больше тепла затрачивается на образование  $\text{CO}_2$ , чем его выделяется при образовании силиката, поэтому в сумме итог складывается в сторону эндотермического отклонения кривой ДТА [7]. Из-за высокой дисперсности слагающего материала такую картину часто дают карбонатные илы, в которых происходит интенсивное взаимодействие между реагирующими веществами.

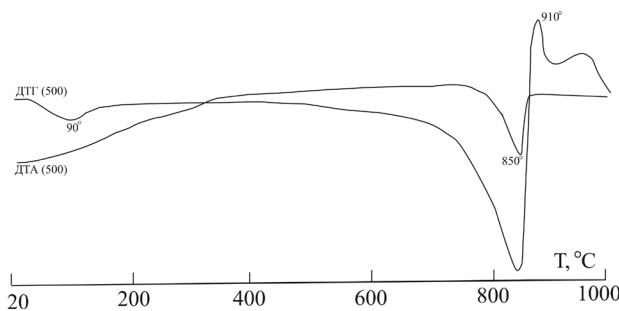


Рис. 5. Термограмма трепела из меловых отложений на р. Каин-Кабак.

В таблице 2 приводятся результаты атомно-эмиссионного определения концентраций петрогенных и редких элементов в отобранном образце трепелов, представляющем со-

бой пятнистую породу. Изменения химического состава прослежены по профилю, пересекающему рыхлый участок породы желтого цвета, (см. рис. 2б, точки 1 и 2) и плотный темно-серый (см. рис. 2б, точки 3 и 4). Участок породы желтого цвета по химическому составу полностью соответствует образцу 1, данные по которому приводятся в таблице 1. На участке установлено высокое содержание  $\text{CaO}$  (26,18 мас. %), которое постепенно уменьшается до 9,31 мас. % по мере перехода в плотную темно-серую и, судя по расчетным значениям  $\text{SiO}_2$ , окремненную породу, по-видимому, представляющую собой опоку. Из таблицы 2 видно, что содержания  $\text{CaO}$  и  $\text{SiO}_2$  в породе ведут себя противоположно. Это подтверждает наблюдаемую в шлифах картину локально-пятнистого (участкового) окремнения. Можно предположить, что оно происходило в диагенезе и его локальный характер обусловлен нехваткой материала для полного окремнения всей толщи.

В связи с этим, возникает дополнительная проблема изучения неоднородности в соотношения  $\text{CaO}$  и  $\text{SiO}_2$  в разрезе отложений верхнего мела. Очевидно, что от этой неоднородности будут меняться и любые технологические свойства сырья, которое может быть использовано как для обеспечения адсорбционных процессов, так и для изготовления конструкционных материалов. В зависимости от цели использования той или иной разновидности этих карбонатно-кремнистых пород, по-видимому, потребуется их предварительное обогащение.

**Выводы.** Изученные осадочные породы на р. Каин-Кабак из меловых отложений (маастрихтский ярус) представляют собой трепелы кремнисто-карбонатного состава. Они сложены кальцитом, аморфным кремнеземом тридимит-кристаллитового состава, кварцем. Отмечается незначительная примесь мусковита и хлорита. Из-за своих природных характеристик (сложению из мельчайших опал-халцедоновых частиц – реликтов кремнистых раковин диатомей), они могут быть использованы для получения пористого теплоизоляционного материала с высокими прочностными характеристиками. Содержания вредных примесей (серы, фосфора)

ТАБЛИЦА 2 – Химический состав (мас. %) образцов трепела и содержание в них редких элементов (г/т) по результатам ИСП АЭС

Окислы и элементы	Образец 1		Образец 2	
	Трепел 1	Трепел 2	Трепел 3	Трепел 4
Na <sub>2</sub> O	0,34	0,31	0,17	0,19
MgO	0,63	0,58	0,29	0,29
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,54	2,49	1,72	1,76
SiO <sub>2</sub> *	45,63	48,31	74,66	79,39
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,28	0,18	0,16	0,11
TiO <sub>2</sub>	0,10	0,10	0,05	0,06
CaO	26,18	24,95	11,91	9,31
MnO	0,02	0,02	0,01	0,005
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,71	3,46	1,67	1,57
CO <sub>2</sub> *	20,57	19,6	9,36	7,32
Sc	1,7	1,7	0,8	0,9
V	31,3	29,2	14,2	15,5
Cr	73,2	48,2	25,7	27,1
Li	4,5	6,5	2,2	1,5
B	8,3	8,2	10,7	12,9
Ni	24,2	3,0	<ПО	<ПО
Cu	11,8	3,3	<ПО	<ПО
Sr	440,3	427,7	241,0	203,0
Y	4,1	2,8	0,4	0,2
Zr	42,6	45,4	29,6	32,6
Ba	53,4	43,5	16,0	15,5
La	11,7	8,3	<ПО	<ПО

Примечание – Содержания Cd, Ce, Co, Sm, Zn ниже предела обнаружения. CO<sub>2</sub>\*, SiO<sub>2</sub>\* – расчетные данные.

и некоторых редких элементов (V, Cr, Ni, Zn, Sc) в изученных трепелах незначительно. Это расширяет сферу использования из этого природного материала, например, в качестве сорбента для очистки воды. Следует только учитывать, что соотношение опок и трепелов

разреже носит участково-локальный, незакономерный характер, и в зависимости от цели использования той или иной разновидности этих карбонатно-кремнистых пород, по-видимому, потребуется их предварительное обогащение.

## ЛИТЕРАТУРА

- Сеник Н.А. Пористый гранулированный стеклокристаллический материал на основе диатомитовой породы. XVI Международный научный симпозиум студентов и молодых ученых им. академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр», посвященный 110-летию со дня рождения профессора, Заслуженного деятеля науки и техники РСФСР Л.Л. Халфина и 40-летию научных молодежных конференций имени академика М.А. Усова. ТПУ, 2–7 апреля 2012. С. 673–675.
- Вахрушев Г.В. Строительные материалы минерального происхождения Башкирской АССР. Башгосиздат, 1936. 170 с.



