

УДК 553.041, 666.189.32

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЕВРОПЕЛИТОВЫХ ПОРОД ИШИМСКОЙ СВИТЫ ЮГА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ. ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИХ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Смирнов Павел Витальевич,

аспирант, научный сотрудник Тюменского государственного нефтегазового университета, Россия, 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38.

E-mail: geolog.08@mail.ru

Константинов Александр Олегович,

научный сотрудник Тюменского государственного нефтегазового университета, 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38.

E-mail: konstantinov.alexandr72@gmail.com

Иванов Константин Сергеевич,

кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института криосферы Земли СО РАН, Россия, 625026, г. Тюмень, ул. Малыгина, 86. E-mail: sillicium@bk.ru

Актуальность работы. Отложения ишимской свиты позднего миоцена широко распространены в пределах юга Тюменской области и характеризуются приповерхностным залеганием. Ишимская свита миоцена представляет собой слои разнотекстурного песка, перекрытые отбеленными высокодисперсными алевропелитовыми породами. Несмотря на высокий потенциал промышленного использования и значительное распространение в пределах региона, алевропелитовые породы ишимской свиты до настоящего момента не нашли практического применения. Детальное изучение вещественного состава данных отложений позволит оценить возможности их использования в тех отраслях промышленности, где востребовано кварцевое сырье тонкого измельчения с высокой дисперсностью.

Цель работы: исследование химического и минералогического состава отложений ишимской свиты для оценки возможности их использования при производстве строительных материалов (пеностеклокерамики) на примере пород, представленных в естественном обнажении долины р. Бегилы Заводоуковского района Тюменской области.

Методы исследований: полевые исследования, макроскопические исследования, рентгенофлуоресцентный анализ, рентгеноструктурный анализ, петрографический анализ, электронная микроскопия, технологические испытания.

Результаты: изучен вещественный состав и физические свойства алевропелитовых пород ишимской свиты, представленных в естественном обнажении долины р. Бегилы Заводоуковского района Тюменской области. В исследуемых породах выявлено высокое содержание мелкодисперсного SiO_2 и высокая удельная поверхность частиц, что позволяет рассматривать их в качестве своеобразного аналога микрокремнезема и маршалита. Установлена возможность производства пеностеклокерамики из алевропелитовых пород ишимской свиты юга Тюменской области. Сочетание выдержанности пород на значительной площади и приповерхностного залегания делает возможным их использование в качестве сырья при производстве керамических изделий строительной отрасли региона.

Ключевые слова:

Ишимская свита, алевропелиты, маршалит, микрокремнезем, Тюменская область, пеностеклокерамика.

Введение

На юге Тюменской области, в пределах Тобол-Ишимского междуречья, на склонах долин малых рек широко распространены выходы отбеленных высокодисперсных алевропелитовых пород мощностью до 4–5 м. Данные отложения по внешнему виду напоминают одновременно диатомит, каолинит и мел. В рамках классической стратиграфии Западной Сибири рассматриваемые породы завершают разрез ишимской свиты миоцена [1–4].

Ишимская свита миоцена представляет собой целостную толщу, включающую в себя слои разновозрастного песка и перекрывающие их отбеленные алевропелитовые породы [2].

Пески нижней части ишимской свиты широко используются строительной промышленностью региона [2], в то время как алевропелитовые породы, несмотря на высокий потенциал практическо-

го использования, до настоящего времени не нашли широкого применения.

Важно отметить, что даже внешняя диагностика рассматриваемых пород без использования специального оборудования позволяет обнаружить значительное содержание в них высокодисперсного кварца. Исследование возможностей практического использования алевропелитовых пород ишимской свиты предполагает изучение вещественного состава и физических свойств данных отложений.

Объекты исследования

Породы для исследований были отобраны из естественного обнажения в долине р. Бегилы Заводоуковского района Тюменской области (рис. 1). В пределах рассматриваемого участка ишимская свита объединяет слои разнотекстурного песка и от-

беленных трепеловидных алевропелитовых пород, считается геологически целостной и представляет единую свиту мощностью до 20 м [2] (рис. 2).

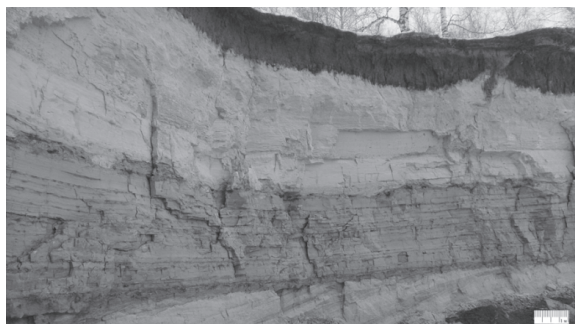


Рис. 2. Обнажение пород ишимской свиты, долина р. Бегилы

Fig. 2. Outcrop of Ishim formation, Begila river valley

Макроскопически порода верхней части светло-серая, почти белая, очень рыхлая, сильно пачкает пальцы при контакте, с массивной текстурой (рис. 3). Порода сложена мелким обломочным материалом, представленным мелкоалевритовой и

пелитовой фракциями. Присутствуют немногочисленные мелкие чешуйки слюд и хлоритов. Отмечаются редкие мелкие и очень мелкие черные, реже бурые, зерна углефицированного растительного детрита, обломочные зерна рудных минералов и железисто-марганцевые конкреции. Порода ниже лежащей толщи – более темная и характеризуется плитчатой отдельностью, по плоскостям которой наблюдаются признаки ожелезнения – тонкие пленки гидрооксидов железа.

Результаты и обсуждение

Влажность алевропелитовой породы в естественном залегании невелика и не превышает 3–5 %. Основную массу породы составляют фракции крупной пыли размером 0,01–0,05 мм и средней пыли размером 0,005–0,01 мм (52,85 % и 31,5 % соответственно). Песчаная фракция практически отсутствует (2–3 %).

По данным химического анализа установлено, что основными компонентами алевропелитовой породы ишимской свиты, представленной в обнажении долины р. Бегилы, являются SiO_2 , Al_2O_3 ,

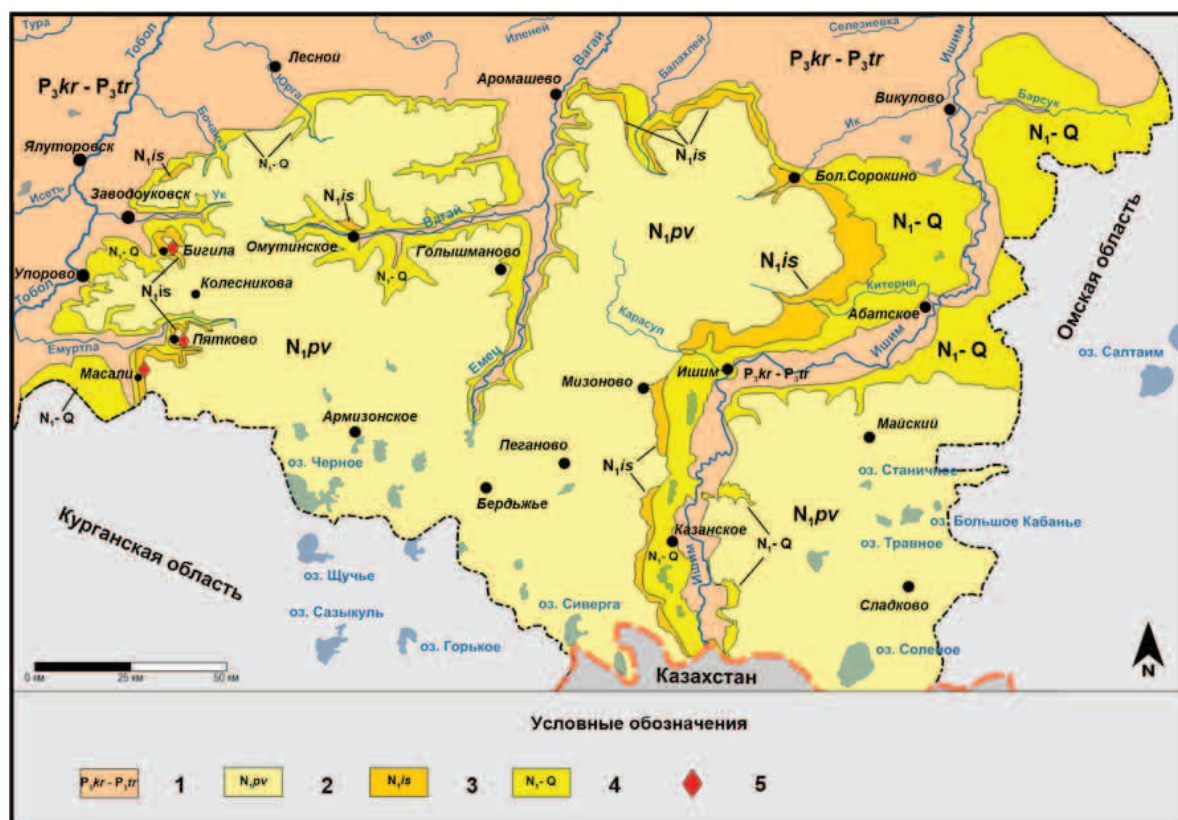


Рис. 1. Карта-схема распространения неоген-четвертичных отложений в пределах юга Тюменской области: 1 – отложения куртамышской (P_3kr) и туртасской (P_3tr) свит олигоцена; 2 – отложения павлодарской свиты неогена (N_{1pv}); 3 – отложения ишимской свиты неогена (N_{1is}); 4 – нерасчлененные неоген-четвертичные отложения; 5 – известные обнажения ишимской свиты в пределах рассматриваемой территории

Fig. 1. Schematic map of the spread of the Neogene-Quaternary sediments within the south of the Tyumen region: 1 – sediments of Kurtamyshskaya (P_3kr) and Turtasskaya (P_3tr) formations of the Oligocene; 2 – sediments of Pavlodar formation of the Neogene (N_{1pv}); 3 – sediments of Ishim formation of the Neogene (N_{1is}); 4 – undifferentiated Neogene-Quaternary sediments; 5 – known outcrops of Ishim formation within the studied area

Таблица 1. Результаты определения химического состава пород обнажения в долине р. Бегилы**Table 1.** Results of determination of rock chemical composition (outcrop of Begila river valley)

№ п/п Sr. No	№ обр. Sample	ППП LOI	Химический состав/Chemical composition, %																			
			Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	NiO	CuO	ZnO	Rb ₂ O	SrO	ZrO ₂	BaO
1	Б-1	2,51	1,71	0,59	7,90	81	0,05	–	1,74	1,04	1,29	0,010	0,007	0,039	2,400	0,003	0,006	0,006	0,009	0,030	0,054	0,027
2	Б-2	5,52	0,85	1,32	14,80	67	0,05	0,01	2,13	0,85	1,32	0,025	0,017	0,035	5,800	0,005	0,009	0,012	0,013	0,025	0,055	0,030
3	Б-3	3,42	1,93	1,02	10,90	74	0,03	–	2,05	1,87	1,27	0,019	0,015	0,042	3,520	0,004	0,007	0,007	0,010	0,034	0,064	0,036
4	Б-4	3,61	1,42	1,20	11,60	74	0,04	0,01	2,29	1,00	1,41	0,019	0,015	0,049	3,590	0,005	0,007	0,010	0,011	0,025	0,068	0,029

Примечание. Пустые графы – содержание ниже предела определения или отсутствие. ППП – потери при прокаливании.

Note. Empty graphs – content is lower than the determination limit or absence. LOI – lose on ignition.

Fe₂O₃. Для верхней части алевропелитовой подстилки характерны наибольшие содержания диоксида кремния и наименьшие оксидов литофильных элементов (Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂, Cr₂O₃ и др.) (табл. 1).

В образцах отбеленных алевропелитов определен минеральный состав по данным интерпретации рентгеноструктурного анализа (РСА) (табл. 2). Порода сложена, главным образом, обломками кварца, калиевого полевого шпата или микроклина, кислым плагиоклазом или альбитом.

Таблица 2. Валовый минеральный состав алевропелитовой породы обнажения в долине р. Бегилы, %**Table 2.** Results of determination of total mineral composition, % (outcrop of Begila river valley)

Кварц Quartz	Микроклин Microcline	Альбит Albite	Каолинит Kaolinite	Хлорит Chlorite	Корренсит (тосудит) Corrensite (tosudite)	Гидрослюда Hydrous mica	ССО Mixed layer clay
81,0	3,0	10,0	0,4	1,0	0,8	3,1	0,7

Содержание глинистых минералов, входящих в состав изучаемой породы, крайне низкое (табл. 1), оно определено с большой погрешностью.

В целом в виде количественной оценки можно принять, что суммарная концентрация глинистых минералов в этом образце близка к 6 % (табл. 2). В термин «гидрослюда» включаются не только собственно глинистые минералы из группы смектитов, но и мелкие, довольно многочисленные терригенные обломки гидролизированных слюд, хорошо видимые в образце.

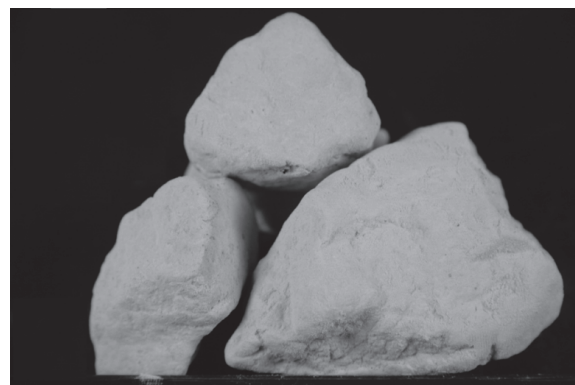
Преобладающим минералом в составе глинистой фракции (табл. 3) является гидрослюда (около 50 %). На втором месте, по вкладу в сумму глинистых минералов, находится хлорит (22 %). Затем следует корренсит и/или тосудит (12 %). И, наконец, меньше всего в составе глин – каолинит и ССО (по 8 % каждый). ССО – это смешанослойный минерал, состоящий из чередующихся друг с другом слоев, представленных гидрослюдой и монтмориллонитом. Корренсит и тосудит – также смешанослойные минералы, но в их состав входят чередующиеся слои хлорита и вермикулита (корренсит) или хлорита и монтмориллонита (тосудит). Так как только на основании данных РСА

эти смешанослойные минералы трудно отличить друг от друга, в табл. 3 приводятся названия обоих минералов.

Таблица 3. Результаты определения минералов глинистой составляющей образца, %**Table 3.** Results of determination of minerals of clayed part, %

Каолинит Kaolinite	Хлорит Chlorite	Корренсит (тосудит) Corrensite (tosudite)	Гидрослюда Hydrous mica	ССО Mixed layer clay
8,0	22,0	12,0	50,0	8,0

По данным петрографического анализа, исследуемая рыхлая порода обладает пелито-алевритовой структурой с размером частиц менее 0,01–0,001 мм, единично – до 0,03 мм. Обломки представлены преимущественно кварцем и тончайшими чешуйками гидрослюды (рис. 4). Обломки пород гидрослюдистого и хлоритового состава. Округлые обособления размером до 0,03 мм, желтоватые в параллельных николях, принадлежат ССО. Рудные минералы представлены более-менее равномерно рассеянной вкрапленностью пирита, составляющего не более 1–2 %, и рудным минералом, не определяющимся вследствие полной лейкоксенизации (составляет около 5 %). Акцессорные представлены титанистыми минералами с размером кристаллов до 0,01 мм, составляющими 4–5 %.

**Рис. 3.** Внешний вид алевропелитовой породы**Fig. 3.** Aleuropelitic rock appearance

С целью определения величины удельной поверхности изучаемой породы произведены измерения методом БЭТ (методом Брунауэра, Эммета и Теллера) на автоматизированном приборе ASAP-2400 Micromeritics и анализ изотерм адсорбции азота при 77 К. Величины удельной поверхности значительно варьируются (от 12 м²/г) и достигают для отдельных образцов нижней части алевропелитовой подсвиты 31,5 м²/г.

По нашему мнению, вещественный состав и физико-химические свойства могут предопределить широкое использование данных пород в качестве сырья для производства различных строительных материалов. Геологические условия формирования этих толщ, по всей видимости, обеспечивали высокую дисперсность породы, обычно не характерную для отложений преимущественно кварцевого состава.

В этой связи представляют интерес результаты исследований А.И. Траутвайн и В.В. Ядыкиной [5], которыми установлена прямая связь между степенью измельчения породы и её реакционной способностью. Реакционная способность кремне-содержащих материалов связана с уменьшением размера частиц и последующим изменением концентрации активных адсорбционных и протонодонорных центров. Обычно с целью повышения реакционной способности исходную породу активизируют с помощью мелкого помола. Дисперсность кварца в сырьевых смесях приобретает еще большее значение, так как от дисперсности зависит скорость взаимодействия со щелочами во время обжига [5–10].

Высокое содержание в исследуемой породе мелкодисперсного SiO₂ открывает перспективы получения пеностеклокерамики на её основе (табл. 4). Нами исследовалась принципиальная возможность замены опал-кristобалитовой породы при изготовлении образцов пеностеклокерамики по

технологии, разработанной для опал-кristобалитовых пород [11, 12]. В соответствии с запатентованным способом (патент РФ № 2464251) [13] образцы пеностеклокерамики изготовлены при 800 °С без использования плавня.

Табл. 4. Основные характеристики образцов пеностеклокерамики, полученных из алевропелитов

Table 4. Main characteristics of the foam-glass ceramics samples, obtained from aleuro-pelitic rocks

№ п/п Sr. No.	Физические свойства Physical properties	Значение Value
1	Средняя плотность, кг/м ³ Average density, kg/m ³	890
2	Прочность при сжатии, МПа Compressive strength, MPa	15,5
3	Водопоглощение (по массе), % Water absorption (by weight), %	1,2
4	Теплопроводность, Вт/(м·К) Thermal conductivity, W/(m·K)	0,23

По внешнему виду материал напоминает застывшую стеклянную пену кремового цвета (рис. 5). Поры преимущественно закрытые, что подтверждает низкое значение водопоглощения полученных образцов. В исходном виде порода пригодна для получения конструкционно-теплоизоляционного материала в виде блочных изделий. Для получения теплоизоляционных материалов со средней плотностью 300–400 кг/м³ и теплопроводностью порядка 0,07–0,10 Вт/(м·К) необходимы дополнительные исследования влияния фракционного состава породы на свойства материала.

Высокая дисперсность, кремнистый состав и высокая удельная поверхность позволяют рассматривать исследуемые породы в качестве аналога микрокремнезема и маршалита, которые широко используются в производстве различных видов

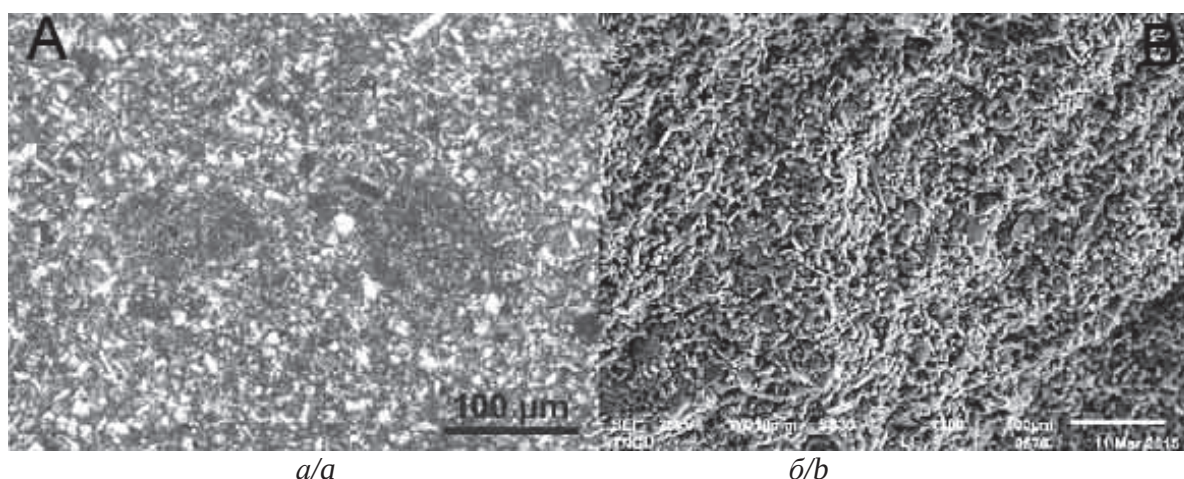


Рис. 4. Общий вид алевропелитовой породы в шлифе (а) и общий вид кремнистой породы под электронным микроскопом (б) (фотографии: В.Т. Чернышев, ТюмГНГУ)

Fig. 4. General view of aleuropelitic rock in slides (a) and general view of silica rock under electron microscope (b) (photos by V.T. Chernyshev, Tyumen State Oil and Gas University)

строительных материалов: гранулированных теплоизоляционных материалов, сухих строительных смесей, бетонов, пенобетонов, цементов, керамики, облицовочной и тротуарной плитки, черепицы, резин, пластмасс и др. [14–17].



Рис. 5. Образец пеностеклокерамики, полученный при вспенивании исследованной породы

Fig. 5. Foam glass-ceramics sample obtained when frothing the rock

Микрокремнезём – ультрадисперсный кварцевый материал, отход газоочистки металлургических печей при производстве кремнийсодержащих сплавов. Микрокремнезем занимает важное место в производстве особо прочных бетонов. Внесение микрокремнезёма увеличивает прочность и морозостойкость бетонов за счет низкой проницаемости и повышения плотности цементного камня, а также способствует уменьшению расхода цемента за счет связывания выделяемой извести. При производстве портландцемента микрокремнезём выступает в роли полифункциональной добавки, увеличивающей его водостойкость, прочностные характеристики и устойчивость к коррозии [18–20]. Массовая доля диоксида кремния, реализуемого на рынке, варьируется от 65 до 95 %, удельная поверхность – не менее 12 м²/г. В этом отношении исследуемые породы и микрокремнезём аналогичны.

Широкое применение в производстве строительных материалов получил маршалит, который представляет собой природный ультрадисперсный кварц с размерами частиц 0,07–0,03 мм, содержа-

щий не менее 98 % SiO₂. Ввиду высокой степени химической чистоты, спектр использования маршалита очень широк: стекольная и химическая промышленность, металлургия, производство строительных материалов и активных добавок.

Существенным отличием маршалита от рассматриваемых пород является значительное содержание в последних оксидов литофильных металлов – Fe и Al. Однако маршалит легко поддается обогащению отмучиванием, воздушной сепарацией и химическому обогащению с выделением мономинеральных фракций и одновременным снижением содержания Fe₂O₃ до 0,02–0,004 %. Подобный опыт может быть полезен при практическом использовании исследуемых пород.

Очевидно, что опыт использования микрокремнезема и маршалита может быть перенесен и на исследуемые кварцевые алевропелитовые породы.

Юг Тюменской области является регионом, испытывающим дефицит высококачественных строительных материалов [21]. Проблема ограниченности местной сырьевой базы является одним из основных факторов, лимитирующих развитие строительного рынка региона. Широкое применение добавок-заменителей микрокремнезема позволило бы существенно снизить расход цемента и, соответственно, повысить доступность жилья в регионе.

Практический интерес также может представлять использование исследуемых пород в качестве наполнителя для красок, шпаклевок, смесей для наливных полов и т. д.

Заключение

Отложения ишимской свиты миоцена широко представлены на юге Тюменской области. Они залегают близко к дневной поверхности, что делает рентабельным их промышленное использование в качестве заменителя микрокремнезема при производстве высококачественных строительных материалов.

Результаты изучения вещественного состава и физических свойств алевропелитовых пород ишимской свиты позволили выявить высокое содержание мелкодисперсного SiO₂ и высокую удельную поверхность частиц.

Выявлена возможность использования алевропелитовых пород ишимской свиты при производстве пеностеклокерамики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астапов А.П. Континентальный олигоцен-неоген Тобол-Ишимского междуречья: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Новосибирск, 1977. – 185 с.
2. Астапов А.П., Дрожащих Н.Б., Генералова Р.С. Палеогеография палеогена и неогена юга Тюменской области в связи с оценкой перспектив территории на нерудное сырье: отчет по теме / ЗапСибНИГНИ. – Тюмень, 1979. – С. 15–17.
3. Стратиграфия, палеомагнитная и палинологическая характеристики континентальных отложений палеогена и неогена юго-запада Западной Сибири / З.Н. Гнибиденко, В.С. Волкова, О.Б. Кузьмина, Ж.А. Доля, И.В. Хазина, А.В. Левичева // Геология и геофизика. – 2011. – Т. 52. – № 4. – С. 596–605.
4. Унифицированные региональные стратиграфические схемы неогеновых и палеогеновых отложений Западно-Сибирской равнины: объяснительная записка // Ф.Г. Гурари, В.С. Волкова, А.Е. Бабушкин, А.Г. Головина, В.П. Никитин, А.И. Некрасов, А.В. Кривенцов, Ж.А. Доля, Ю.М. Колыхалов, З.Н. Гнибиденко / СНИИГТИМС. – Новосибирск, 2001. – 84 с.
5. Траутвайн А.И., Ядыкина В.В. Исследования влияния режимов измельчения на реакционную способность минеральных порошков // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2013. – Вып. 61–62. – С. 248–254.
6. Ядыкина В.В. Управление процессами формирования и качеством строительных композитов с учетом состояния поверхности дисперсного сырья. – М.: Изд-во АСВ, 2009. – 374 с.
7. Effect of sample preparation on the chemical composition and morphology of alkali-silica reaction products / K.F. Hanson, T.J. Van Dam, K.R. Peterson, L.L. Sutter // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. – 2003. – V. 1834. – P. 1–7.
8. Diamond S., Thaulow N. A study of expansion due to alkali-silica reaction as conditioned by the grain size of the reactive aggregate // Cement and Concrete Research. – 1974. – V. 4. – № 4. – P. 591–607.
9. The effect of grinding on the physical properties of fly ashes and a portland cement clinker / N. Bouzoubaa, M.H. Zhang, A. Bilo-deau, V.M. Malhotra // Cement and concrete research. – 1997. – V. 27. – № 12. – P. 1861–1874.
10. Верещагин В.И., Мельникова И.Г., Могилевская Н.В. Активация спекания строительной керамики на основе легкоплавкого и тугоплавкого глинистого сырья добавками маршалита // Вестник ТГАСУ. – 2014. – № 6. – С. 109–117.
11. Иванов К.С. Новый изоляционный материал для термостабилизации грунтов // Криосфера Земли. – 2011. – № 4. – С. 120–122.
12. Иванов К.С., Радаев С.С., Селезнева О.И. Диатомиты в технологии гранулированного пеностекла // Стекло и керамика. – 2014. – № 5. – С. 15–19.
13. Способ получения ячеистого строительного материала: пат. Рос. Федерация № 2464251; заявл. 19.10.2010; опубл. 20.10.2012, Бюл. № 29. – 3 с.
14. Khalil Kh.A. Pore structure and surface area of hardened cement pastes containing silica fume // Materials Letters. – 1996. – V. 26. – Iss. 4–5. – P. 259–264.
15. Kirkbride T.W., Helland S. Condensed silica fume in concrete. – London: Federation Internationale de la Precontrainte, 1988. – 32 p.
16. Fryda H., Serivener K., Bier T. Relation between setting properties of LCC and interaction within the binder system // UNITECR. – 1997. – V. 3. – P. 1315–1323.
17. Myhre B., Sprudberg B. The use of microsilica in refractory castables // International Seminar on Refractory Materials. – Tehran, 1997. – 12 p.
18. Electrical properties, physico-chemical and mechanical characteristics of fly ash-limestone-filled pozzolanic cement / M. Heikal, H. El-Didamony, I.M. Helmy, F. Abd El-Raouf // Silicates Industriels Journal. – 2004. – V. 69. – № 11–12. – P. 93–102.
19. Xu G.R., Zou J.L., Li G.B. Ceramsite obtained from water and wastewater sludge and its characteristics affected by $(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{CaO}+\text{MgO})/(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)$ // Water Research. – 2009. – V. 43. – Iss. 11. – P. 2885–2893.
20. Власов В.К. Механизм повышения прочности бетона при введении микронаполнителя // Бетон и железобетон. – 1988. – № 10. – С. 9–11.
21. Кравченко Е.Г. Малоэтажное жилищное строительство в Тюменской области: проблемы и перспективы // Сборник материалов X научной конференции молодых ученых, аспирантов и соискателей. – Тюмень: РИО ТюмГАСУ, 2011. – С. 253–256.

Поступила 22.12.2015 г.

UDC 553.041, 666.189.32

COMPOSITION AND PHYSICAL PROPERTIES OF THE ALEUROPELITIC ROCKS OF ISHIM FORMATION (SOUTHERN PART OF TYUMEN REGION). PROSPECTS FOR THEIR INDUSTRIAL APPLICATION

Pavel V. Smirnov,

Tyumen State Oil and Gas University, 38, Volodarskogo Street, Tyumen, 625000, Russia. E-mail: geolog.08@mail.ru

Alexander O. Konstantinov,

Tyumen State Oil and Gas University, 38, Volodarskogo Street, Tyumen, 625000, Russia. E-mail: konstantinov.alexandr72@gmail.com

Konstantin S. Ivanov,

Institute of the Earth Cryosphere of the Siberian Branch of the RAS, 86, Malygina Street, Tyumen, 625026, Russia. E-mail: sillicium@bk.ru

The relevance of the discussed issue. Sedimentary rocks of the Ishim formation of the Miocene are highly widespread within the south of the Tyumen region and are characterized by near-surface bedding. Ishim formation of the late Miocene constitutes of layers of even-grained sand, covered with superfine aleuropelitic bleached rocks. Despite the high potential for industrial use and a significant spread within the south of the Tyumen region, aleuropelitic rocks of the Ishim formation have not found practical application up to the present day. A detailed study of the material composition of these deposits will help to evaluate the possibility of their use in the industries where superfine quartz is relevant.

The main aim of the study: studies of chemical and mineralogical composition of the aleuropelitic sediments of Ishim formation in order to assess the possibility of their use in the production of building materials (foam glass-ceramics) on the example of samples present in the natural exposure in the valley of the river Begila in Zavodoukovsk district of the Tyumen region.

The methods used in the research: field investigations, macroscopic studies, X-ray fluorescence analysis, X-ray analysis, petrographic analysis, electron microscopy, technological tests.

The results. The authors investigated the material composition of aleuropelitic rocks of Ishim formation and their physical properties. High content of fine SiO_2 in the studied rocks and high specific surface allow us to examine them as a counterpart of microsilica and marshallit, which opens prospect for production of various building materials from these rocks. Combination of thickness of sequence over a wide area, and near-surface occurrence can serve as a prerequisite to their widespread practical use.

Key words:

Ishim formation, aleuropelites, marshallit, microsilica, Tyumen region, foam glass-ceramics.

REFERENCES

1. Astapov A.P. *Kontinentalnyy oligotsen-neogen Tobol-Ishimskogo mezhdurechya*. Avtoref. Dis. Kand. nauk [Continental oligocene-neogene of Tobol-Ishim interfluvium. Author's abstract Cand. Diss.]. Novosibirsk, 1977. 185 p.
2. Astapov A.P., Drozhzhichikh N.B., Generalova R.S. *Paleogeografiya paleogena i neogena yuga Tyumenskoy oblasti v svyazi s otsenkoy perspektiv territorii na nerudnoe syrye: otchet po teme* [Paleogeography of Paleogene and Neogene of Tyumen region in the connection with prospects of non-metallic mineral raw materials]. Tyumen, 1979, pp. 15–17.
3. Gnibidenko Z.N., Volkova V.S., Kuzmina O.B., Dolya Zh.A., Khazina I.V., Levicheva A.V. Stratigrafiya, paleomagnitnaya i palinologicheskaya kharakteristiki kontinentalnykh otlozheniy paleogena i neogena yugo-zapada Zapadnoy Sibiri [Stratigraphic, Paleomagnetic, and Palynological data on the Paleogene-Neogene continental sediments in southwestern West Siberia]. *Geologiya i geofizika*, 2011, vol. 52, no. 4, pp. 596–605.
4. Gurari F.G., Volkova V.S., Babushkin A.E., Golovina A.G., Nikitin V.P., Nekrasov A.I., Kriventsov A.V., Dolya Zh.A., Kolykhailov Yu.M., Gnibidenko Z.N. *Unifitsirovannyye regionalnye stratigraficheskie skhemy neogenovykh i paleogenovykh otlozheniy Zapadno-Sibirskoy ravniny: obyasnitel'naya zapiska*. [Unified regional stratigraphic schemes of Neogene and Paleogene sediments of the West Siberian plain]. Novosibirsk, SNIIGGIMS, 2001. 84 p.
5. Trautvain A.I., Yadykina V.V. Issledovaniya vliyaniya rezhimov izmelcheniya na reaktivnost' mineralnykh poroshkov [Studies on the effect of grinding on the reactivity of the mineral powders]. *Bulletin of Kharkov National Automobile and Highway University*, 2013, iss. 61–62, pp. 248–254.
6. Yadykina V.V. *Upravlenie protsessami formirovaniya i kachestvom stroitelnykh kompozitov s uchetom sostoyaniya poverkhnosti dispersnogo syrya* [Management of the processes of formation and the quality of composites based on state of the surface of particulate materials]. Moscow, ASV Publ., 2009. 374 p.
7. Hanson K.F., Van Dam T.J., Peterson K.R., Sutter L.L. Effect of sample preparation on the chemical composition and morphology of alkali-silica reaction products. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2003, vol. 1834, pp. 1–7.
8. Diamond S., Thaulow N. A study of expansion due to alkali-silica reaction as conditioned by the grain size of the reactive aggregate. *Cement and Concrete Research*, 1974, vol. 4, no. 4, pp. 591–607.
9. Bouzoubaa N., Zhang M.H., Bilodeau A., Malhotra V.M. The effect of grinding on the physical properties of fly ashes and a portland cement clinker. *Cement and concrete research*, 1997, vol. 27, no. 12, pp. 1861–1874.
10. Vereshchagin V.I., Melnikova I.G., Mogilevskaya N.V. Aktivatsiya spekaniya stroitel'noy keramiki na osnove legkoplavkogo i tugoplavkogo glinistogo syrya dobavkami marshallita [Activation of sintering of construction ceramics based on refractory and fusible clay raw material with additives of marshallite]. *Vestnik of TSUAB*, 2014, no. 6, pp. 109–117.
11. Ivanov K.S. Novyy izolyatsionnyy material dlya termostabilizatsii gruntov [Novel insulation material for thermal stabilization of soils]. *Earth's Cryosphere*, 2011, no. 4, pp. 120–122.

12. Ivanov K.S., Radaev S.S., Selezneva O.I. Diatomity v tekhnologii granulirovannogo penostekla [Diatomites in granular foam-glass technology]. *Steklo i keramika*, 2014, vol. 1, no. 5, pp. 15–19.
13. Melnikov V.P., Ivanov K.S. *Sposob polucheniya yacheistogo stroitel'nogo materiala* [A method of producing foamed construction material]. Patent RF, no. 2464251, 2010.
14. Khalil Kh. A. Pore structure and surface area of hardened cement pastes containing silica fume. *Materials Letters*, 1996, vol. 26, iss. 4–5, pp. 259–264.
15. Kirkbrid T.W., Helland S. *Condensed silica fume in concrete*. London, Federation Internationale de la Precontrainte, 1988. 32 p.
16. Fryda H., Serivener K., Bier T. Relation between setting properties of LCC and interaction within the binder system. *UNITECR*, 1997, vol. 3, pp. 1315–1323.
17. Myhre B., Srudlberg B. The use of microsilica in refractory castables. *International Seminar on Refractory Materials*, Tehran, 1997. 12 p.
18. Heikal M., El-Didamony H., Helmy I.M., Abd El-Raouf F. Electrical properties, physico-chemical and mechanical characteristics of fly ash-limestone-filled pozzolanic cement. *Silicates Industriels Journal*, 2004, vol. 69, no. 11–12, pp. 93–102.
19. Xu. G.R., Zou J.L., Li G.B. Ceramsite obtained from water and wastewater sludge and its characteristics affected by $(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{CaO}+\text{MgO})/(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)$. *Water Research*, 2009, vol. 43, iss. 11, pp. 2885–2893.
20. Vlasov V.K. Mekhanizm povysheniya prochnosti betona pri vvedenii mikronapolnitelya [The mechanism of increase of concrete strength at introduction of micro-fillers]. *Concrete and reinforced concrete*, 1988, no. 10, pp. 9–11.
21. Kravchenko E.G. Maloetazhnoe zhilishchnoe stroitelstvo v Tyumenskoy oblasti: problemy i perspektivy [Low-rise housing construction in the Tyumen region: problems and prospects]. *Sbornik materialov X nauchnoy konferentsii molodykh uchenykh, aspirantov i soiskateley* [Proc. X Scien. Conf. of young scientists, graduate students and applicants]. Tyumen, 2011. pp. 253–256.

Received: 22 December 2015.