

DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-4-16-25

Ушницкая Н.Н., Местников А.Е.Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова***E-mail: ushnitskaya.97@mail.ru*

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ МЕТОДАМИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Аннотация. В статье приведены результаты исследования свойств глинистого сырья с использованием современных методов физико-химического анализа: РФА, РСА, РЭМ и термический анализ. Рассмотрены два вида глинистого сырья по цвету керамического черепка: светложгущиеся и красножгущиеся глины. Исследуемое глинистое сырье содержит незначительное количество глинистых и высокое содержание пылеватых частиц, относится к умереннопластичным и среднепластичным глинам и суглинкам. Рентгеноспектральный анализ позволил определить химический количественный состав основных оксидов глинистого сырья. При термическом анализе природного глинистого сырья, имеющего полиминеральный состав, наблюдаются экзо- и эндотермические эффекты, характерные для исследуемых минералов – монтмориллонита и каолинита. По минеральному составу глинистое сырье Центральной Якутии является полиминеральной, основным глинистым минералом являются монтмориллонит и каолинит, в качестве примесей установлены кварц, кальцит, хлорит, минералы из группы слюд и полевых шпатов, смешаннослойные минералы. Низкое качество глинистого сырья предполагает, в дальнейшем, проведение дополнительных исследований для улучшения технологических и физико-механических керамических изделий из местного глинистого сырья. В проектировании составов исходных смесей (шихт) могут быть использованы местное природное и техногенное минеральное сырье.

Ключевые слова: глинистое сырье, физико-химический анализ, физико-механические, химические и технологические свойства.

Введение. На территории Республики Саха (Якутия) еще в советское время геологоразведочными изысканиями были установлены 6 группировок месторождений глинистого сырья по запасам: 1) глины, суглинки легкоплавкие для кирпича; 2) глины, суглинки легкоплавкие для керамзита; 3) глины тугоплавкие для строительных изделий; 4) глины и суглинки для дренажных труб; 5) беложгущиеся глины для строительных целей; 6) глины, аргиллиты для строительных целей [1]. Из них на сегодня эксплуатируется только одно месторождение глин для производства цемента, производства кирпича и керамзита были закрыты с наступлением рыночных отношений.

Как показывает практика, Покровское и Мархинское месторождения, эксплуатируемые двумя кирпичными заводами вблизи г. Якутска, были истощены еще до их закрытия в 1986–1988 гг. Разведанные и подготовленные к эксплуатации Аллахское и Аласское месторождения для их замещения так и остались не использованными. Другие средние и мелкие месторождения, находящиеся в сельской местности, ранее использовались только для сезонного производства кирпича низкой марки, в основном, для кладки отопительных печей.

В связи с истощением крупных месторождений и наличием множества средних и мелких месторождений [2] для обеспечения потребности

локального строительства вдали от промышленных центров возникает необходимость в создании малых производств с производительностью до 3–5 млн. штук условного кирпича в год. Для малых производств экономически целесообразным вариантом может быть использование технологии полусухого прессования [3]. Таким образом, на сегодня актуальным является возобновление производств керамического кирпича на основе местного глинистого сырья, природного газа [4] и отечественного технологического оборудования [5].

Цель работы: изучение физико-механических, химических и технологических свойств глинистого сырья Центральной Якутии.

Материалы и методы. Отбор проб глинистого сырья производился на территориях Ленского бассейна, относящихся к Центральной Якутии. Образцы представительных легкоплавких красножгущихся глин отобраны из двух месторождений: Санниковское и Усть-Алданское. Образцы легкоплавких светложгущихся глин отобраны из неучтенных сводным балансом месторождений: Намцырское и Амгинское. В качестве контрольного образца взята импортная глина, которая используется для гончарного производства.

Основные свойства глинистого сырья определялись стандартными и современными методами в соответствии с требованиями

ГОСТ 21216-2014 «Сырье глинистое. Методы испытаний». Физико-химический анализ и определение физико-механических свойств глинистого сырья проведены на оборудовании Центра коллективного пользования Арктического инновационного центра СВФУ: прибор синхронного термического анализа фирмы NETZSCH – STA 449C Jupiter (Германия), дифрактометр D2 PHASER фирмы Bruker (Германия) и растровый электронный микроскоп «JEOL JSM-7800F» (Япония), машина испытательная Autograph – AG-IS модель MS (Япония), пресс гидравлический GT-7014-N10C.

Изготовление образцов пластического формования заключается в следующем. Сырье высушивалось в сушильном шкафу при температуре (105 ± 5) °С в течении 4 часов до постоянной массы, затем добавляется требуемое количество воды отдельно для сырья из каждого месторождения. Из полученной массы формируются не менее шести образцов-балочек размерами $135 \times 30 \times 15$ мм и не менее десяти образцов-цилиндров 50×70 мм с помощью специальной формы и уплотнением с пригрузом в 32 кг. Образцы-балочки и образцы-цилиндра сушат на воздухе, а затем в сушильном шкафу при температуре (105 ± 5) °С до постоянной массы. Сухие образцы-балочки и образцы-цилиндры охлаждаются и хранятся в эксикаторе до проведения испытания. Половина образцов обжигается в лабораторной муфельной печи при температуре 950 °С в течении 6 часов по заданной программе.

Перед началом проведения испытаний образцы измеряются с точностью до 1 мм. Каждый линейный размер образца вычисляется путем

нахождения среднего арифметического результатов измерений двух средних линий противоположных поверхностей образца.

Предел прочности при изгибе определяются на приборе Autograph AGS-JSTD. W/O L CELL. Образец устанавливается на двух опорах пресса. Нагрузка прикладывается в середине пролета и равномерно распределяется по ширине образца. Нагрузка на образец должна возрастать непрерывно со скоростью, обеспечивающей его разрушение через 20–60 с после начала испытаний.

Предел прочности при сжатии определяется на приборе GT-7014-N10C. Диаметр цилиндра вычисляется как среднее арифметическое значение результатов четырех измерений: в каждом торце по двум взаимно перпендикулярным направлениям. На боковые поверхности образца наносятся вертикальные осевые линии. Образец устанавливается в центре плиты пресса, совмещая геометрические оси образца и плиты, и прижимается верхней плитой пресса. Нагрузка на образец должна возрастать непрерывно и равномерно со скоростью, обеспечивающей его разрушение через 20–60 с после начала испытания.

Основная часть. Определение гранулометрического состава по методу Рутковского (таблица 1) показало, что у импортного образца содержание частиц равномерно распределённое и классифицируется по содержанию тонкодисперсных фракций как низкодисперсный. Следует отметить, что пробы из Амгинского и Намцырского месторождений, которые согласно классификации ГОСТ 9169-2021 по содержанию глинистых частиц не уступают импортному и входят в группу низкодисперсных. Образцы Усть-Алданского и Санниковского месторождений относятся к группе грубодисперсных.

Таблица 1

Технологические свойства глинистого сырья

№ обр.	Месторождение	Гранулометрический состав, % по объёму			Число пластичности	Воздушная усадка, %	Огневая усадка, %
		50–100 мкм	5–50 мкм	<5 мкм			
1	Импортное	36,12	31,46	34,42	17	2,34	6,16
2	Амгинское	35,20	41,68	23,12	10	3,71	10,92
3	Намцырское	4,36	68,52	27,12	15	5,62	5,18
4	Усть-Алданское	39,30	47,30	13,40	8	5,86	5,67
5	Санниковское	42,50	55,24	2,26	10	6,05	6,39

По числу пластичности Импортное и Намцырское глинистое сырье относятся к среднепластичному, остальные - к умереннопластичным. По спекаемости все образцы относятся к неспекающемуся легкоплавкому глинистому сырью. Керамические черепки образцов 1, 2 и 3 после обжига обретают светлые оттенки от светлого до светло-кремового цвета (ввиду малого

количества железистых примесей, табл. 2) и в настоящее время, в основном, используются для гончарного производства. Поэтому их условно можно отнести к глинам. Образцы глинистого сырья 4 и 5 относятся к красножгущимся суглинкам низкого качества и требуют тщательной отработки технологии производства керамического кирпича на их основе [6, 7].

Химический анализ глинистого сырья разных месторождений проводили методом рентгеноспектрального анализа (РСА) на рентгеновском спектрометре SRS-3400 Института горного

дела СО РАН [8, 9]. Основным преимуществом данного метода является отсутствие сложной химической подготовки исследуемых материалов [10, 11].

Таблица 2

Химический состав глинистого сырья, мас. %

Оксиды	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂
Импортное	0,31–0,34	0,48–0,50	34,38–34,39	60,28–60,98	0,06–0,07	0,68–0,82	0,65–0,71	0,93–0,98	1,48–1,50
Амгинское	0,25–0,28	2,28–2,30	16,40–16,43	53,58–53,66	0,21–0,22	5,34–5,48	1,28–1,35	3,28–3,32	1,20–1,22
Намцырское	0,93–0,96	0,56–0,57	22,37–22,38	63,50–63,59	0,03–0,04	2,19–2,51	0,52–0,56	1,68–1,73	0,80–0,82
Санниковское	2,09–2,12	2,13–2,15	14,34–14,71	63,26–63,31	0,12–0,13	2,58–2,66	3,08–3,15	4,27–4,39	0,76–0,78
Усть-Алданское	1,96–1,99	2,73–2,76	15,60–15,97	58,09–58,19	0,11–0,12	2,21–2,48	3,05–3,12	4,18–4,26	0,83–0,85

Для изучения минерального состава глинистого сырья широко используется рентгенофазовый анализ (РФА) [12–16]. В данном исследовании РФА проводился в Институте геологии алмаза и благородных металлов СО РАН с использованием дифрактометра D2 PHASER от фирмы Bruker (Германия) с CuKα-излучением, напряжением 30 кВ, током 10 мА и диапазоном 4,5–65° (2θ°). Для идентификации минералов использовалась база данных PDF-2/Release 2011 RDB. Исследовались измельченные образцы в порошкообразном состоянии [17]. На рисунке 1 представлена дифрактограмма глинистого сырья из определенного месторождения, включая список обнаруженных минералов. Однако следует отметить,

что формулы минералов стандартов нельзя идентифицировать с формулами действительно присутствующих минералов, так как возможные изоморфные замещения в формуле минерала могут не существенно изменить метрику элементарной ячейки и, следовательно, рентгенограмму. Как показывают результаты РФА, в образцах Намцырского глинистого сырья обнаружены кварц, минералы из группы полевых шпатов, минерал из группы монтмориллонита (смещение пика после насыщения этиленгликолем), минерал из группы слюд, как вероятный – минерал из группы каолинита.

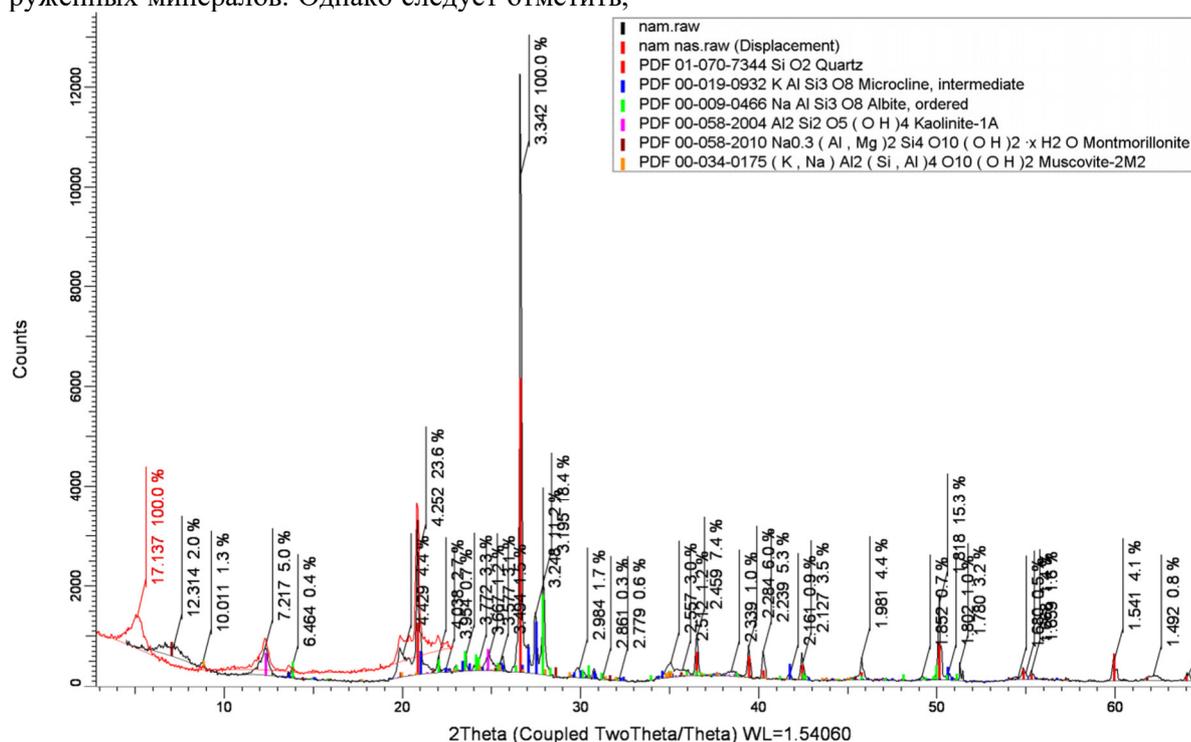


Рис. 1. Дифрактограмма глинистого сырья Намцырского месторождения – представителя светложгущихся глин

Термический анализ выполнен на приборе синхронного термического анализа фирмы NETZSCH – STA 449C Jupiter (Германия). Этот метод позволяет определить температуры, при которых происходят различные фазовые переходы,

и идентифицировать минералы в глинистых породах [18, 19]. Образцы глин в виде порошка (разной навески) нагревались в PtRh тиглях от комнатной температуры до 1000 °С со скоростью нагрева 10 °С/мин в инертной среде – аргон.

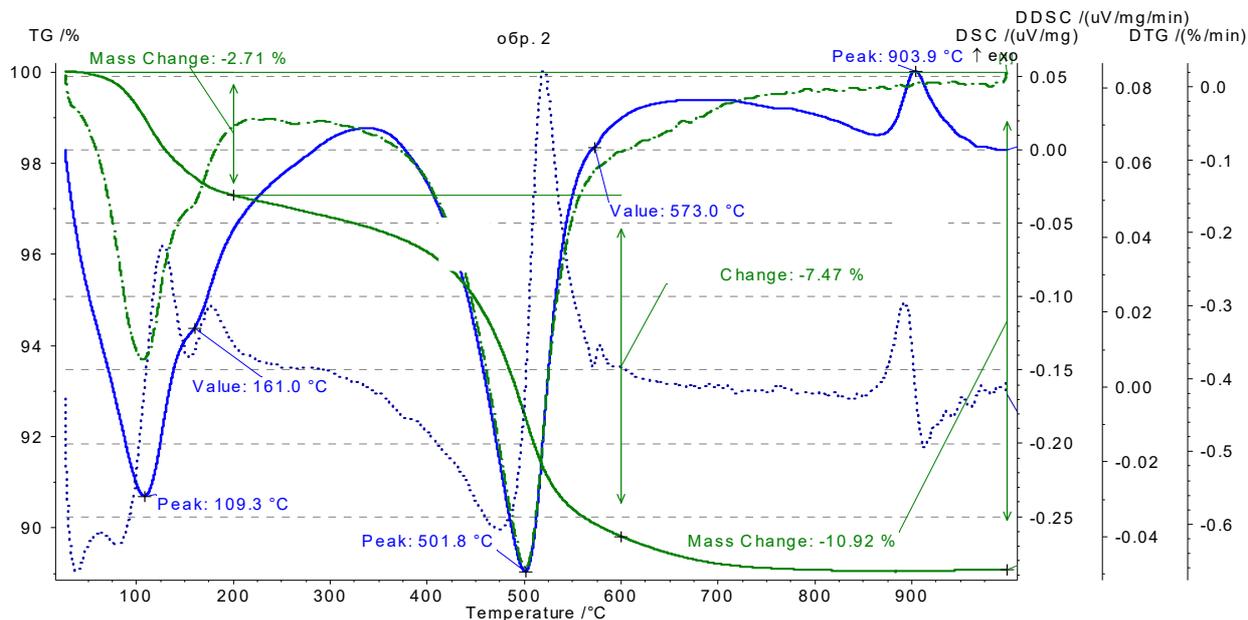


Рис. 2. Результаты термического анализа глинистого сырья Намцырского месторождения – представителя светложущихся глин

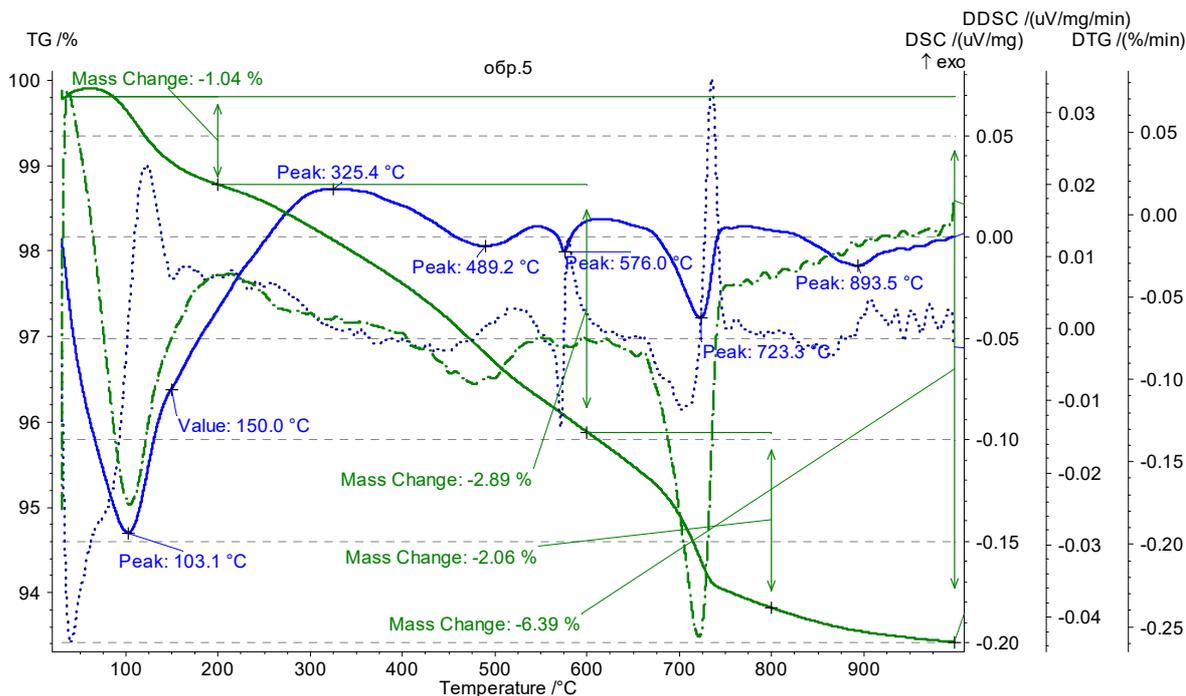


Рис. 3. Результаты термического анализа глинистого сырья Санниковского месторождения – представителя красножущихся суглинков

Рисунки 2 и 3 демонстрируют результаты термического анализа в виде графиков: ТГ (интегральная кривая термогравиметрии) отображает изменение массы образца (%) в зависимости от температуры (°С); ДТГ (первая производная от кривой термогравиметрии) отображает скорость

изменения массы образца во времени (%/мин); ДСК (тепловые эффекты дифференциальной сканирующей калориметрии) показывает экзотермические и эндотермические эффекты (мВт/мг) в зависимости от температуры (°С).

Из графика ТГ (рис. 2 и 3) видно, что образцы теряют массу поэтапно. Первый эндотермический пик соответствует выделению сорбированной воды, второй пик связан с выделением воды, связанной с гидроксильными группами (аморфизация), третий эндотермический пик обусловлен дис-

социацией карбоната, а экзотермический пик характеризует кристаллизацию муллита в каолинитах. Кварц обнаружен во всех образцах при температуре от 573 до 576,4 °С.

Результаты количественных показателей термического анализа глинистого сырья по значениям ТГ-кривых приведены в табл. 3.

Таблица 3

Потеря массы образцов при фазовых переходах, %

№ обр.	Масса, мг	24–200 °С	200–600 °С	600–750 °С	750–1000 °С	Общая потеря массы при 1000 °С
1*	39,65	0,35	4,43	1,50	0,13	6,16
2	32,09	2,71	7,47	–	–	10,92
3	34,62	0,75	3,83	–	–	5,18
4	32,51	0,84	2,59	1,97	–	5,67
5	36,11	1,04	2,89	2,06	–	6,39

* – номера образцов приведены в соответствии с табл. 1

В интервале температур 24–200 °С потеря массы у всех образцов сильно не отличается, что вызвано удалением адсорбционной воды и сгоранием органических примесей. Максимальная потеря массы образцов происходит в интервале

температур 200–600 °С в пределах 2,59–7,47 % по массе определяется разрушением структуры каолинита, как и предполагают в работе [18].

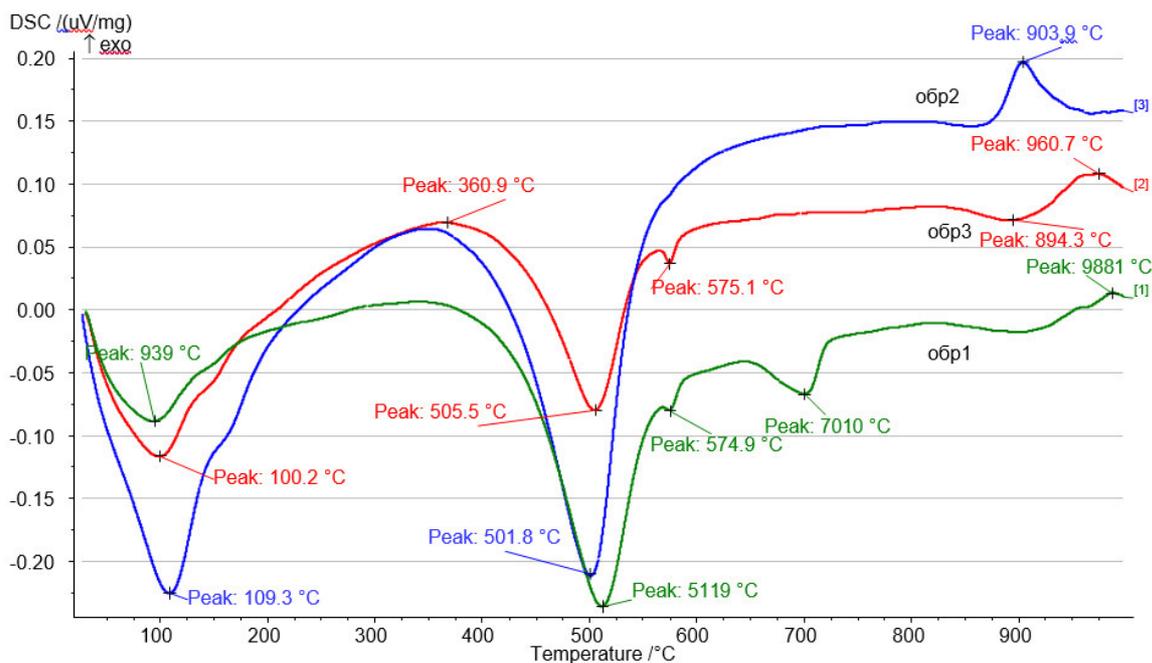


Рис. 4. Термическая диаграмма (ДСК-кривая) светложущихся глин: 1 (зеленая линия) – импортное, 2 (синяя) – Амгинское, 3 (красная) – Намцырское

Ярко выраженный эндотермический эффект каолинита наблюдается в светложущихся глинах (рис. 4) в интервалах температур 500–600 °С с острой вершиной в 511,9, 501,8 и 505,5 °С соответственно у образцов 1, 2 и 3. В данном случае, как отмечается в работе [19], процесс для муллита происходит быстро, интенсивно, так как на амплитуда эндотермического эффекта значи-

тельная, и пик имеет острую форму. Экзотермический эффект проявляется в диапазоне температур от 900 до 1000 °С с достаточно острыми пиками в 988,1, 960,7 и 903,9 °С соответственно у образцов 1, 2 и 3. Таким образом, следует отметить в светложущихся глинах присутствующий каолинит имеет очень хорошую степень кристаллизации.

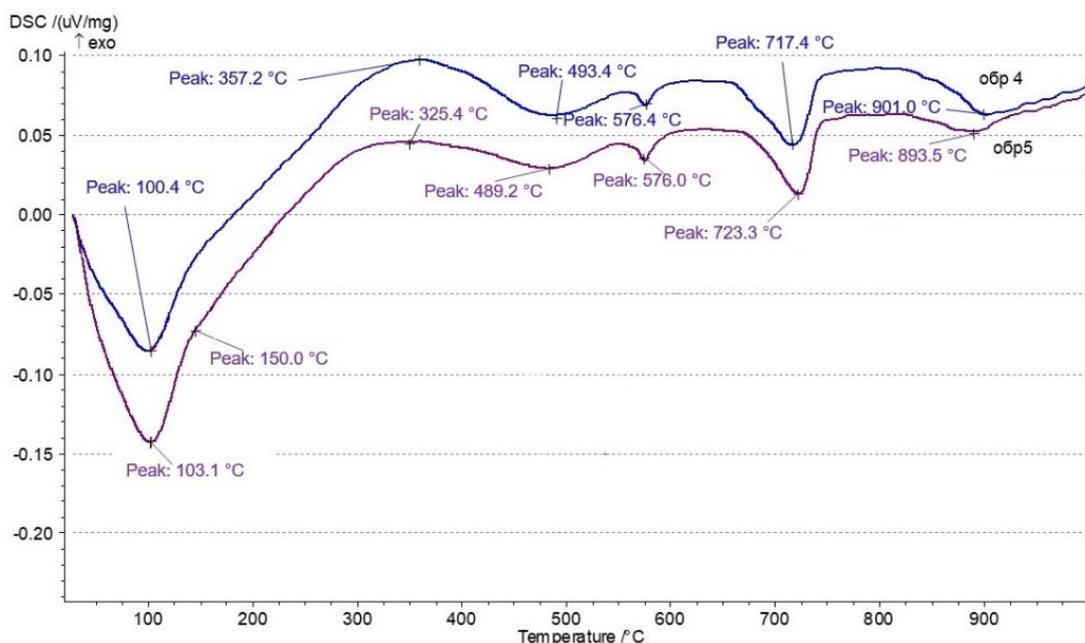


Рис. 5. Термическая диаграмма (ДСК-кривая) красножгущихся суглинков: 4 (голубая) – Усть-Алданское, 5 (фиолетовый) – Санниковское

Как показывают ДСК-кривые в табл. 5, слабый эндотермический эффект каолинита наблюдается у образцов красножгущихся суглинков при температурах меньше 500 °С с пиками в 493,4 и 489,2 °С для образцов 4 и 5 соответственно. Экзотермический эффект в интервале температур 900–1000 °С практически не заметен. Поэтому следует отметить, что в образцах красножгущихся суглинков в незначительных количествах имеется каолинит со низкой степенью кристаллизации.

Как отмечено в статье [20], в Ал-монтмориллонитах температура второго эндозффекта колеблется в пределах 600–700 °С и 700–800 °С. Поэтому в ДСК-кривых рис. 4-5 наличие эндозффектов с пиком в 701,0, 717,4 и 723,3 у образцов 1, 4 и 5 соответственно предполагает присутствие в них монтмориллонита (табл. 4).

По результатам рентгенофазового и термического анализа образцов глинистого сырья составлена таблица наличия основных минералов, влияющих на свойства керамических изделий из них (табл. 2).

Таблица 4

Минералогический состав глинистого сырья

Название минерала	Месторождения				
	1 Импортное	2 Амгинское	3 Намцырское	4 Усть-Алданское	5 Санниковское
Монтмориллонит	+			+	+
Каолинит	+	+	+	+	+
Кварц	+	+	+	+	+
Полевой шпат			+		
Слюда	+	+	+	+	+
Кальцит	+				
Карбонат				+	+
Альбит			+		

Сопоставление изображений, полученных в разных сигналах РЭМ, позволяет делать вывод о морфологии и составе поверхности глинистых образцов. По результатам РЭМ установлены элементы и их процентные соотношения. Кристаллы монтмориллонита хорошо наблюдаются по форме и структурным особенностям. Они обнаружены в красножгущихся глинах (Санниковская и Усть-Алданская). Кристаллы каолинита обнаружены во всех образцах глинистого сырья,

на изображениях хорошо проглядываются контуры плоских ограненных частиц и их микроагрегатов.

Прочностные характеристики образцов сырья и обожжённых материалов определялись по стандартной методике (табл. 6). Повышенной прочностью при сжатии в 6,03 и 3,91 МПа обладают обожжённые глины (импортная и Намцырская), применяемые в гончарном деле, хотя имеют низкие показатели прочности при изгибе

по сравнению с другими керамическими образцами. Следует отметить, что по показателям технологических (табл. 1) и прочностных характеристик (рис. 6) исследуемые суглинки разведанных месторождений (Амгинское, Усть-Алданское и

Санниковское) относятся к низкокачественному глинистому сырью для производства керамического кирпича и требуют дальнейшей отработки технологии.

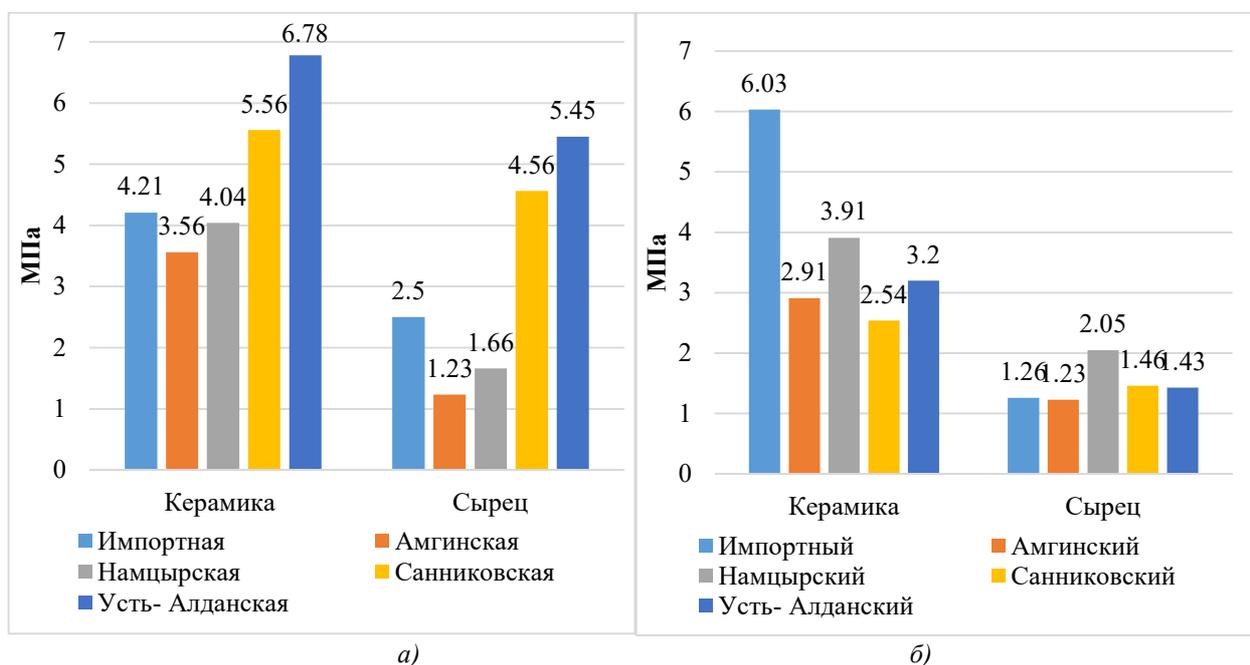


Рис. 6. Прочностные характеристики образцов:

а – предел прочности при сжатии, МПа; б – предел прочности при изгибе, МПа

Испытуемые образцы подвергались резким перепадам температур согласно ГОСТ 473.5-81 «Изделия химически стойкие термостойкие керамические». Установлено, что керамические образцы из природного глинистого сырья (Намцырский – 14, Амгинский – 8, Санниковский и Усть-Алданский – 10 циклов) обладают меньшей термостойкостью, чем из импортной гончарной глины (18 циклов).

Выводы.

1. Показана эффективность использования современных методов физико-химического анализа (РФА, РСА, РЭМ и термический анализ) в исследовании физико-механических, химических и технологических свойств глинистого сырья для производства керамических изделий.

2. Химический состав исследуемого глинистого сырья определялся методом рентгеноспектрального анализа, не требующей предварительной химической подготовки исходных образцов. Глинистое сырье содержит оксиды кремния (53,58–63,59 % мас.), алюминия (14,34–34,39 % мас.), железа (0,93–4,39 % мас.), кальция (0,52–3,15 % мас.), магния (0,48–2,76 % мас.), натрия (0,25–2,12 % мас.), калия (0,68–5,48 % мас.), титана (0,76–1,50 % мас.), а также следы различных примесей.

3. Комплексный термический и рентгенофазовый анализ позволяет определить минеральный состав исследуемого глинистого сырья. В

процессе термического анализа природного глинистого сырья, которое состоит из разнообразных минералов, наблюдаются экзотермические и эндотермические эффекты, соответствующие монтмориллону и каолиниту. Результаты исследования указывают на то, что исследуемое легкоплавкое глинистое сырье в основном состоит из каолинита и монтмориллонита, присутствуют примеси кварца, слюды, кальцита, хлорита и многослойных минералов.

4. Красножгущиеся суглинки относятся к глинистому сырью низкого качества для производства керамического кирпича. Обожжённые образцы пластического формования имеют невысокие показатели по прочности при сжатии в пределах 6,78–5,56 МПа. Поэтому глинистое сырье подлежит дальнейшему исследованию для улучшения технологии переработки сырьевых компонентов. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании исходных составов смесей (шихт) с различными добавками из природного и техногенного сырья.

5. Светложгущиеся глины могут быть использованы с последующей доработкой технологии в изготовлении керамических изделий декоративно-художественного, бытового и строительного назначения, а также в качестве минеральной добавки в производстве лицевого кирпича.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пояснительная записка к обзорной карте месторождений строительных материалов Якутской АССР масштаба 1:2500000. Т. 1 и 2. М: Объединение «Союзгеолфонд», 1988. 421 с.
2. Ушницкая Н.Н., Местников А.Е. Физико-химический анализ глинистого сырья для керамики // Успехи современного естествознания. 2022. № 10. С. 124–129.
3. Тацки Л.Н., Ильина Л.В., Филин Н.С. Технологические принципы повышения качества керамического кирпича полусухого прессования из низкокачественного сырья // Известия вузов. Строительство. 2019. № 7. С. 35–48.
4. Соромотин А.М. Нефтегазовые ресурсы Республики Саха (Якутия): состояние, перспективы использования // Вестник СВФУ. 2014. Том 11. № 2. С. 129–136.
5. Женжурист И.А. Проблемы предприятий строительной керамики малой мощности // Строительные материалы. 2000. № 7. С. 2–3.
6. Столбоушкин А.Ю. Перспективное направление развития строительных керамических материалов из низкокачественного сырья // Строительные материалы. 2018. № 4. С. 24–28.
7. Столбоушкин А.Ю., Фомина О.А., Дашжамц Д. Перспективы использования некондиционного сырья в производстве керамических изделий // Эксперт: теория и практика. 2023. № 4 (23). С. 115–119.
8. Sutakova E., Mestnikov A. Basics of recreation of ancient ceramics production technology // EDP Science. 2018. Pp. 95–100.
9. Карпова В.Г., Сутакова Э.М. Изучение технологических параметров керамической глазури на основе глин Санниковского и Верхневиллойского месторождений Республики Саха (Якутия) // Естественно-научные исследования: итоги и перспективы развития. Ч. 3. 25-летие химического отделения: итоги и перспективы развития: сборник научных трудов научно-практической конференции. Якутск: издательство СВФУ, 2018. С. 212–216.
10. Батршина Г.С., Давлетшина А.Д. Исследование структуры глинистого сырья для керамических изделий // Строительные материалы и изделия. 2020. Том 3. № 4. С. 13–23
11. Evtushenko E.I., Moreva I.Yu., Sysa O.K., Bedina V.I., Trunov E.M. Control of the structural and phase characteristics of raw materials in the technology of fine ceramics // Refractories and Industrial Ceramics. 2011. Vol 51. № 6. Pp. 397–398.
12. Рентгеноспектральные и морфологические исследования продуктов дробления // Наука и образование. 2016. № 3. С. 68–75.
13. Ильина Л.В., Тацки Д.Н. Наномодифицирование низкокачественного глинистого сырья – способ повышения прочности керамического черепка // Вестник ЮурГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2022. Т. 22. № 2. С. 28–36.
14. Chetverikova A.G., Kanygina O.N., Filyak M.M., Savinkova E.S. Physical optics methods of recording weak structural responses of dispersed clay systems to the effect of microwave radiation // Measurement Techniques. 2018. Т. 60. № 11. Pp. 1109–1115.
15. Morozov V., Eskin A., Salakhov A., Korolev E. Modern methods studying the phase composition of clay raw material at kiln process // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 21, Construction - The Formation of Living Environment. 2018. 032048.
16. Oranska O.I., Gornikov Yu.I. X-Ray Diffraction and Thermal Studies on Some Food and Cosmetic Bentonite Clays. Khimiya, fizika ta tekhnologiya poverkhni = Chemistry, Physics and Technology of Surface. 2019. Vol. 10. №1. Pp. 13–21.
17. Будыкина Т.А., Гандурина Л.В. Исследование свойств глинистых пород методом термического анализа // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2023. №65(1). С. 77–88.
18. Нгуен Нгок Нам, Лай Тхи Биск Тхуи, Фам Динь Ан. Оценка эффективности методов рентгеноструктурного анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии при анализе глинистых минералов // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле РАЕН. Гидрогеология и инженерная геология месторождений полезных ископаемых. 2019. Т. 42. № 2. С. 221–228.
19. Маслова М.Д., Белопухов С.Л., Тимохина У.С., Шнее Т.В., Нефедьева Е.Э., Шайхиев И.Г. Термохимические характеристики глинистых минералов и слюд // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 21. С. 121–127.

Информация об авторах

Ушницкая Нюргюана Нюргуновна, аспирант. E-mail: ushnitskaya.97@mail.ru. Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова. Россия, 677000, Якутск, ул. Белинского, 58.

Местников Алексей Егорович, доктор технических наук, профессор кафедры прикладной механики и строительного материаловедения. E-mail: mestnikovae@mail.ru. Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова. Россия, 677000, Якутск, ул. Белинского, 58.

Поступила 18.02.2024 г.

© Ушницкая Н.Н., Местников А.Е., 2024

Ushnitskaya N.N., Mestnikova A.E.North-Eastern Federal University named M.K. Ammosov***E-mail: ushnitskaya.97@mail.ru*

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF CLAY RAW MATERIALS BY METHODS OF PHYSICO-CHEMICAL ANALYSIS

Abstract. *The article presents the results of the study of the properties of clay raw materials using modern methods of physico-chemical analysis: X-ray fluorescence analysis (XRF), X-ray diffraction analysis (XRD), scanning electron microscopy (SEM) and thermal analysis. Two types of clay raw materials based on the color of the ceramic shard were considered: light-burning and red-burning clays. The studied clay raw materials contain a small amount of clay minerals and a high content of dusty particles, belong to moderately plastic and medium plastic clays and loams. X-ray spectral analysis allowed to determine the chemical quantitative composition of the main oxides of clay raw materials. Thermal analysis of natural clay raw materials, which have a polymineral composition, reveals exothermic and endothermic effects characteristic of the studied minerals – montmorillonite and kaolinite. According to the mineral composition, the clay raw materials of Central Yakutia are polymineral, with the main clay minerals being montmorillonite and kaolinite, and quartz, calcite, chlorite, minerals from the mica and feldspar groups, and mixed-layer minerals found as impurities. The low quality of the clay raw material suggests that further research should be conducted to improve the technological and physical-mechanical properties of ceramic products made from local clay raw material. In the design of raw material mixtures, local natural and man-made mineral raw materials can be used.*

Keywords: *clay raw material, physicochemical analysis, physico-mechanical, chemical and technological properties.*

REFERENCES

1. Explanatory note for the overview map of, Construction materials deposits in the Yakut ASSR [stroitel'nyh materialov Yakutskoj ASSR]. at a scale of 1:2500000. Vol. 1 and 2. Moscow: Union "Soyuz-geolfond", 1988. 421 p. (rus).

2. Ushnitskaya N.N., Mestnikov A.E. Physico-chemical analysis of clay raw materials for expanded clay aggregate [Fiziko-himicheskij analiz glinistogo syr'ya dlya keramzita]. Advances in Modern Natural Sciences. 2022. No. 10. Pp. 124–129. (rus)

3. Tatski L.N., Ilina L.V., Filin N.S. Technological principles for improving the quality of ceramic bricks using semi-dry pressing from low-quality raw materials [Tekhnologicheskie principy povysheniya kachestva keramicheskogo kirpicha polusuhogo pressovaniya iz nizkokachestvennogo syr'ya]. University News. Construction. 2019. No. 7. Pp. 35–48. (rus)

4. Soromotin A.M. Oil and gas resources of the Republic of Sakha (Yakutia): current state, prospects of use [Neftegazovye resursy Respubliki Saha (Yakutiya): sostoyanie, perspektivy ispol'zovaniya]. NEFU. 2014. Vol. 11. No. 2. Pp. 129–136. (rus)

5. Zhenzhurist I.A. Issues of small-scale building ceramics enterprises [Problemy predpriyatij stroitel'noj keramiki maloj moshchnosti]. Building Materials. 2000. No. 7. Pp. 2–3. (rus)

6. Stolboushkin A.Yu. Promising direction of development for building ceramic materials from

low-quality raw materials [Perspektivnoe napravlenie razvitiya stroitel'nyh keramicheskikh materialov iz nizkokachestvennogo syr'ya]. Building Materials. 2018. No. 4. Pp. 24–28. (rus)

7. Stolboushkin A.Yu., Fomina O.A., Dashjamts D. Perspectives for the use of off-grade raw materials in the production of ceramic products [Perspektivy ispol'zovaniya nekonditsionnogo syr'ya v proizvodstve keramicheskikh izdelij]. Expert: Theory and Practice. 2023. Vol. 4 (23). Pp. 115–119. (rus)

8. Sutakova E., Mestnikov A. Basics of recreation of ancient ceramics production technology EDP Science. 2018. Pp. 95–100.

9. Karpova V.G., Sutakova E.M. Study of technological parameters of ceramic glazes based on clays from the Sannikovsky and Verkhnevilyuysky birthplaces of the Republic of Sakha (Yakutia) [Izuchenie tekhnologicheskikh parametrov keramicheskoy glazuri na osnove glin Sannikovskogo i Verkhnevilyujskogo mestorozhdenij Respubliki Saha (Yakutiya)]. Natural scientific research: results and development prospects. Part 3. 25th anniversary of the chemical department: results and development prospects: collection of scientific papers of the scientific-practical conference. Yakutsk: NEFU Publishing House, 2018. Pp. 212–216. (rus)

10. Batrshina G.S., Davletshina A.D. Study of the structure of clay raw materials for ceramic products [Issledovanie struktury glinistogo syr'ya dlya

keramicheskikh izdelij]. Construction materials and products. 2020. Vol. 3. No. 4. Pp. 13–23. (rus)

11. Evtushenko E.I., Moreva I.Yu., Sysa O.K., Bedina V.I., Trunov E.M. Control of the structural and phase characteristics of raw materials in the technology of fine ceramics. Refractories and Industrial Ceramics. 2011. Vol. 51. No. 6. Pp. 397–398.

12. X-ray spectral and morphological studies of crushing products [Rentgenospektral'nye i morfologicheskie issledovaniya produktov drobleniya]. Science and Education. 2016. No. 3. Pp. 68–75. (rus)

13. Ilyina L.V., Tatski D.N. Nanomodification of low-quality clay raw materials - a way to increase the strength of ceramic shards [Nanomodificirovanie nizkokachestvennogo glinistogo syr'ya - sposob povysheniya prochnosti keramicheskogo cherepka]. Bulletin of South Ural State University. Series Construction and Architecture. 2022. Vol. 22. No. 2. Pp. 28–36. (rus)

14. Chetverikova A.G., Kanygina O.N., Filyak M.M., Savinkova E.S. Physical optics methods of recording weak structural responses of dispersed clay systems to the effect of microwave radiation. Measurement Techniques. 2018. Vol. 60. No. 11. Pp. 1109–1115.

15. Morozov V., Eskin A., Salakhov A., Korolev E. Modern methods studying the phase composition of clay raw material at kiln process. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 21, Construction - The Formation of Living Environment. 2018. 032048.

16. Oranska O.I., Gornikov Yu.I. X-Ray Diffraction and Thermal Studies on Some Food and

Cosmetic Bentonite Clays. Khimiya, fizika ta tekhnologiya poverkhni = Chemistry. Physics and Technology of Surface. 2019. Vol. 10. No. 1. Pp. 13–21.

17. Roco M.C. National nanotechnology initiative: Past, present and future. Hand book on nanoscience, engineering and technology. Ed. Goddard, W.A. et al. CRC, Taylor and Francis, Boca Raton and London, 2007. Pp. 3.1–3.26.

18. Budykina T.A., Gandurina L.V. Study of the properties of clayey rocks by thermal analysis [Issledovanie svoystv glinistyh porod metodom termicheskogo analiza]. News of higher educational institutions. Geology and exploration. 2023. No. 65(1). Pp. 77–88. (rus)

19. Nam N.N., Thuy L.T.B, An P.D. Assessing the effectiveness of X-ray diffraction analysis and differential scanning calorimetry methods in the analysis of clay minerals [Ocenka effektivnosti metodov rentgenostrukturnogo analiza i differentsial'noj skaniruyushchej kalorimetrii pri analize glinistyh mineralov]. News of the Siberian Branch of the Section of Earth Sciences of the Russian Academy of Natural Sciences. Hydrogeology and engineering geology of mineral deposits. 2019. Vol. 42. No. 2. Pp. 221–228. (rus)

20. Maslova M.D., Belopukhov S.L., Timokhina U.S., Shnee T.V., Nefedeva E.E., Shaikhiev I.G. Thermochemical characteristics of clay minerals and mica [Termohimicheskie harakteristiki glinistyh mineralov i slyud]. Bulletin of the Kazan Technological University. 2014. Vol. 17. No. 21. Pp. 121–127. (rus)

Information about the authors

Ushnitskaya, Nyurguyana N. Postgraduate student. E-mail: ushnitskaya.97@mail.ru. North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov. Russia, 677000, Yakutsk, Belinskogo street, 58.

Mestnikov, Aleksej E. Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Applied Mechanics and Building Materials Science. E-mail: mestnikovae@mail.ru. North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov. Russia, 677000, Yakutsk, Belinskogo street, 58.

Received 18.02.2024

Для цитирования:

Ушницкая Н.Н., Местников А.Е. Исследование свойств глинистого сырья методами физико-химического анализа // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2024. №4. С. 16–25. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-4-16-25

For citation:

Ushnitskaya N.N., Mestnikovae A.E. Investigation of the properties of clay raw materials by methods of physico-chemical analysis. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2024. No. 4. Pp. 16–25. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-4-16-25