

УДК 666.291.3

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАСШИРЕНИЯ  
ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ  
СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ ЗА СЧЕТ  
КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ**

Т.В. Вакалова, В.М. Погребенков, И.Б. Ревва

Томский политехнический университет

E-mail: vakalova@mail.ru; chtd@tpu.ru

**Вакалова Татьяна Викторовна**, д-р техн. наук, профессор кафедры технологии силикатов и наноматериалов Института физики высоких технологий ТПУ.

E-mail: vakalova@mail.ru

Область научных интересов: Строительная, теплоизоляционная, огнеупорная, техническая керамика на основе природного и техногенного сырья

**Погребенков Валерий Матвеевич**, д-р техн. наук, профессор кафедры технологии силикатов и наноматериалов Института физики высоких технологий ТПУ.

E-mail: chtd@tpu.ru

Область научных интересов: Строительная, термостойкая, электроизоляционная техническая керамика на основе синтетического, природного и техногенного сырья.

**Ревва Инна Борисовна**, канд. техн. наук, доцент кафедры технологии силикатов и наноматериалов Института физики высоких технологий ТПУ.

E-mail: revva@tpu.ru

Область научных интересов: Строительная и теплоизоляционная керамика на основе природного и техногенного сырья.

На основании комплексного исследования физико-химических и технологических свойств легкоплавкой вскрышной породы и тугоплавкого глинистого сырья Нижнеуельского месторождения проведено их опробование в технологии строительной керамики. Выявлена перспективность использования обоих видов глинистого сырья в технологии высокопрочной стеновой строительной керамики, а в случае введения порообразующих добавок – для получения эффективных теплоизоляционных керамических материалов.

**Ключевые слова:**

Глинистое сырье, минералогический состав, технологические свойства.

**Введение**

Развитие отечественного промышленного и гражданского строительства обуславливает необходимость увеличения производства экологически чистых и конкурентоспособных строительных керамических материалов, в том числе теплоизоляционных, применение которых позволяет уменьшить толщину и массу стен зданий и других ограждающих конструкций и, соответственно, снизить стоимость строительства. Многие строительные теплоизоляционные материалы вследствие высокой пористости обладают способностью поглощать звуки, что позволяет использовать их также в качестве акустических материалов для борьбы с шумом.

Состояние современной отечественной базы керамического сырья характеризуется истощением общих запасов высококачественных глин и каолинов, что обуславливает вынужденное вовлечение в производство низкосортных местных глинистых пород, достаточная обеспеченность которыми определяет, в целом, их важность для развития производства керамики с окрашенным черепком.

В процессе эксплуатации месторождений глинистого сырья остро встает вопрос о возможной целенаправленной переработке вскрышных пород, зачастую представленных песчано-алеврито-глинистыми продуктами коры выветривания, которые могут представлять практический интерес для производства строительной керамики.

Сложность технологического процесса заключается в трудности установления строгой зависимости между свойствами сырья и готовой продукции. В настоящее время единых

регулируемых стандартами требований к качеству глинистого сырья для изделий строительной керамики не существует, пригодность сырья устанавливается по качеству готовых изделий и возможности получения стандартной продукции.

Легкоплавкие глинистые породы, используемые для производства кирпича и черепицы, должны обладать необходимой пластичностью и связующей способностью, причем при полусухом способе формования кирпича могут применяться и малопластичные глинистые породы.

Качество сырья зависит также и от содержания в нем собственно глинистых частиц: недостаток их может вызвать зыбкость рабочей массы. В производстве строительной керамики, в том числе керамического кирпича, используются легкоплавкие глины и суглинки при содержании глинистых минералов не менее 12...14 %. Вредны каменные включения, особенно известковые и гипсовые, фракции крупнее 3 мм.

По химическому составу пригодными для этой цели являются глинистые породы, содержащие 53...81 %  $\text{SiO}_2$ , 7...23 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 2,5...8 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , до 15 %  $\text{CaO}$ . Нежелательным является содержание в большом количестве крупных включений карбонатов кальция и магния. Вредно также повышенное содержание  $\text{SO}_3$  (до 2 %), водорастворимых солей щелочных (до 4...5 %) и щелочноземельных (до 2 %) металлов.

Сырье должно быть средне- и умереннопластичным, с удовлетворительной формовочной способностью, иметь достаточно высокую связующую способность, быть средне- и малочувствительным к сушке.

После обжига из исследуемого сырья необходимо получить кирпич маркой не ниже М 100, морозостойкий, с водопоглощением не менее 8 %.

### Экспериментальная часть

Целью представленной работы было комплексное исследование физико-химических и технологических свойств одной пробы вскрышной глиносодержащей породы (нехаевская глина) и двух проб глинистого сырья Нижнеувельского месторождения (Челябинская обл.).

Нижне-Увельское месторождение огнеупорных глин находится в непосредственной близости от ст. Нижне-Увельской Южноуральской железной дороги в 5 км от г. Южноуральска, в 40 км к северу от г. Троицка Челябинской области.

Огнеупорные глины приурочены к озерно-болотным отложениям наурзумской свиты верхнего олигоцена, залегают на кварцевых мелкозернистых песках в виде пластообразной залежи, простирающейся в широтном направлении.

Исходным материалом послужили каолиновые коры выветривания широко развитые в Кочкарском каолиноносном районе [1]. Средняя мощность залежи 3,5 м, мощность вскрыши 4...5 м. Продуктивная толща сложена каолиновыми глинами с примесью гидрослюд до 5...10 %. Кроме этих минералов присутствуют кварцевый песок, оксиды железа. Добыча ведется открытым способом, послойно и селективно. Выделено 5 сортов, из них 3 сорта используются как огнеупорное сырье (огнеупорность 1650 °С и выше), остальные сорта – как формовочное (в литейном производстве) и керамическое сырье (для производства различных керамических изделий).

На месторождении выделены две характерные литологические разновидности глин: пестроцветная и серая. Глины отличаются значительным разнообразием как по химическому составу, так и по окраске в сыром виде и содержанию минеральных примесей.

По гранулометрическому составу обе пробы исследуемых глинистых пород по содержанию тонкодисперсной фракции (размером менее 1 мкм) по ГОСТ 9169-75 относятся к группе дисперсного глинистого сырья и представляют ярковыраженный тип глины пылеватой, в то время как вскрышная порода по зерновому составу представляет собой глину запесоченную, поскольку содержание в ней песчаных частиц (размером от 1 до 0,05 мм) более 40 % (табл. 1).

Кроме того, необходимо отметить практически полное отсутствие крупнозернистых (песчаных) фракций в обеих пробах глин (менее 5 %), что, несомненно, скажется на поведении этой глинистой породы в сушке, обеспечивая повышенную плотность формовочной массы и

осложняя, таким образом, условия влагоотдачи в процессе сушки сформованного сырца, что обусловит опасность образования трещин при сушке формованных изделий.

**Таблица 1.** Гранулометрический состав исследуемого сырья

| Шифр пробы           | Содержание, %, фракции размером, мм |                                |                         | Классификация по Охотину |
|----------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------|
|                      | песчаные<br>(1...0,06) мм           | пылеватые<br>(0,06...0,005) мм | глинистые<br>< 0,005 мм |                          |
| вскрышная порода     |                                     |                                |                         |                          |
| ЭР-12                | 41,74                               | 19,42                          | 38,84                   | глина запесоченная       |
| глины нижеуевельские |                                     |                                |                         |                          |
| НУПК                 | 3,69                                | 29,63                          | 66,68                   | глина пылеватая          |
| НУК                  | 4,36                                | 35,92                          | 59,72                   | глина пылеватая          |

По химическому составу в зависимости от содержания  $Al_2O_3$  в прокаленном состоянии согласно ГОСТ 9169-75 обе исследуемые глины представляют собой полуокислые глинистые породы (содержание  $Al_2O_3$  в прокаленном состоянии составляет 22,20...23,87 %) с низким содержанием карбонатов (табл. 2).

**Таблица 2.** Химический состав глинистого сырья Нижнеуевельского месторождения

| Шифр пробы                  | Содержание оксидов, мас. % |                                |                  |                                |      |      |      |                  |                   |                  |
|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|------|------|------|------------------|-------------------|------------------|
|                             | SiO <sub>2</sub>           | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO  | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | $\Delta m_{прк}$ |
| <b>вскрышная порода</b>     |                            |                                |                  |                                |      |      |      |                  |                   |                  |
| ЭР-12                       | 69,26                      | 10,48                          | 1,43             | 2,12                           | 0,03 | 4,19 | 0,46 | 0,57             | 0,44              | 11,02            |
| <b>глины нижеуевельские</b> |                            |                                |                  |                                |      |      |      |                  |                   |                  |
| НУПК                        | 63,27                      | 21,23                          | 1,18             | 2,09                           | 0,01 | 0,09 | 0,39 | 0,46             | 0,21              | 11,07            |
| НУК                         | 67,23                      | 20,07                          | 1,27             | 0,54                           | 0,01 | 0,10 | 0,51 | 0,50             | 0,16              | 9,61             |

Несмотря на то, что обе пробы (НУПК и НУК) относятся к глинистому сырью со средним содержанием красящих оксидов ( $Fe_2O_3 + TiO_2$ ), проба НУК содержит железистых примесей почти в 4 раза меньше, чем проба НУПК.

Исследуемая вскрышная глина относится к кислому карбонатному глинистому сырью со средним содержанием красящих оксидов (менее 4 %). Высокое содержание кремнезема в химическом составе наряду с низким содержанием глинозема обусловлено ее запесоченностью, что подтверждается результатами дисперсионного анализа (табл. 1).

Минералогический состав исследуемых проб глинистого сырья устанавливался на природных (неразделенных) разновидностях анализируемых проб фракцией менее 1 мм с помощью рентгенофазового и термического методов анализа.

Рентгенографическое исследование минералогического состава глинистого сырья проводилось на дифрактометре ДРОН-ЗМ в  $CuK\alpha$ -излучении, при напряжении на трубке 40 кВ и токе 25 мА, скорость вращения гониометра 4 градуса в минуту, предел измерения (чувствительность съемки) от  $2 \cdot 10^3$  до  $1 \cdot 10^4$  имп/с.

Анализ результатов обработки полученных дифрактограмм обеих проб нижеуевельских глин (НУК и НУПК) свидетельствует об их качественной идентичности, разница состоит лишь в интенсивностях соответствующих рентгеновских рефлексов, по которым косвенно можно судить о количественном содержании выявленных минералов (рис. 1).

В частности выявлено, что исследуемые нижеуевельские глины представляют собой полиминеральные глинистые породы, *непластичная часть* которых сложена в основном кварцем ( $\beta$ -SiO<sub>2</sub>). Рентгеновские рефлексы, характерные для кварцевой составляющей, во всех исследуемых пробах отличаются весьма большой интенсивностью, что указывает на значительное содержание его (кварца) в данных глинистых породах. Тонкодисперсная (глинистая) часть обеих проб нижеуевельских глин сложена смесью каолинита, о чем свидетельствуют характеристические рефлексы с межплоскостными расстояниями при 0,709...0,714; 0,356 и 0,247 нм, и гидрослюда типа иллита (0,992; 0,444 нм). Рентгеновские рефлексы этих соединений хорошо

очерчены и достаточно интенсивны, что говорит о хорошей окристаллизованности глинистых минералов в породах. Присутствие иллита обусловлено условиями образования каолинов как продуктов выветривания полевых шпатов, поскольку иллит представляет собой глинистый минерал, являющийся продуктом изменения полевых шпатов.

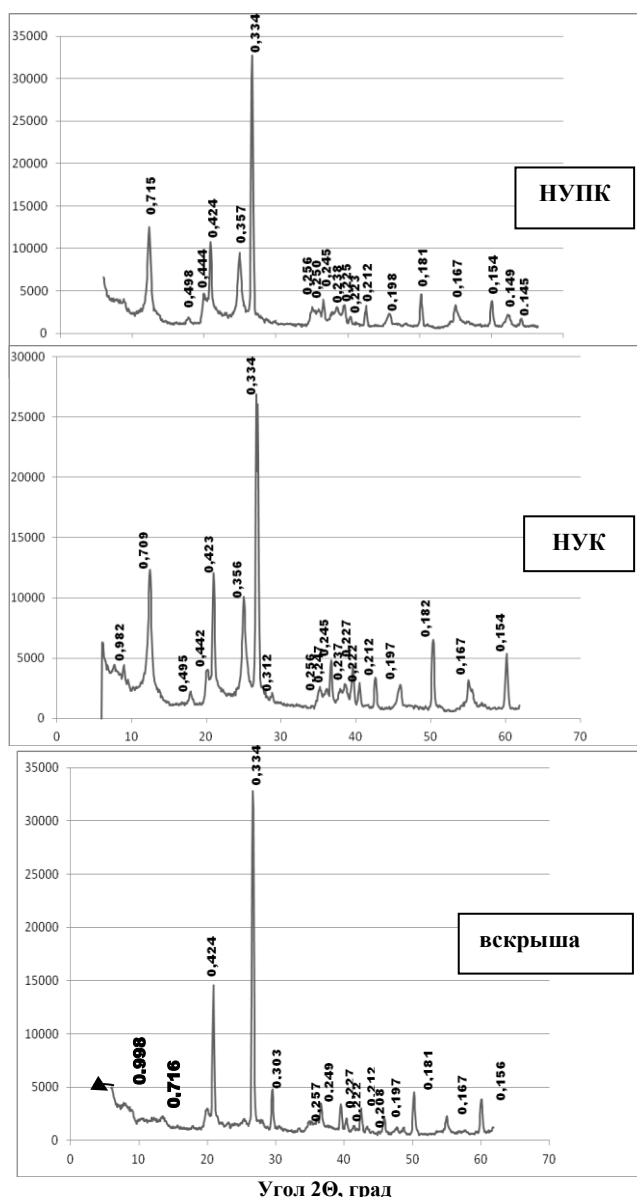


Рис. 1. Рентгеновские дифрактограммы нижеуевельских глин

выводы об их сложном каолинито-гидрослюдистом составе.

Кривые ДТА исследуемых проб нижеуевельской глины (рис. 2) характеризуется наличием трех эндотермических эффектов с минимумами при 65...67, 492...493 и 573 °С, а также одного экзотермического при 960 °С. Первая эндотермическая реакция, протекающая в интервале температур 60...200 °С весьма интенсивная и сопровождающаяся потерей массы ~ 25...28 % от суммарных потерь, может быть обусловлена, главным образом, потерей межслойной воды гидрослюдой. Вторая эндотермическая реакция в интервале 400...600 °С связана с потерей гидроксильной воды и разрушением решетки каолинита. Потери массы при этом составляют около 30 % от суммарных потерь. Эндотермическая реакция при 573 °С вызвана полиморфизмом кварца.

Сопоставление интенсивностей характеристического рефлекса кварца с межплоскостным расстоянием  $d_{q/n} = 0,334$  нм на дифрактограммах анализируемых проб свидетельствует о более высоком содержании кварца в нижеуевельской глине НУПК по сравнению с нижеуевельской глиной НУК. Однако, судя по данным дисперсионного анализа (табл. 1), для анализируемого глинистого сырья характерно незначительное содержание песчаной фракции размером от 1 до 0,06 мм (не более 3,6...4,4 %). Таким образом, в обеих пробах каолинито-гидрослюдистых нижеуевельских глин кварцевый компонент сосредоточен в более тонкодисперсных фракциях (в пылеватых и, возможно, в глинистых фракциях) в виде так называемого тонкодисперсного свободного кварца.

Что касается пробы глины из вскрыши, то особенностью ее дифракционной картины является присутствие рефлексов монтмориллонита и чрезвычайно малоинтенсивных рефлексов каолинита и иллита на фоне весьма интенсивных рефлексов кварца, что позволяет диагностировать запесоченную нехаевскую глину как монтмориллонито-гидрослюдисто-каолинитовую глинистую породу. Сопоставление данных гранулометрического состава нехаевской глины с результатами рентгеновского анализа свидетельствует о присутствии свободного кварца в ее грубозернистой (песчаной) части. Кроме того, прослеживается присутствие на дифрактограмме вскрышной глины рефлексов кальцита (с главным рефлексом при 0,303 нм).

Анализ кривых дифференциально-термического (ДТА), термогравиметрического (ТГ) и дифференциально-калориметрического (ДСК) анализов исследуемых глин подтверждают вышеприведенные



Появление экзотермического эффекта при 960 °С обусловлено процессами синтеза муллитоподобной фазы как продукта разложения каолинита. Кроме того, сопоставление результатов рентгеновского и термического анализов позволяет утверждать, что двухступенчатый характер хода кривых термогравиметрического анализа (потерь массы) обеих проб нижеуевельских глин (НУПК и НУК) с перегибами в интервале температур 20...200, 200...600 °С свидетельствует о присутствии в тонкодисперсной (глинистой) части каолинита и гидрослюда типа иллита (рис 2).

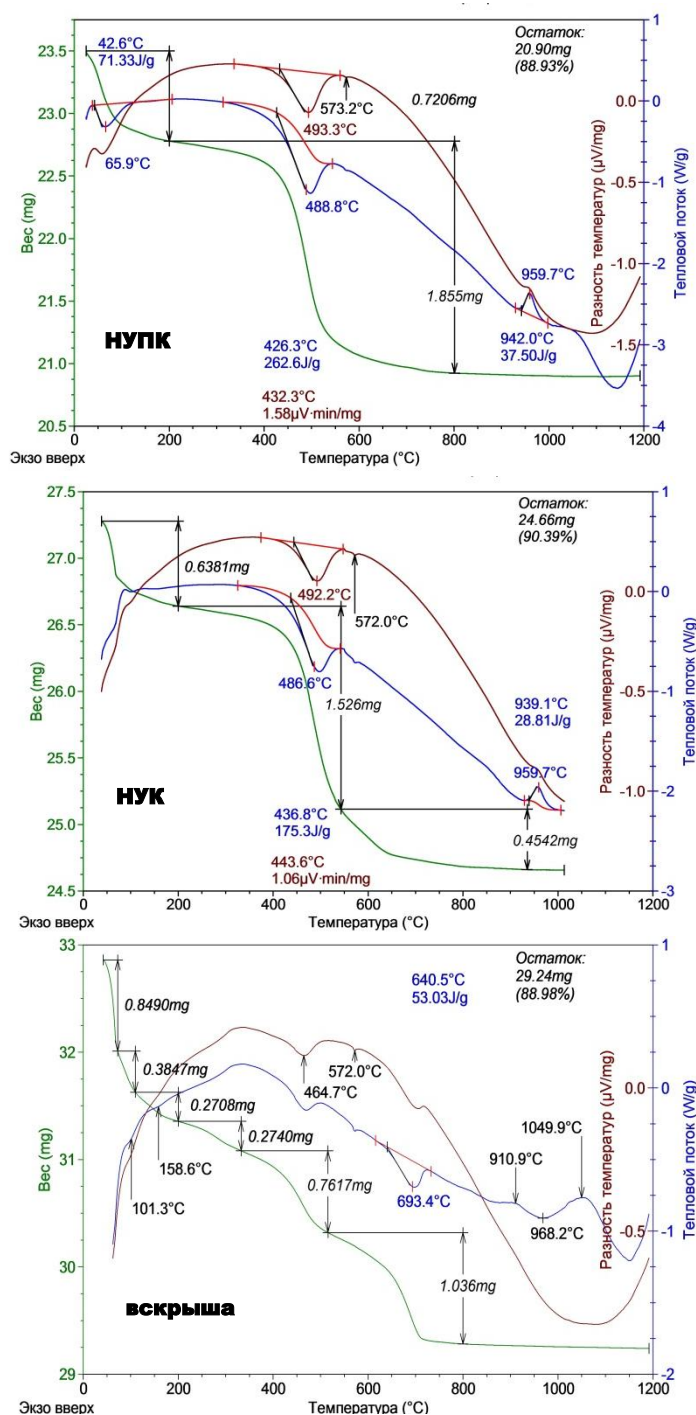


Рис. 2. ДСК-кривые исследуемого сырья

в качестве эталонов дифрактограммы отмученного просьяновского каолина и высокочистого жильного кварца) (табл. 3, 4).

Трехступенчатый характер хода кривых термогравиметрического анализа (потерь массы) в случае пробы вскрышной породы указывает на преобладание монтмориллонита и гидрослюда в тонкодисперсной (глинистой) части данной глины. При этом потери массы в интервале температур 20...200 °С в 38...40 % от суммарных потерь массы обусловлены потерей воды, адсорбированной высокоразвитой поверхностью монтмориллонита и гидрослюда. Характерные для ТГ-кривой вскрышной глины потери массы в интервале температур 200...400 °С, составляющие 1,5 %, обусловлены процессами горения органических примесей в данной глине, которые на кривой ДТА сопровождаются появлением интенсивного экзотермического эффекта с максимумом при температуре 250...300 °С.

Потери массы в интервале температур 400...600 °С вызваны процессами дегидратации и разрушения решетки каолинита, а в интервале температур 600...800 °С – разложением монтмориллонита и примесного кальцита, присутствие которых обуславливает появление на кривой ДТА интенсивного эндотермического эффекта с минимумом при 693 °С (рис. 2).

Количественная оценка минералогического состава исследуемых глин проводилась расчетным методом с привлечением комплекса полученных данных седиментационного, химического и рентгеновского методов анализа (по интенсивностям дифракционных рефлексов соответствующих минералов с использованием в качестве

Проведенные количественные определения рентгеновским методом суммарного содержания свободного кварца и привлечение данных седиментационного анализа исследуемых проб свидетельствуют о том, что в нижеуевельских глинах свободный кварц присутствует преимущественно в тонкодисперсном состоянии в пылеватых фракциях с размером частиц от 5 до 50 мкм (табл. 4).

**Таблица 3.** Минералогический состав исследуемых глин

| Минерал         | Содержание минералов, мас. %, в пробах глин |       |                  |
|-----------------|---------------------------------------------|-------|------------------|
|                 | нижеуевельские                              |       | вскрышная порода |
|                 | НУПК                                        | НУК   |                  |
| каолинит        | 45                                          | 43    | 7,5              |
| иллит           | 13,5                                        | 12    | 8,5              |
| монтмориллонит  | –                                           | –     | 18,5             |
| кварц           | 35                                          | 40    | 48               |
| карбонаты       | следы                                       | следы | 9                |
| железистые      |                                             |       | 5                |
| другие минералы | 6,5                                         | 5,0   | 3,5              |

**Таблица 4.** Содержание свободного кварца в исследуемых глинах

| Вид глины      | Шифр пробы | Содержание, мас. %                         |                             |                |       |
|----------------|------------|--------------------------------------------|-----------------------------|----------------|-------|
|                |            | в грубых (песчаных) фракциях (1...0,06) мм | в тонких фракциях           |                | общее |
|                |            |                                            | пылеватых (0,05...0,005) мм | менее 0,005 мм |       |
| нижеуевельская | НУПК       | 3                                          | 30                          | 2              | 35    |
|                | НУК        | 4                                          | 36                          | –              | 40    |
| вскрыша        | ЭР-12      | 41,5                                       | 6,5                         | –              | 48    |

Что касается вскрышной красножгущейся глины, то в отличие от нижеуевельских глин свободный кварц присутствует в ней в грубодисперсном виде в песчаной фракции размером более 50 мкм.

Оценка технологических свойств анализируемого сырья показала, что анализируемые пробы вскрыши и нижеуевельской глины НУК относятся к умереннопластичному глинистому сырью, а нижеуевельская глина НУПК – к среднепластичным глинам (табл. 5).

**Таблица 5.** Технологические (дообжиговые свойства) исследуемого сырья

| Шифр пробы           | Пластичность, (по Аттербергу) | Воздушная усадка, % | Чувствительность к сушке, Кч | Связность, МПа |
|----------------------|-------------------------------|---------------------|------------------------------|----------------|
| глины нижеуевельские |                               |                     |                              |                |
| НУК                  | 20,5                          | 7,2                 | 1,8                          | 3,2            |
| НУПК                 | 14,6                          | 6,6                 | 1,6                          | 4,6            |
| вскрыша              |                               |                     |                              |                |
| ЭР-12                | 14,5                          | 9,5                 | 1,7                          | 4,8            |

Что касается поведения в сушке, то все пробы исследуемых глин относятся к высокочувствительному к сушке глинистому сырью, что обусловлено рядом причин: *во-первых*, спецификой минералогического состава, в частности присутствием иллита в смеси с каолинитом в тонкодисперсной (глинистой) части; *во-вторых*, практически полным отсутствием крупнозернистых песчаных фракций в нижеуевельских глинах, что обеспечивает уплотнение пластической массы и ухудшает ее влажностепроводность в процессе сушки сырца. Что касается пробы вскрышной породы, то высокие значения ее воздушной усадки и чувствительности к сушке помимо наличия в качестве глинообразующих минералов монтмориллонита и гидрослюда, обусловлены также присутствием в ней органических примесей, проявляющихся на ТГ-кривой в

виде потерь массы при нагреве в интервале температур 200...400 °С, а на кривой ДТА – появлением экзотермического эффекта с максимумом при 320 °С.

Сопоставительный анализ спекаемости (по ГОСТ 21216.8-81) нижеуевельских глин свидетельствует об их различном поведении в обжиге. В частности, нижеуевельская глина марки НУПК относится к группе глинистого сырья среднетемпературного спекания с температурой полного спекания 1300 °С, обеспечивающей образование высокопрочных образцов с водопоглощением менее 2 %. Что касается нижеуевельской глины марки НУК, то повышение температуры обжига во всем температурном интервале (от 1000 °С до 1400 °С) не обеспечивает полноты протекания и завершения процесса спекания изделий из этой пробы. Поэтому она относится к неспекающемуся до температуры 1400 °С глинистому сырью, так как неспособна давать спеченный черепок (с водопоглощением менее 2 %) без признаков пережога в указанном температурном интервале. Различия в характере спекаемости данных глин обусловлены различным содержанием таких активных плавней в глинах как примеси красящих оксидов, содержание которых в глине НУПК в 2 раза выше, чем в глине НУК.

В целом выявлено, что одним из возможных перспективных направлений использования обеих нижеуевельских глин может быть их применение в технологии светлоокрашенного высокопрочного керамического кирпича облицовочного назначения.

Оценка спекаемости красножгущейся вскрышной глины свидетельствует о том, что обжиг сырца из исследуемой пробы уже при минимальных из применяемых температур обжига 950...1000 °С обеспечивает формирование достаточно прочной структуры, соответствующей, в случае использования ее в технологии строительной керамики, прогнозируемой минимально гарантированной марке керамического кирпича не ниже М 175. Повышение температуры обжига с 1000 до 1100 °С сформированных изделий из этой глины снижает марку до М 150 (за счет полиморфного превращения кварца в метастабильный кристобалит, протекающего с увеличением объема в данном температурном интервале). Дальнейшее повышение температуры обжига с 1050 °С до 1250 °С резко активизирует процесс спекания и при температуре обжига 1250 °С вскрышная глина полностью расплавляется.

Сопоставительный анализ физико-химических и технологических свойств исследуемого глинистого сырья позволил определиться с выбором глинистого компонента в составе поризованной керамики – легкоплавкой глины из вскрыши и тугоплавкой нижеуевельской глины марки НУПК.

Выбор в работе возможных путей получения эффективных теплоизоляционных керамических материалов на основе глинистого сырья определялся характером требований к пористой керамике, к которым относятся обеспечение высокой пористости в сочетании с высокими механической прочностью и морозостойкостью (в случае теплоизоляционной строительной керамики). В этом плане представляло интерес исследование возможности создания высокопористых керамических структур по пластичной технологии путем использования таких эффективных выгорающих и порорегулирующих добавок как каменного угля и древесных опилок.

Компонентные составы масс, свойства масс, полуфабрикатов и готовых изделий приведены в табл. 6.

Сопоставление физико-механических свойств образцов из исследуемых составов, представляющих композиции как на основе нижеуевельской глины, так и вскрышной породы с выгорающими добавками, свидетельствует о том, что наиболее эффективное порообразующее действие оказывает добавка каменного угля в количестве 15...20 % во всем температурном интервале обжига от 900 до 1000 °С.

Установлено, что обжиг изделий из нижеуевельской глины с добавкой угля при оптимальной температуре 900 °С обеспечивает получение керамического кирпича конструкционно-теплоизоляционного назначения с маркой не менее М 75 с плотностью 1,12...1,28 г/см<sup>3</sup>, с добавкой опилок – конструкционно-теплоизоляционного назначения маркой не ниже М 125, обладающего объемной массой изделий в пределах 1,52...1,78 г/см<sup>3</sup>. Обжиг при аналогичных условиях изделий на основе вскрышной породы с добавкой угля обеспечивает получение теп-

лоизоляционной керамики с плотность 1,27...1,28 г/см<sup>3</sup>, с добавкой опилок – конструкционно-теплоизоляционной керамики маркой не ниже М 125 с плотностью 1,75...1,93 г/см<sup>3</sup>.

**Таблица 6.** Оптимальные составы, технологические параметры получения и свойства строительной керамики на основе исследуемого сырья

| Состав массы, %                                        | Оптимальная температура обжига, °С            | Свойства образцов |                                        |                          | Ориентировочная марка кирпича, М |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
|                                                        |                                               | общая усадка, %   | плотность кажущаяся, г/см <sup>3</sup> | прочность на сжатие, МПа |                                  |
| сырье – нижеуевельская глина НУПК                      |                                               |                   |                                        |                          |                                  |
| глина НУПК – 100                                       | 1100                                          | 13,1              | 2,20                                   | 50,7                     | М 300                            |
| композиции «глина–каменный уголь»                      |                                               |                   |                                        |                          |                                  |
| Глина – 80...85<br>каменный уголь – 15...20            | 900...950                                     | 9,8...11,4        | 1,12...1,29                            | 11,4...18,7              | М 75...М 100                     |
| назначение керамики                                    | строительная конструкционно-теплоизоляционная |                   |                                        |                          |                                  |
| композиции «глина–опилки»*                             |                                               |                   |                                        |                          |                                  |
| глина – 80...85<br>опилки – 15...20                    | 900...950                                     | 9,4...10,8        | 1,52...1,75                            | 23,8...31,6              | М 125...М 175                    |
| назначение керамики                                    | строительная конструкционно-теплоизоляционная |                   |                                        |                          |                                  |
| сырье – вскрышная порода                               |                                               |                   |                                        |                          |                                  |
| вскрышная порода – 100                                 | 950                                           | 9,8               | 2,10                                   | 38,0                     | М 200                            |
| назначение керамики                                    | строительная конструкционная (стеновая)       |                   |                                        |                          |                                  |
| композиции «вскрышная порода–каменный уголь»           |                                               |                   |                                        |                          |                                  |
| вскрышная порода – 80...85<br>каменный уголь – 15...20 | 900...950                                     | 8,8...8,0         | 1,25...1,36                            | 5,4...8,1                | –                                |
| назначение керамики                                    | строительная теплоизоляционная                |                   |                                        |                          |                                  |
| композиции «вскрышная порода – опилки»*                |                                               |                   |                                        |                          |                                  |
| вскрышная порода – 80...85<br>опилки – 10...15         | 900...950                                     | 8,8...9,7         | 1,75...1,99                            | 22,0...27,8              | М 125...М 150                    |
| назначение керамики                                    | строительная конструкционно-теплоизоляционная |                   |                                        |                          |                                  |

\*- объемное дозирование

### Выводы

1. Установлена принципиальная возможность получения керамического кирпича конструкционного назначения из глинистого сырья Нижнеуевельского месторождения: в случае вскрышной породы – при температурах обжига 950...1000 °С красного керамического кирпича маркой не ниже М 200; применительно к нижеуевельской глине – при температуре 1100 °С желтого лицевого керамического кирпича маркой М 175...М 300, отличающихся декоративностью рабочих поверхностей (четкостью граней и углов, ровностью окраски, отсутствием высолов). Однако в условиях реального производства ожидаются трудности при получении кирпича на основе данных глин из-за их повышенной чувствительности к сушке и низкой трещиностойкости сырца.
2. Снижение чувствительности к сушке исследуемых глин и повышение трещиностойкости полуфабриката в процессе сушки изделий пластического формования на их основе возможно подбором корректирующих отошающих добавок.
3. Установлена перспективность использования обеих глин в технологии теплоизоляционной строительной керамики. С позиции обеспечения наименьшей плотности поризованного керамического материала оптимальной температурой обжига изделий является температура обжига 900 °С, обеспечивающая получение пористой керамики с оптимальным сочетанием эксплуатационных свойств.
4. Комплексное использование глинистого сырья Нижнеуевельского месторождения (как основной глинистой породы, так и породы из вскрыши) позволит частично решить проблему



дефицита природного алюмосиликатного сырья для получения высококачественных строительных материалов стенового и теплоизоляционного назначения.

*Работа проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (ГК 02.740.11.0855).*

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Солодкий Н.Ф., Шамриков А.С., Погребенков В.М.. Минерально-сырьевая база Урала для керамической, огнеупорной и стекольной промышленности. Справочное пособие / Под ред. проф. Г.Н. Масленниковой. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 332 с.

Поступила 14.02.2012 г.