

кондиционного битума. В случае использования битумного порошка и толуола (сольвента), предусматривающей плавление и фильтрацию горячей битумомосодержащей смеси, экономия составила 30 % (без учёта затрат на утилизацию нового отхода – фильтрата, образованного твёрдыми примесями битумного порошка). Мастики удовлетворяли основным показателям качества, предъявляемым к ближайшему аналогу, производимому из кондиционного битума, включая условную вязкость (22 с), температуру размягчения 76 °С, гибкость на бруске с радиусом закругления 5,0 мм при температуре 5 °С. Выше нормативного оказалось лишь водопоглощение обоих видов мастик (< 0,2 % за 24 ч). Вероятно, это связано с неполным осаждением и удалением волокон картона в процессе фильтрации расплава битумного порошка, разбавленного растворителем. В случае существенного превышения данного показателя требуется разбавление мастикой, приготовленной из традиционного битума.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Зеленковский, В. Перспективы применения переработанных кровельных битумных отходов в строительном производстве / В. Зеленковский, В. Солдатов, П. Юхневский // Строительная наука и техника. – 2011. – № 4. – С.

УДК 691

Н.К. Манакова, канд. техн. наук; О.В. Суворова, канд. техн. наук  
(ИХТРЭМС, г. Апатиты)

#### **ПЕНОСИЛИКАТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА**

Горнопромышленный комплекс уже много лет является одним из крупнейших факторов неблагоприятного воздействия на природу. Наиболее трудно устранимы последствия влияния на окружающую среду твердых горнопромышленных отходов. Утилизация данных техногенных образований с получением современных строительных материалов, например теплоизоляционных, является актуальной задачей нашего времени[1].

Пеностекло - один из наиболее эффективных теплоизоляционных материалов, имеющих уникальный набор свойств и широкую область применения. В настоящее время глубоко изучаются технологии пеносиликатных материалов - аналогов пеностекла. Такие материалы обладают рядом преимуществ - экологичны, негорючи, с относительно низкой себестоимостью. Для их получения используются различ-

ные виды кремнеземсодержащего сырья как природного, так и техногенного происхождения [2,3].

Известно, что аморфный кремнезем может использоваться для создания пеносиликатов за счет образования вяжущих композиций со щелочами. Согласно литературным данным введение в жидкостекольную композицию водостойких и прочных добавок, улучшает технические свойства готового продукта за счет возможного проникновения и распределения добавок в пустотах кристаллической структуры и микроструктуры [4,5].

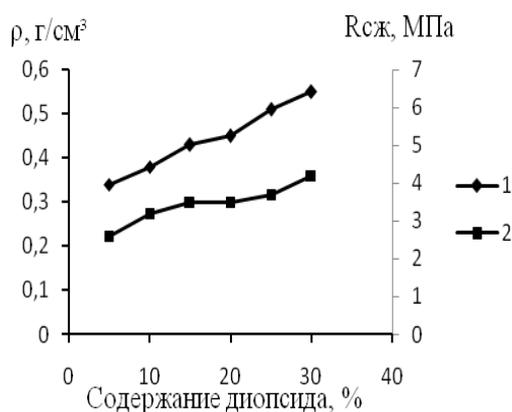
В связи с вышеизложенным, представляло интерес изучение возможности изготовления блочных пеносиликатов для получения теплоизоляционных материалов из кремнеземсодержащих продуктов с добавками.

В качестве исходного сырья использовались:

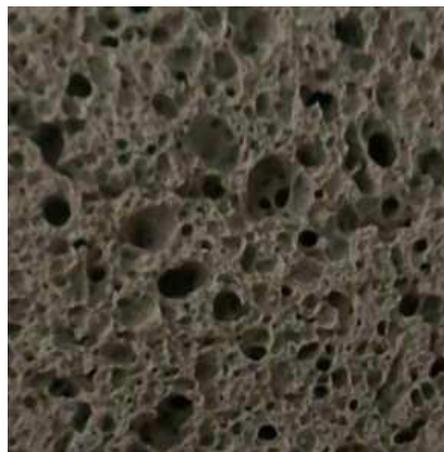
- 1) проба кремнеземсодержащего продукта кислотной переработки эвдиалитовых руд в виде тонкодисперсного порошка серо-белого цвета с удельной поверхностью  $279 \text{ м}^2/\text{г}$ , насыпной плотностью -  $523 \text{ кг}/\text{м}^3$ , с содержанием  $\text{SiO}_2$  69.90 мас.%;
- 2) отходы обогащения апатито-нефелиновых руд АО "Апатит", основным компонентом которых является нефелин (55-65 мас.%)
- 3) диопсид Ковдорского флогопитового месторождения;
- 4) Раствор гидроксида натрия NaOH (концентрация 45%).

Состав смеси, мас.‰: кремнеземсодержащий продукт 68, гидроксид натрия (в пересчете на  $\text{Na}_2\text{O}$ ) 17, апатито-нефелиновые отходы 15, диопсид фракции  $-0.05 \text{ мм}$  10-30 (сверх 100%). Пеносиликатные материалы получали путем приготовления жидкостекольной композиции с последующим вспучиванием при  $650^\circ\text{C}$ . Для стабилизации пены осуществляли резкое снижение температуры на  $100-150^\circ\text{C}$  с дальнейшим медленным охлаждением до температуры окружающей среды.

Исследования влияния диопсида на технические свойства пеносиликатов показали, что его введение приводит к увеличению прочностных характеристик в среднем в 2 раза при некотором увеличении плотности ( $0.55 \text{ г}/\text{см}^3$ ) пеносиликатов. При введении диопсида в количестве 30% (сверх 100%) достигается увеличение прочности материала до 4.2 МПа (рис.). Вместе с тем выявлено, что добавление измельченного диопсида способствует снижению водопоглощения готового материала в 2-3 раза. При оптимальных условиях получены пеносиликаты с достаточно низкой плотностью  $0.3-0.55 \text{ г}/\text{см}^3$ , высокой прочностью до 4.2 МПа, теплопроводностью  $0.09-0.107 \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{К}$  и относительно низким водопоглощением.



**Рисунок 1 - Зависимость плотности (1) и прочности (2) пеносиликатов от количества диоксида**



**Рисунок 2 - Пеносиликат для изготовления теплоизоляционных материалов (температура вспучивания 650°C, время выдержки 30 мин)**

Полученные блочные материалы легко поддаются механической обработке и могут быть рекомендованы для использования в строительстве для тепловой изоляции стен, кровли, чердачных перекрытий, полов зданий и сооружений.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Макаров В.Н. Экологические проблемы хранения и утилизации горнопромышленных отходов. – Апатиты, 1998. – 125 С.
- 2 Верещагин В.И. Гранулированный пеностеклокристаллический теплоизоляционный материал из цеолитсодержащих пород // Строительные материалы. 2007. №3. С. 66-67.
- 3 Казанцева Л.К., Стороженко Г.И., Никитин А.И., Киселев Г.А. Теплоизоляционный материал на основе опокового сырья // Строительные материалы. 2013. №4. С.1-4.
- 4 Альперович И.А. Керамические стеновые и теплоизоляционные материалы в современном строительстве // Строительные материалы. 1998. № 2. С. 22-23.
- 5 Верещагин В.И., Борило Л.П., Козик А.В. Пористые композиционные материалы на основе жидкого стекла и природных силикатов // Стекло и керамика. 2002. №9. С. 26-28.