

**РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ПЕРЕГОРОДОЧНЫХ ПЛИТ НА ОСНОВЕ
КАРЬЕРНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ**

Эдита Мушеговна Назарян, Александр Михайлович Аракелян, Николай Бабкенович Князян,
Эллада Смбаговна Агамян, Асмик Арташесовна Акопян, Аннета Георгиевна Арустамян

Институт общей и неорганической химии им. М.Г. Манвеляна НАН РА, г. Ереван, РА

ionx@sci.am

Разработан способ получения строительных материалов типа перегородочных плит с целью утилизации карьерных и промышленных отходов. Наилучшим карьерным отходом с высоким содержанием SiO_2 является туф Артикского месторождения, а из промышленных отходов в качестве вяжущего и пластификатора была использована цементная пыль от электрофильтров. Также дополнительно в качестве вяжущего использовалось двухмодульное жидкое стекло, а в качестве отвердителя – кремнефтористый натрий. Определен состав смеси, из которой были получены перегородочные плиты. Прочность полученного изделия при сжатии после 14 суточного твердения составила 17,1 МПа, водопоглощение – 13 %, плотность – 1,83 г/см³.

Ключевые слова: цементная пыль, туф, жидкое стекло, отходы, прочность

Введение

При открытой разработке каменных пород на карьерах Армении образовалось огромное количество отходов, занимающих большие территории предприятий и огромные посевные площади, загрязняющие окружающую среду. Количество образовавшихся карьерных отходов в зависимости от разработки карьера в среднем составляет 15...45 % от общей массы разработанной каменной породы [1]. Однако отходы утилизируются в недостаточном количестве. В процессе изучения физико-химических свойств исследованных отходов был разработан способ их утилизации и более эффективного их использования. Предлагаемый нами способ получения строительных материалов, а именно – перегородочных плит, блоков и т.д. на основе карьерных и промышленных отходов является перспективным для изготовления стеновых материалов, которые могут быть использованы в качестве перегородок, обладающих низкой теплопроводностью. При этом происходит очищение окружающей среды и освобождение территорий предприятий из-под завалов.

Основным компонентом при производстве строительных материалов является кварцевый песок, запасы которого резко сокращаются из-за грандиозного строительства во всем мире. С целью экономии кварцевого песка, полученного в результате измельчения кварцита, были использованы отходы вулканического туфа Артикского месторождения. Туфовая лава Артикского месторождения образовывалась в результате попадания вулканического пепла и песка в расплавленную лаву и представляла собой стекловидную породу. Информационный поиск в интересующей области показал, что отходы туфа используют при изготовлении силикатного кирпича [2, 3], легких бетонов в качестве добавки к вяжущим [4], а также для получения фибропенотуфобетона [5]. Также отходы туфа можно использовать в качестве высококремнеземистых алюминийсодержащих отходов, из

которых можно получить глинозем [6]. В работе [7] на основе перлитов, цеолитов и туфов были получены строительные материалы методом микроволновой обработки.

Из промышленных отходов была использована цементная пыль Араратского цементного завода, которая является одним из объемных промышленных отходов. Уловленная цементная пыль, выделяющаяся при производстве цемента, улавливаемая электрофильтрами, составляет 15 % от количества получаемого клинкера [8]. Цементная пыль использовалась при получении вяжущего автоклавного твердения [9] и при получении автоклавных строительных материалов на основе пустынных песков и отходов промышленности [10]. В цементную пыль входят мельчайшие зерна клинкерных минералов, необожжённые составляющие сырья, а также свободный оксид кальция, который является наиболее реакционноспособным. Поэтому цементная пыль, уловленная электрофильтрами, является также вяжущим и используется в качестве пластификатора.

Материалы и методы

Целью данной работы является утилизация карьерных и промышленных отходов. Разработан способ производства строительных материалов типа перегородочных плит. При производстве строительных материалов основным из компонентов является кварцевый песок. С целью экономии кварцевого песка, полученного в результате измельчения кварцита, нами были изучены и применены отходы с высоким содержанием SiO_2 . Из использованных отходов с высоким содержанием SiO_2 наиболее реакционноспособными и химически активными оказались отходы вулканического туфа Арктического месторождения, на основе которых был разработан данный способ получения изделий. Из промышленных отходов в качестве вяжущего и пластификатора была использована цементная пыль Араратского цементного завода.

При разработке данного способа были использованы компоненты, химический состав которых приводится в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав сырьевых компонентов

| Компоненты | Содержание оксидов, масс. % | | | | | | | |
|--|-----------------------------|-----------|-----------|-------|-------|--------|--------|---------------|
| | SiO_2 | Al_2O_3 | Fe_2O_3 | CaO | MgO | SO_3 | R_2O | <i>n.n.n.</i> |
| Отходы туфовых карьеров Арктического месторождения | 64,62 | 16,92 | 4,53 | 2,90 | 1,05 | – | 6,77 | 2,13 |
| Цементная пыль, уловленная электрофильтрами Араратского завода | 15,60 | 4,70 | 2,30 | 49,20 | 0,60 | 2,20 | 5,50 | 20,00 |
| Кварцевый песок на основе кварцитов из Егегнадзора | 98,20 | 0,95 | 0,31 | – | – | – | – | 0,32 |

В качестве компонентов для опытов были использованы туф Арктического месторождения, цементная пыль, уловленная электрофильтрами Араратского цементного завода, а с целью уменьшения водопоглощения изделия применялся кварцевый песок, полученный измельчением кварцитов, отличающийся высокой дисперсностью (проходимость через сито № 0085, остаток составлял 15...20 %). Дополнительно, в качестве вяжущего было использовано 2-х модульное жидкое стекло (удельный вес $1,3 \text{ г/см}^3$), а в качестве отвердителя – кремнефтористый натрий.

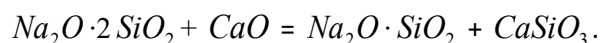
Для применения карьерных отходов были проведены следующие подготовительные работы:

отходы туфа, влажность которых составляла 8,0 %, сушили в сушильном шкафу при температуре 110⁰С в течение 35...40 мин. Затем, после первичного дробления путем механического воздействия (размеры частиц до 100...110 мм), проводили вторичное дробление в щековой дробилке до размеров кондиционного щебня (30...40 мм). Конечное измельчение проводили в шаровой мельнице до удельной поверхности 2018 з/см².

В качестве вяжущего и придания пластичности смеси была добавлена цементная пыль, уловленная электрофильтрами.

Для уплотнения смеси и уменьшения водопоглощения изделия был использован кварцевый песок, полученный измельчением кварцитов Егегнадзорского месторождения.

Для ускорения твердения смеси добавляли кремнефтористый натрий, затем смесь увлажняли и добавляли 2-х модульное жидкое стекло. Между жидким стеклом и свободным CaO, находящимся в цементной пыли, происходила реакция с образованием силиката кальция [11]:



Отлагаясь в порах с шероховатой поверхностью твердеющего изделия, силикат кальция повышает плотность и прочность изделия, также его водонепроницаемость. Одновременно ускоряются процессы схватывания и твердения, что имеет большое значение при формовании изделия.

Роль кремнефтористого натрия [11] заключается в том, что при его взаимодействии со щелочью жидкого стекла выделяется кремнекислота, которая с шероховатой поверхностью туфа за счет смачиваемости и сцепления, придает изделию более высокую механическую прочность.

Были проведены опыты с различными составами смесей и определены прочностные и водопоглощения полученных изделий по (ГОСТ 379-2015).

Результаты и обсуждение

Определены зависимости прочностные при сжатии и водопоглощения изделий от состава смеси. Результаты опытов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Зависимость прочностные и водопоглощения изделий от состава испытываемой смеси

| Опыты № | Компоненты, масс. % | | | | | | Прочность на сжатие, МПа | Водопоглощение, в % |
|---------|---------------------|-----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------|---------------|--------------------------|---------------------|
| | отходы туфа | цементная пыль от электрофильтров | кварцевый песок на основе кварцита | Na ₂ SiF ₆ | вода | жидкое стекло | | |
| 1 | 83,7 | - | - | - | - | 16,3 | 14,0 | 100 |
| 2 | 58,8 | 14,7 | - | 1,1 | 11,1 | 14,3 | 7,0 | 80 |
| 3 | 29,4 | 14,7 | 29,4 | 1,1 | 11,1 | 14,3 | 8,5 | 23 |
| 4 | 29,4 | 44,1 | - | 1,1 | 11,1 | 14,3 | 12,0 | 22 |
| 5 | 32,1 | 25,6 | 6,4 | 1,3 | 9,6 | 25,0 | 13,5 | 18 |
| 6 | 26,5 | 26,5 | 13,2 | 1,3 | 6,7 | 25,8 | 17,1 | 13 |

Изделия, полученные только на основе туфа (опыт № 1), не выдержали испытание на водостойкость. Несмотря на высокую прочность, полностью разрушились в воде. Наилучший показатель прочностные на сжатие был получен для состава в опыте № 6, на основе которого был выбран исходный состав смеси и был разработан способ получения изделия.

По данной технологии (отходы туфа + цементная пыль из эл. фильтров) являлась исходной смесью, в которой весовое соотношение (отходы туфа : цементная пыль = 1:1). Для уменьшения водопоглощения в смесь добавляли кварцевый песок, который составлял 13,2 % от веса исходной смеси. Для ускорения твердения смеси добавляли кремнефтористый натрий в количестве 1,3 % от веса общей смеси. Затем, после тщательного перемешивания, увлажняли и доводили влажность смеси до 6...7 %. Увлажненную смесь заправляли 2-х модульным жидким стеклом в количестве 25,8 % от веса смеси и после перемешивания методом трамбования полученную однородную массу формовали в форме 4x4x16. После суточного твердения, изделия помещали в сушильный шкаф и при температуре 200 °C выдерживали в течение 2 часов. Прочность изделия при сжатии после 14 суточного твердения в неотапливаемом помещении составила 17,1 МПа, водопоглощение – 13 %, плотность – 1,83 г/см³.

Заключение

Результатом проведенных исследований является способ получения строительных материалов с целью утилизации карьерных и промышленных отходов. Разработан способ получения строительных материалов типа перегородочных плит и предложен соответствующий состав компонентов. С целью частичной замены кварцевого песка были использованы отходы туфа Арктикского месторождения с высоким содержанием SiO_2 . Из промышленных отходов в качестве вяжущего и пластификатора использовалась цементная пыль, уловленная электрофильтрами Араратского цементного завода. Способ получения изделий, соответствующих ГОСТ-у 379-2015, является перспективным для изготовления стеновых материалов, которые могут быть использованы также в качестве межкомнатных квартирных перегородок. Утилизация отходов производства способствует улучшению экологии окружающей среды.

Список литературы

- [1] Справочник по строительным материалам Армянской ССР, под общей ред. **А.Г. Назарова**, Изд. АН Арм. ССР Ереван, 1948, 206 с.
- [2] Патент РФ № 1502523, СО4 В 15/06. Сырьевая смесь для изготовления автоклавных силикатных материалов, **С.С. Караханян, А.М. Аракелян, Э.С. Агамян**, Опубл.1989..
- [3] **А.М. Аракелян, Э.С. Агамян, А.Г. Амбарцумян**, Получение силикатного кирпича из цементной пыли. Международная научно-техническая конференция «Наука и технология строительных материалов: состояние и перспективы развития», Белорусский государственный технологический университет, Минск, 2004г., с. 198-200.
- [4] **М.З. Симонов**, Основы технологии легких бетонов, Стройиздат, Москва, 1973, 584 с.
- [5] **М.Ю. Овсюков, А.А. Сухов, Т.А. Хежев**, Технология фибропенобетонов с применением отходов пиления вулканического туфа, Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки 1 (36) (2015) 107-113.
- [6] **С.А. Сагарунян, Э.М. Назарян, А.Г. Арустамян, Э.С. Агамян, А.С. Сагарунян**, Исследование процессов и разработка технологии комплексной переработки алюминийсодержащих туфов, V Межд. конференция по химии и химической технологии, ИОНХ НАН РА, Сборник тезисов, Ереван, 2017г., с.144-145.
- [7] **N.V. Gurgyan, A.E. Grigoryan, M.F. Kostandyan, A.V. Martirosyan, N.K. Vardanyan and I.B. Khachanova**, Preparation of building materials from waste aluminosilicate rocks, Theoretical Foundations of Chemical Engineering 57(4) (2023) 698-703.

- [8] **А.М. Аракелян, С.С. Караханян, Э.С. Агамян**, Получение силикатного кирпича из цементной пыли, Комплексное использование минерального сырья, Алма-Ата, 1984, с. 55-57.
- [9] Патент РФ № 1300008, СО4 В 28/18. Вяжущее автоклавного твердения, **С.С. Караханян, А.М. Аракелян, Э.С. Агамян, А.Г. Арустамян и З.С. Куладжян**, Опубл.1986.
- [10] **А.М. Аракелян, Э.С. Агамян, А.Г. Арустамян, И.М. Макарян, Э.М. Назарян**, Способ получения автоклавных строительных материалов на основе пустынных песков и отходов промышленности, Вестник НПУ РА, Химические и природоохранные технологии 2(2013) 39-45.
- [11] **Н.В. Шальнева, О.В. Огейкина**, Определение силикатного модуля жидкого стекла, Тюменский индустриальный университет, Тюмень, 2016, 20 с.

**ՀԱՆՔԵՐԻ ԵՎ ԱՐՏԱԴՐԱԿԱՆ ԹԱՓՈՆՆԵՐԻՑ ՄԻՋՆԱՊԱՏԱՅԻՆ
ՍԱԼԻԿՆԵՐԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿԻ ՄՇԱԿՈՒՄ**

Էդիտա Մուշեղի Նազարյան, Ալեքսանդր Միքայելի Առաքելյան, Նիկոլայ Բաբկենի Կնյազյան,
Էլլադա Սմբատի Աղամյան, Հասմիկ Արտաշեսի Հակոբյան, Աննետա Գեորգիի Առուստամյան
*ՀՀ ԳԱԱ Մանվելյանի անվան «Ընդհանուր և անօրգանական քիմիայի ինստիտուտ», ք. Երևան, ՀՀ
ionx@sci.am*

Մշակված է շինանյութերի՝ միջնապատային սալիկների ստացման եղանակ, որի նպատակն է հանքերի և արտադրական թափոնների օգտահանումը: Լավագույն հանքի թափոն է հանդիսանում Արթիկի հանքավայրի տուֆը SiO_2 -ի բարձր պարունակությամբ, իսկ արտադրական թափոններից, որպես կապակցող և պլաստիկարար՝ էլեկտրագտիչներով կլանված ցեմենտի փոշին: Լրացուցիչ, որպես կապակցող օգտագործվել է երկմոդուլային հեղուկ ապակի, իսկ որպես կարծրացնող՝ նատրիումի ֆտորասիլիկատ: Որոշվել է նաև խառնուրդի բաղադրությունը, որից ստացվել են միջնապատային սալիկներ: Ստացված արտադրատեսակի սեղմման ամրությունը 14 օր պահելուց հետո կազմել է 17,1 ՄՊա, ջրակլանումը՝ 13 %, խտությունը՝ 1,83 գ/սմ³:

Բանալի բառեր. *ցեմենտի փոշի, տուֆ, հեղուկ ապակի, թափոն, ամրություն*

**DEVELOPMENT OF A METHOD FOR OBTAINING BUILDING MATERIALS SUCH AS
PARTITION PLATES BASED ON QUARRY AND INDUSTRIAL WASTE AND DETERMINING
THEIR COMPOSITION**

**Edita Nazaryan, Alexander Arakelyan, Nikolay Knyazyan, Ellada Agamyan,
Hasmik Hakobyan, Annetta Arustamyan**

*Institute of General and Inorganic Chemistry after M.G. Manvelyan, Yerevan, RA
ionx@sci.am*

A method has been developed to obtain building materials such as partition slabs for the purpose of utilization of quarry and industrial waste. The best quarry waste with a high content of SiO_2 is tuff from the Artik deposit. As a binding agent and plasticizer derived from industrial waste was used cement dust from

electrostatic precipitators. In addition, two-module liquid glass was used as a binder. Sodium fluorosilicate was used as a hardener. The composition of the mixture used to fabricate the partition slabs has been determined. The compressive strength of the product after 14 days of hardening was 17,1 MPa, water absorption – 13 %, density – 1,83 g/cm³.

Keywords: cement dust, tuff, liquid glass, waste, strength

Նազարյան Էդիտա Մուշեղի, ք.գ.թ. (ՀՀ, ք. Երևան) – ՀՀ ԳԱԱ Մանվելյանի անվան Ընդհանուր և անօրգանական քիմիայի ինստիտուտ, լաբորատորիայի վարիչ, (+374)10238757, (+374)91855646, editanazaryan50@gmail.com, **Առաքելյան Ալեքսանդր Միքայելի** (ՀՀ, ք. Երևան) – ՀՀ ԳԱԱ Մանվելյանի անվան Ընդհանուր և անօրգանական քիմիայի ինստիտուտ, գիտաշխատող, (+374)10350334, (+374)93729912, aleksandrarakelyan@gmail.com, **Գնյազյան Նիկոլայ Բարկենի, տ.գ.դ., պրոֆեսոր** (ՀՀ, ք. Երևան) – ՀՀ ԳԱԱ Մանվելյանի անվան Ընդհանուր և անօրգանական քիմիայի ինստիտուտ, փոխտնօրեն, (+374)10223119, (+374)091359110, kingo51@mail.ru, **Աղամյան Էլլադա Սմբատի** (ՀՀ, ք. Երևան) – ՀՀ ԳԱԱ Մանվելյանի անվան Ընդհանուր և անօրգանական քիմիայի ինստիտուտ, գիտաշխատող, (+374)10350334, (+374)93837194, eladaaghanyan@gmail.com, **Հակոբյան Հասմիկ Արտաշեսի** (ՀՀ, ք. Երևան) – ՀՀ ԳԱԱ Մանվելյանի անվան Ընդհանուր և անօրգանական քիմիայի ինստիտուտ, կրտսեր գիտաշխատող, (+374)10622902, (+374)91252035, hakobyan5252@gmail.com, **Առուստամյան Աննետա Գեորգիի** (ՀՀ, ք. Երևան) – ՀՀ ԳԱԱ Մանվելյանի անվան Ընդհանուր և անօրգանական քիմիայի ինստիտուտ, գիտաշխատող, (+374)10646178, (+374)91646178, arustamyanyan1946@mail.ru

Назарян Эдита Мушеговна, к.х.н (РА, г. Ереван) - Институт общей и неорганической химии им. Манвеляна НАН РА, зав. лаб., (+374)010238757, (+374) 91855646, editanazaryan50@gmail.com, **Аракелян Александр Михайлович (РА, г. Ереван)** - Институт общей и неорганической химии им. Манвеляна НАН РА, научный сотрудник, (+374)10350334, (+374)93729912, aleksandrarakelyan@gmail.com, **Князян Николай Бабкенович, д.т.н., профессор (РА, г. Ереван)** - Институт общей и неорганической химии им. Манвеляна НАН РА, замдиректор, (+374)10223119, (+374)91359110, kingo51@mail.ru, **Агамян Эллада Смбаговна (РА, г. Ереван)** - Институт общей и неорганической химии им. Манвеляна НАН РА, научный сотрудник (+374)10350334, (+374)93837194, eladaaghanyan@gmail.com, **Акопян Асмик Арташесовна (РА, г. Ереван)** - Институт общей и неорганической химии им. Манвеляна НАН РА, мл. научный сотрудник, (+374)10622902, (+374)91252035, hakobyan5252@gmail.com, **Арустамян Аннета Георгиевна (РА, г. Ереван)** - Институт общей и неорганической химии им. Манвеляна НАН РА, научный сотрудник, (+374)10646178, (+374)91646178, arustamyanyan1946@mail.ru

Nazaryan Edita doctor of philosoph (Ph.D) in Chemistry (RA, Yerevan) - Institute of General and Inorganic Chemistry after M.G. Manvelyan, NAS RA, Head of lab. (+374)10238757, (+374)91855646, editanazaryan50@gmail.com, **Arakelyan Alexandr (RA, Yerevan)** - Institute of General and Inorganic Chemistry after M.G. Manvelyan, NAS RA, Researcher, (+374)10350334, (+374)93729912, aleksandrarakelyan@gmail.com, **Knyazyan Nikolay, doctor of science (engineering), Professor (RA, Yerevan)** - Institute of General and Inorganic Chemistry after M.G. Manvelyan, NAS RA, Vice Director, (+374)10223119, (+374)91359110, kingo51@mail.ru, **Agamyanyan Ellada (RA, Yerevan)** - Institute of General and Inorganic Chemistry after M.G. Manvelyan, NAS RA, Researcher, (+374)10350334, (+374)93837194, eladaaghanyan@gmail.com, **Hakobyan Hasmik (RA, Yerevan)** - Institute of General and Inorganic Chemistry after M.G. Manvelyan, NAS RA, Researcher, (+374)10622902, (+374)91252035, hakobyan5252@gmail.com, **Arustamyanyan Anneta (RA, Yerevan)** - Institute of General and Inorganic Chemistry after M.G. Manvelyan, NAS RA, Researcher, (+374)10646178, (+374)91646178, arustamyanyan1946@mail.ru

Ներկայացվել է՝ 27.02.2024թ.

Գրախոսվել է՝ 22.03.2024թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 30.04.2024թ.