

ТЕХНОГЕННЫЕ ОТХОДЫ КАК СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.М. Сафарян, Т.М. Саркисян, Т.А. Пайтян

Национальный университет архитектуры и строительства Армении

Проведены исследования по разработке портландцементных сырьевых смесей с использованием различных попутных и отвальных продуктов. В качестве сырьевых компонентов выбраны: известняки-отходы камнедобычи и камнеобработки Ванкасарского карьера Нагорно-Карабахской Республики (НКР); отвальные “хвосты” Дрмбоновской флотационной обогатительной фабрики сульфидной медной руды НКР; “хвосты” обогащения углей Магавузского месторождения НКР. Показано, что вспучивание обсидиана позволит получить сверхлегкий крупный заполнитель и тем самым решить экологические вопросы - утилизировать отходы производства щебня, песков из литоидной пемзы и перлитов.

Ключевые слова: минеральное сырье, попутный, отвальный, отход, портландцемент, обсидиан, вспучивание, легкий, бетон, теплозащита.

Введение. По мере выработки минерального сырья с высоким содержанием полезных компонентов промышленность вынужденно переходит на использование бедного и нетрадиционного сырья. При этом потоки попутных и отвальных продуктов возрастают в геометрической прогрессии, поэтому полное их использование является важной экономической и экологической задачей. Комплексное использование минерального сырья предполагает не только извлечение ценных компонентов, но и разработку и внедрение в промышленность энергосберегающих технологий, а также переработку попутных и отвальных продуктов.

Поскольку крупнейшим потребителем нерудного сырья и большей части образующихся попутных и отвальных продуктов является фактически только строительная отрасль, то эти продукты могут стать техногенным сырьем для производства строительных материалов.

Техногенное сырье более энергонасыщенно по сравнению с природным и традиционным сырьем, так как при получении основного продукта оно проходит механическую, химическую, термическую и другие обработки. Использование такого сырья может привести к снижению энергозатрат, а значит, и себестоимости производимых строительных материалов.

Принципы и особенности переработки техногенного сырья, а также реализации технологий по получению из них строительных материалов требуют научно обоснованных решений.

В строительной отрасли наиболее ресурсоемким является производство цемента, в связи с чем нами проводились исследования по разработке портландцементных сырьевых смесей с использованием различных попутных и отвальных продуктов [1,2]. В качестве сырьевых компонентов были выбраны: известняки - отходы камнедобычи и камнеобработки Ванкасарского карьера НКР (Нагорно-Карабахской Республики); отвальные “хвосты” флотационной обогатительной фабрики (ОФ) сульфидной медной руды у с. Дрмбон в НКР; “хвосты” обогащения углей Магавузского месторождения НКР.

Методы исследования. Были проведены химический и дифференциально-термический (ДТА) анализы сырья [3,4]. Химический состав известняка, % (вес.): SiO_2 - 0,72...0,75; Al_2O_3 - 0,64...0,66; CaO - 54,7...55,1; Fe_2O_3 - 0,10...0,14; п.п.п.+вл. - 4,57...4,60. Результаты ДТА представлены на рис. 1.

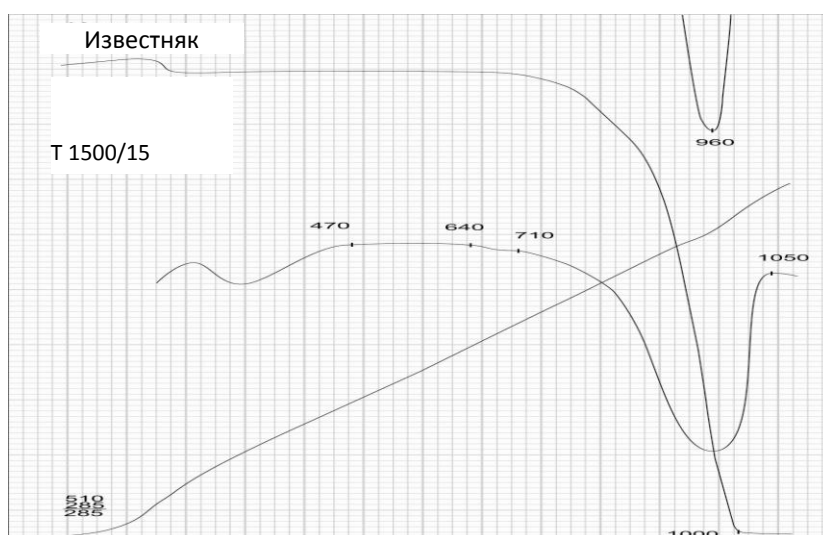


Рис. 1. Дифференциально-термический анализ известняка

Лежалые “хвосты” флотационной ОФ имеют следующий силикатный состав, % (вес.): SiO_2 -70...72; Al_2O_3 -6,1...6,3; CaO - 2,78...2,8; MgO -0,9...0,92; Fe_2O_3 -10,80...10,84; п.п.п.+вл.-7,86...7,90. Результаты ДТА “хвостов” Дрмбоновской ОФ представлены на рис. 2.

Химический состав “хвостов” обогащения углей (ХОУ), % (вес.): SiO_2 - 17,1...17,24; Al_2O_3 - 18,3...18,39; CaO - 2,38...2,42; MgO -2,3...2,5; Fe_2O_3 - 4,80...5,1; TiO_2 - 0,99...1,0; MnO - 0,044...0,046; K_2O - 3,8...4,0; Na_2O - 0,7...0,9;

P_2O_5 -0,29...0,31; SO_3 -1,9...2,1; п.п.п. – 17,2...17,4, их калорийность 2000...3000 ккал/кг, содержание Сорг -27,75...28,52%. На рис. 3 приведены результаты ДТА золы “хвостов” обогащения углей.

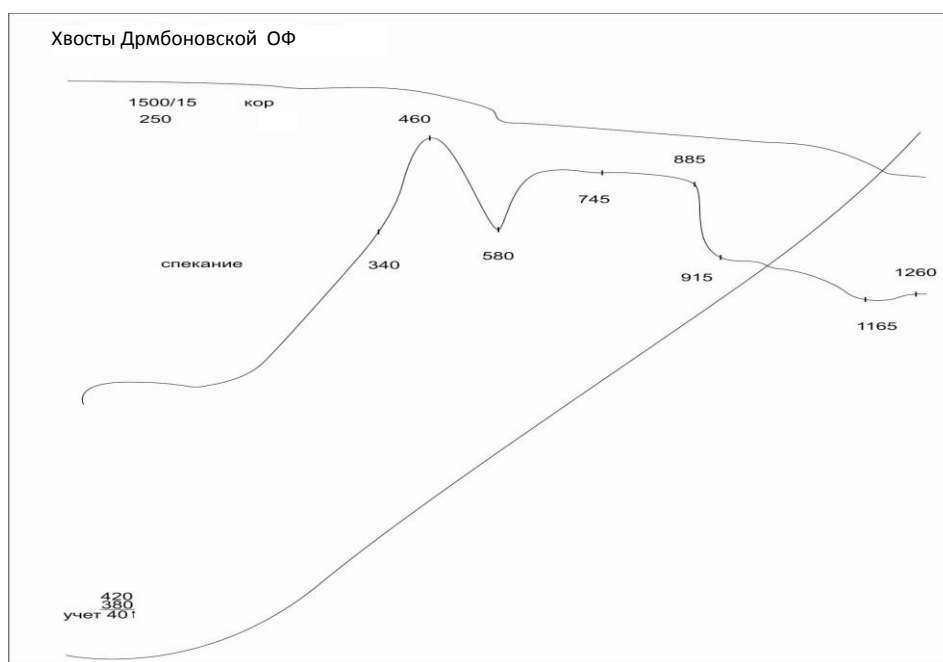


Рис. 2. Дифференциально-термический анализ “хвостов” обогащения Дрмбоновской ОФ

Внесение углеродсодержащего компонента в состав сырьевой шихты способствует повышению её энергетического потенциала, снижению расхода технологического топлива на обжиг клинкера, что, в свою очередь, позволит повысить реакционную способность сырья, а значит, и интенсифицировать процессы минералообразования в клинкерах и улучшить активность цементов. Выгорание углистых частиц при обжиге клинкера будет способствовать формированию пористых гранул и снизит затраты на их помол.

Производство цемента связано с большими энергетическими затратами, вызванными необходимостью помола и смешивания сырьевых компонентов, высокотемпературным обжигом и помолом клинкера. В себестоимости цемента удельный вес энергетических затрат достигает 30...40%. Одним из основных направлений развития цементной промышленности является снижение энергозатрат на производство клинкера путем применения различных технологических и топливосодержащих отходов.

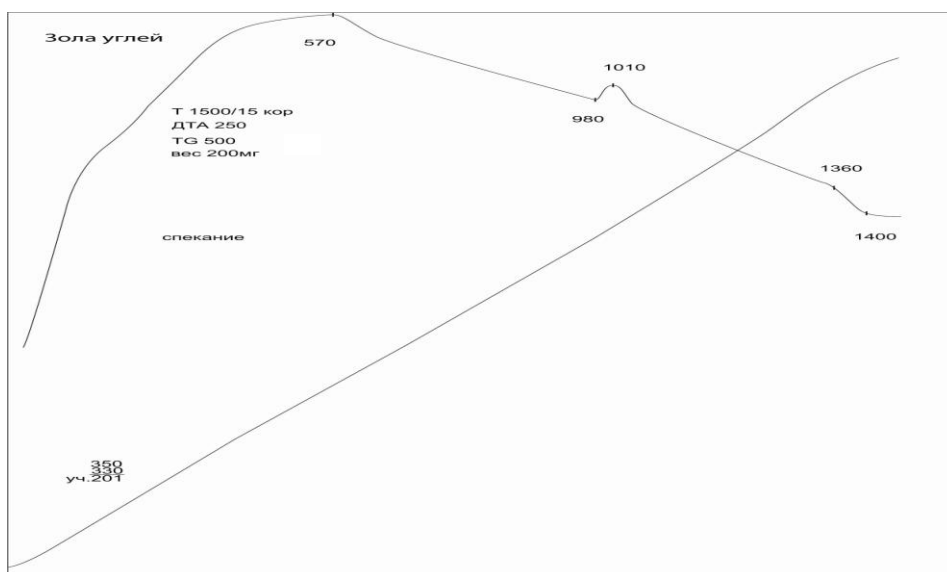


Рис. 3. Дифференциально-термический анализ золы “хвостов” обогащения углей

На основе проведенных исследований был рассчитан состав сырьевой смеси (шихты), который имел следующее содержание (в весовых частях): известняк – 78,5; хвосты обогащения углей – 22,45; “хвосты” Дрмбоновской ОФ – 9,5. Были рассчитаны: коэффициент насыщения, который равнялся 0,91; силикатный модуль (n) - 2,38; глиноземный (р) - 1,4, а также рассчитан минералогический состав цементного клинкера (%): 3CaO SiO_2 (C_3S) – 61,76; 2CaO SiO_2 (C_2S) – 17,34; $3\text{CaO Al}_2\text{O}_3$ (C_3A) – 7,83; $4\text{CaO Al}_2\text{O}_3 \text{Fe}_2\text{O}_3$ (C_4AF) – 11,84. На рис. 4 представлены результаты ДТА сырьевой смеси (шихты).

Результаты исследования и их обсуждение. Из результатов ДТА сырьевой смеси (рис. 4) следует, что потери веса образца практически заканчиваются при температуре 1050°C , т.е. после разложения известняка и образования CaO . В температурном интервале $1250\text{...}1500^\circ\text{C}$ наблюдается несколько эвтектик в системе $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$, таким образом, клинкерообразование начинается уже с температуры 1250°C .

Дальнейшие эксперименты показали, что при температуре 1300°C получается цементный клинкер, близкий по своему минералогическому составу к расчетному (согласно рентгенофазовым анализам). Таким образом, из разработанной сырьевой смеси возможно получение нормального цементного клинкера при температуре 1300°C , что значительно снизит энергетические затраты.

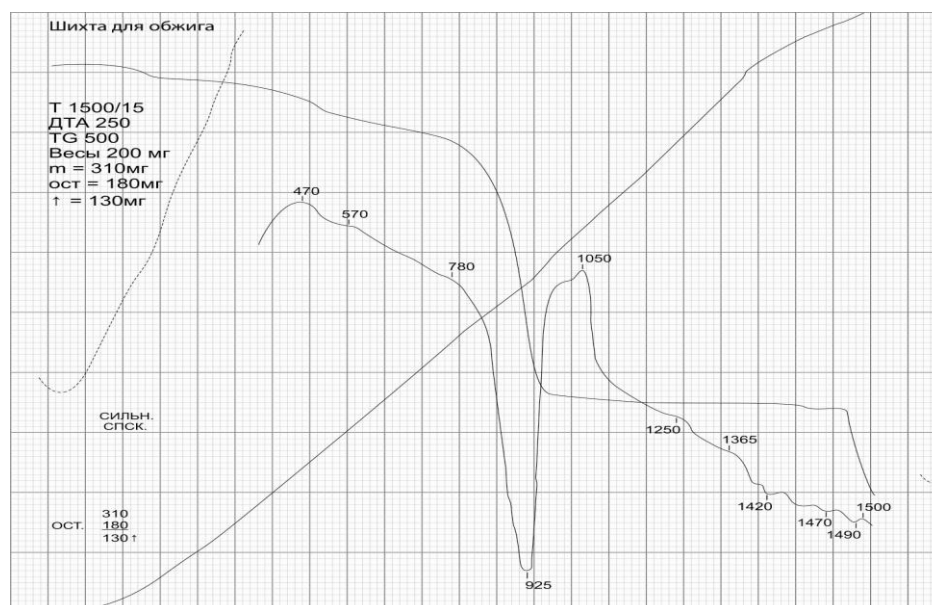


Рис. 4. Дифференциально-термический анализ сырьевой смеси (шихты)

Другим техногенным сырьем является обсидиан, который можно использовать для получения сверхлегкого крупного заполнителя.

К естественным заполнителям относятся пористые вулканические материалы: шлаки, туфы, пемзы, перлиты и т.д.

Одним из условий обеспечения стойкости легкого бетона является гомогенность, которая достигается максимальной однородностью фазово-структурных, петрографических и физико-механических показателей используемого заполнителя. При использовании вулканических шлаков и туфов эти условия обеспечиваются благодаря однородности месторождения. Качество же щебня, песков литоидной пемзы и перлита зависит от количества обсидиана в них.

Эти породы, несмотря на то, что объединены в единую группу вулкаников кислого состава, отличаются друг от друга структурно-текстурными показателями, пористостью, содержанием воды и физико-механическими показателями, т.е. они разномодульны. С увеличением количества обсидиана в щебнях и песках снижается конечная прочность бетонов. В связи с этим при производстве щебня, песков из литоидной пемзы и перлитов целесообразно производить сепарацию и отделение обсидиана. При этом сепарированный обсидиан превращается в отходы производства. Вспучивание [5] обсидиана позволит получить сверхлегкий крупный заполнитель и тем самым решить экологические вопросы - утилизировать отходы производства.

Вспучивание обсидиана фракций 5...20 мм происходит при температуре 1050...1150⁰С в течение 3...10 мин, при этом получается легкий пористый материал со средней плотностью 180...350 кг/м³. При исследовании физико-механических свойств вспученного обсидиана (рис. 5) было выявлено, что прочность на сжатие составляет 4,5...9,9 МПа, пористость находится в пределах 80...89% (рис. 6), водопоглощение составляет 10,8...15,5 % (вес.).



Рис. 5. Различные фракции вспученного обсидиана

Результаты исследований по морозостойкости показали, что вспученный обсидиан после 15 циклов теряет в весе всего 2,0...3,4%. Это связано с тем, что при водонасыщении вспученного обсидиана в порах и капиллярах воздух полностью не вытесняется, и при замораживании у образующихся кристалликов льда есть пространство для роста, при этом они оказывают меньшее давление на перегородки пор.

Показано также, что для легких бетонов [6] на основе сверхлегкого крупного заполнителя (полученного вспучиванием обсидиана) предельная крупность частиц составляет 20 мм, при этом бетон получается более однородным по сравнению с бетонами, в которых используются более крупные частицы. При использовании заполнителя с резко отличающейся крупностью частиц получают бетоны с меньшей средней плотностью и расходом цемента.

Регулируя степень межзерновой пустотности, возможно получение легких бетонов на основе вспученного обсидиана с определенной прочностью и средней плотностью. Более прочные легкие бетоны можно получать за счет увеличения доли мелких фракций заполнителя, однако при этом увеличивается средняя плотность бетона. Выявлено, что более прочные бетоны получаются

при расходе цемента 350...380 кг. В зависимости от средней плотности легкого бетона 400..1350 кг/м³ прочность на сжатие составляет 0,2...16,9 МПа.

Анализ современных тенденций в мировой практике строительства показывает, что в настоящее время одним из основных направлений современной технической политики в области строительства является сбережение ресурсов и энергии. В комплексе мер по ресурсосбережению большое значение имеет поиск новых эффективных и дешевых теплоизоляционных материалов для теплозащиты несущих стен зданий. Уровень тепловой защиты здания должен быть максимально возможным, а уровень энергопотребления - соответственно минимальным. Кроме того, должны быть обеспечены требуемые современными нормами пределы огнестойкости конструкций и пожаробезопасность здания.

В связи с увеличением нормативов теплосопротивления наружных стен возникает необходимость получения новых материалов с низкой теплопроводностью, поскольку в противном случае, для удовлетворения требований современных термотехнических норм при использовании существующих материалов толщина стен выходит за разумные пределы и может достигнуть 0,75...1,0 м, а это, в свою очередь, ведет к увеличению веса сооружений.

Значительный расход тепловой энергии на обогрев жилых зданий вызывает поиск решений на его уменьшение. Одним из путей снижения расхода тепловой энергии является теплозащита жилого здания. Наибольшие теплопотери (до 30%) приходятся на ограждающие стены. В этих условиях альтернативы теплоизоляции зданий нет. Весь вопрос стоит в применении эффективных теплоизоляционных материалов и эффективных конструктивных решений устройства теплоизоляции.

В строительной индустрии резко возрос спрос на экологически чистые, негорючие, высокотехнологические, теплоизоляционные материалы. В связи с этим были проведены исследования по использованию обсидиана - техногенного отхода производства - в качестве исходного сырья. Были получены легкие монолитные изделия (рис. 6) с улучшенными характеристиками по теплостойкости и теплосопротивляемости, имеющие среднюю плотность 180...200 кг/м³, прочность 1,2...1,5 МПа, морозостойкость 25 циклов, после которых прочность составляет 1,0...1,3 МПа, теплостойкость 800...850⁰С и теплосопротивляемость 600...650⁰С. На приборе ИТП-МГУ были определены коэффициенты теплопроводности, которые показали, что в интервале температур 20...60⁰С коэффициент теплопроводности изменяется на 0,002 Вт/мК, т.е. с 0,044 до 0,046 Вт/мК. Следовательно, полученные монолитные блоки можно успешно использовать в качестве теплоизоляционных

материалов, что позволит им сохранить в свои свойства за все время эксплуатации сооружений.



Рис. 6. Легкие монолитные изделия из вспученного обсидиана

Заключение. Таким образом, техногенные отходы являются полноценным сырьем для производства различных строительных материалов. Их вовлечение в производственный оборот позволит сэкономить минеральное сырье, энергоресурсы и решить экологические вопросы данного региона.

Լիտերատուրա

1. **Бернштейн В.Л., Дегтярь Е.В., Кriuлин В.Н., Деменко В.В.** Теоретические аспекты использования техногенных материалов в составе портландцементной сырьевой смеси // Цемент-инновация.- Харьков, 1998.- №1.– С. 18-21.
2. **Пьячев В.А., Капустин Ф.Л.** Производство и свойства клинкерных цементов. - Екатеринбург, 2008. - 384 с.
3. **Волконский В.В., Макаше С.Д., Штейерт Н.П.** Технологические, физико-механические и физико-химические исследования цементных минералов. – Л.: Изд-во лит. по строительству, 1972. – 304 с.
4. **Юинг Г.** Инструментальные методы химического анализа. – М.: Мир, 1989. – 304 с.
5. **Роговой М.И.** Технология искусственных пористых заполнителей и керамики. – М.: Стройиздат, 1974. – 375 с.
6. **Симонов М.З.** Основы технологии легких бетонов. – М.: Стройиздат, 1973. – 584 с.

*Поступила в редакцию 22.06.2015.
Принята к опубликованию 22.04.2016.*

ՏԵԽՆԱԾԻՆ ԹԱՓՈՆՆԵՐԸ ՈՐՊԵՍ ՀՈՒՄՔ ՇԻՆԱՐԱՐԱԿԱՆ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ԱՐՏԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՄԱՐ

Ա.Մ. Սաֆարյան, Թ.Մ. Սարգսյան, Տ.Ա. Փայտյան

Կատարվել են պորտլանդցեմենտի հումքային խառնուրդների մշակման հետազոտություններ՝ զանազան պատահական և թափոնակույտային արտադրանքների օգտագործմամբ: Ցույց է տրված, որ որպես հումքային բաղադրիչներ ընտրված են Լեռնային Ղարաբաղի Հանրապետության (ԼՂՀ) Վանքասարի հանքաքարի հայթայթման և մշակման կրաքարային թափոնները, ԼՂՀ սուլֆիդային պղնձի հանքաքարի Դմբոնի ֆլոտացիոն հարստացման գործարանի պղչամբարի «պղչերը», ԼՂՀ Մաղավուզի հանքավայրի ածուխների հարստացման «պղչերը», իսկ օբսիդիանի փքեցումը թույլ կտա ստանալ գերթեթև խոշոր լցանյութ և դրանով լուծել բնապահպանական հարցեր՝ ուտիլացնել խճի, լիթոիդային պեմզայի ավազների և պեռլիտների արտադրության թափոնները:

Առանցքային բաներ. հումքային հումք, պատահական, թափոնակույտային, թափոն, պորտլանդցեմենտ, օբսիդիան, փքեցում, թեթև, բետոն, ջերմապաշտպանություն:

TECHNOGENIC WASTES AS RAW STOCK FOR THE PRODUCTION OF BUILDING MATERIALS

A.M. Safaryan, T.M. Sargsyan, T.A. Paytyan

The development of portland cement raw mixtures by using various fair and dump products are investigated. It is shown that the swelling of obsidian will allow to obtain ultra-light coarse aggregate and thereby solve the environmental issues- waste reclamation of production of crushed stone, sand from lithoidal pumice and perlite. As raw components are selected: limestones-wastes of stone quarrying and working of the Vankasar quarry in Nagorno-Karabakh (RNK); the dump “tails” of the Drnbon of sulphide-copper are flotation-beneficiating plant of RNK and the “tails” of coal beneficiation in Megavuz deposit.

Keywords: mineral, raw materials, fair, dump, waste, portland cement, obsidian, swelling, lightweight, concrete, heat protection.