

ТЕХНОГЕННЫЕ ОТХОДЫ КАК СЫРЬЕВАЯ БАЗА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ

**М.С. Сайдумов, С.-А.Ю. Муртазаев, А.Х. Аласханов,
И.С. Дагин, М.Р. Нахаев**

**Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика
М.Д. Миллионщикова, г. Грозный**

Представлены результаты испытаний вторичных строительных материалов, полученных из техногенного сырья. Исследованы гранулометрический и химический составы вторичных продуктов из техногенного сырья. Проведен анализ местной природной и техногенной сырьевой базы Чеченской Республики. Показаны возможности применения местного природного сырья (щебня из гравия, природного песка, гравия, гипса, цемента и др.) в технологии строительных композиционных материалов. Экспериментально доказаны пригодность и эффективность использования техногенного сырья в технологии бетона и строительного раствора, обоснованные комплексным экономическим и экологическим эффектом его использования в практике строительного материаловедения. Установлено, что с внедрением передовых инноваций в области бетоноведения можно производить конкурентоспособную продукцию, не уступающую зарубежным аналогам.

Ключевые слова: местное сырье, техногенные отходы, утилизация, бетон, строительный раствор, ресурсосбережение, энергосбережение, экология

Man-Made Waste as a Raw Material Base for the Production of Modern Construction Composites

M.S. Saydumov, S.-A.Yu. Murtazaev, A.Kh. Alaskhanov, I.S. Dagin, M.R. Nakhaev

Grozny State Oil Technical University named after Academician M.D. Millionshchikov, 364051 Grozny, Russia

The results of tests of secondary construction materials derived from man-made materials are presented. The granulometric and chemical compositions of secondary products from technogenic raw materials are investigated. The analysis of local natural and man-made raw materials base of the Chechen Republic. The possibilities of using local natural raw materials (crushed stone from gravel, natural sand, gravel, gypsum, cement, etc.) in the technology of building composite materials are shown. The suitability and efficiency of the use of technogenic raw materials in concrete and mortar technology, justified by the complex economic and environmental effect of its use in the practice of building materials science, have been experimentally proved. It has been established that with the introduction of advanced innovations in the field of concrete science it is possible to produce competitive products that are not inferior to foreign analogues.

Keywords: local raw materials, industrial wastes, utilization, concrete, mortar, resource saving, energy saving, ecology

DOI: 10.18412/1816-0395-2019-07-31-35

В настоящее время на фоне возрастающего интереса и актуальности развития ресурсо- и энергосберегающих технологий в промышленности строительных материалов большое внимание уделяется вопросам использования местного природного и техногенного сырья. В первую очередь это касается технологии получения бетона и строительного раствора [1, 2].

Вторичное использование местного техногенного сырья, загрязняющего окружающую среду и занимающую по всей стране огромные территории, пригодные для сельскохозяйственных нужд, позволяет решать ряд технологических, экологических и экономических вопросов [3, 11]. Практически в каждом регионе нашей страны имеются многотоннажные отвалы техногенного сырья различ-

ной природы — отходы деревообрабатывающей промышленности, золошлаковые смеси, отходы строительства, разборки зданий и сооружений и др. [4, 5]. Чеченская Республика в этом вопросе не исключение, здесь за последние десятилетия объемы вторичного сырья увеличились в разы в связи с известными событиями конца 90-х и начала 20-х гг., в результате которых были накоплены твер-



Рис. 1. Строительные отходы разборки зданий и сооружений в виде железобетонного лома

Fig. 1. Construction waste, dismantling of buildings and structures in the form of reinforced concrete scrap

дые отходы сноса аварийных зданий и сооружений, не подлежащих восстановлению.

Известно, что Чеченская Республика необычайно богата самыми разнообразными запасами природного сырья, необходимыми для эффективного развития строительной индустрии в регионе. В горных районах имеются большие залежи сырья для производства цемента (мергели, природный гипс и др.), который с советских времен используется в местном производстве портландцемента марки М500 Д0 ГУП "Чеченцемент" [8, 10].

Эффективно функционируют песчаный карьер в станице Червлёная Шелковского района производительностью 600 тыс. м³/год и Ханкальско-Белгатоевский щебеночный карьер производительностью 700 тыс. м³/год.

Обнаружены также месторождения доломитов, известняков, известняка-ракушечника, стекольных и строительных средних, мелких и очень мелких песков, гипсов и песчаников.

С русла р. Ахк и р. Хулхулау (Веденский район), р. Аргун (Грозненский район) открытым способом добывают песча-

но-гравийные смеси (ПГС) для получения из них щебня из гравия, чистого гравия и песка.

Местное природное сырьё эффективно используют в технологии производства бетона малых и средних классов по прочности на сжатие и других композиционных строительных материалов.

Большой интерес вызывает местное техногенное сырьё. Это, в первую очередь, отходы разборки зданий и сооружений [10] (рис. 1), которые в основном представляют собой бетонный, железобетонный лом и керамический кирпичный бой (ККБ). Процент указанного сырья от общего объема отходов строительства и сноса, как правило, составляет 60 % и более.

Кроме того, в Чеченской Республике в результате многолетней деятельности Грозненских теплоэлектростанций ТЭЦ-1, ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3, работающих на твердом топливе, в большом количестве образованы отходы в виде золошлаковых смесей (ЗШС) (рис. 2), отвалы которых в Заводском районе г. Грозного местами достигают 5–10 м [12–14].

Золошлаковые отходы Грозненских ТЭЦ по своему химическому составу представлены в основном SiO₂ (55,36 %), Al₂O₃ (10,31 %), Fe₂O₃ (5,01 %) и CaO (12,62 %). Потери при прокаливании (п.п.п.) у них довольно высокие (более 9 % по массе) из-за различных органических засоряющих включений в составе ЗШС. Средний химический состав ЗШС представлен в табл. 1.

Золошлаковые смеси могут быть эффективно использованы в мелкозернистых и обычных бетонах, строительных растворах, что подтверждает как отечественный, так и мировой опыт их применения в строительстве [6, 7, 9, 15].

Чеченская Республика также необычайно богата мелкими кварцевыми песками Толстой-Юртовского, Веденского, Дачу-Барзоевского и Беноевского месторождений с моду-



Рис. 2. Общий вид золошлаковых отходов после их обработки (помола) в лабораторных условиях

Fig. 2. General view of ash and slag waste after their processing (grinding) in laboratory conditions

лем крупности $M_k = 0,7+1,3$, которые, согласно ГОСТ 8736-2014 "Песок для строительных работ. Технические условия", относятся к классу очень мелких и тонких песков.

На основании анализа химического состава вторичного сырья (см. табл. 1) можно констатировать совместимость природы данного вторичного продукта с составами цемента и других активных компонентов бетонных композитов, что позволяет их использовать в технологии строительных материалов.

Нами также проведены лабораторные испытания вторичного мелкого и крупного заполнителя из отходов разборки зданий и сооружений (табл. 2, 3). Анализ табл. 2 и 3 подтверждает пригодность данных вторичных заполнителей из техногенного сырья для их использования в технологии получения бетона и строительного раствора. При этом следует отметить, что вторичный заполнитель из бетонного лома пригоден для использования в тяжелых бетонах и растворах, а более легкий вторичный заполнитель из кирпичного боя — в легких композитах для ограждающих конструкций.

Ввиду своей мелкой дисперсности очень мелкие и тонкие пески в настоящее время практически не применяются в строительстве и относятся к категории некондиционного природного сырья. Однако анализ научных публикаций [8–10] показывает, что данное некондиционное сырье в виде очень мелких и тонких песков после механической и механохимической обработки можно использовать в композиционных вяжущих, в штукатурных смесях и т.д. Данное сырье нами исследовано на предмет его использования в качестве минерального наполнителя в бетонных и растворных смесях. Средний химический состав данных песков представлен в табл. 1.

Если помолоть данное техногенное сырье (бетонный лом, кирпичный бой, ЗШС и

Таблица 1. Химический состав продуктов дробления техногенного и некондиционного сырья, предназначенных для использования в качестве минерального наполнителя (МН) для бетона, %

Table 1. The chemical composition of the products of crushing of technogenic and non-conforming raw materials intended for use as a mineral filler (MF) for concrete, %

Компоненты	Вид сырья, из которого образован МН			
	Бетонный лом	ККБ	ЗШС	Кварцевые пески
SiO ₂	52,80	53,68	55,36	81,46
Al ₂ O ₃	5,03	15,28	10,31	6,82
Fe ₂ O ₃	3,33	7,88	5,01	1,94
TiO ₂	0,31	1,65	0,32	0,10
MgO	1,22	1,79	1,44	2,20
CaO	34,52	10,81	12,62	3,92
K ₂ O	1,31	2,60	1,49	–
Na ₂ O	0,51	1,31	1,72	–
SO ₃	0,59	2,52	0,76	0,97
п.п.п.	0,11	0,08	9,12	1,22
Другие неорганические	0,27	2,36	1,85	1,37

мелкие кварцевые пески) в течение 5 мин в лабораторной вибрационной шаровой мельнице типа "МВ-20-ЭКС" с объемом загрузки 5–6 л до получения удельной поверхности 450–600 м²/кг, то повышается эффективность их повторного использования в технологии высокопрочных бетонов в качестве минерального наполнителя. Так, авторы работы [6] экспериментально доказали пригодность данного сырья для его использования в высокопрочных бетонах классов В60–В80.

Получены высококачественные бетонные смеси с сохраняемостью удобоукладываемости около 8–10 ч с комплексным использованием вторичного сырья в виде бетонного лома и кирпичного боя.

Авторами проведены экспериментальные исследования самих бетонов, полученных с использованием вторичного заполнителя из бетонного лома. Расход составляющих компонентов бетонной смеси для контрольного состава был принят следующим: цемент мест-

Таблица 2. Состав и свойства крупного заполнителя из техногенного сырья

Table 2. Composition and properties of coarse aggregate from technogenic raw materials

Показатель	Крупный заполнитель	
	из бетонного лома	из керамического кирпичного боя
Частные/полные остатки, %, на ситах с ячейками размером, мм:		
80	–/–	–/–
40	8,8/8,8	6,8/6,8
20	40,5/49,3	42,9/49,7
10	31,8/81,1	34,5/84,2
5	17,2/98,3	14,5/98,7
менее 5	1,7/100	1,3/100
Содержание зерен пластинчатой и игловатой формы, %	16,2; 15,9; 13,3*	14,2; 13,2; 10,8*
Марка щебня по дробимости в цилиндре	800; 800; 800*	400; 400; 400*
Водопоглощение, %	6,1; 7,2; 8,0*	12,0; 12,8; 13,4*
Плотность насыпная, г/см ³	1,41; 1,36; 1,32*	0,86; 0,85; 0,82*
Содержание пылевидный, глинистых и илистых (ПГИ), %	0,92; 1,1; 1,23*	0,8; 0,9; 1,2*
Содержание глины в комках, %	0,0; 0,0; 0,0*	0,0; 0,0; 0,0*
Пустотность, %	39,3; 40,5; 42,2*	40; 45; 48*

* Через точку с запятой даны значения для заполнителей фракций 20–40, 10–20 и 5–10 мм соответственно.

Таблица 3. Состав и свойства мелкого заполнителя из техногенного сырья

Table 3. Composition and properties of fine aggregate from technogenic raw materials

Показатель	Мелкий заполнитель	
	из бетонного лома	из керамического кирпичного боя
Частные/полные остатки, %, на ситах с ячейками размером, мм:		
5,0	0,0/0,0	0,0/0,0
2,5	18,3/18,3	22,1/22,1
1,25	10,4/28,7	11,9/34,0
0,63	7,10/35,8	15,3/49,3
0,314	25,7/61,5	30,7/80,0
0,16	22,6/84,1	8,0/88,0
< 0,16	15,9/100	12,0/100
Модуль крупности M_k	2,3	2,6
Группа песка по крупности зерен	Средний песок	Крупный песок
Класс песка	Песок II класса	Песок II класса
Форма зерен	Угловатая, шероховатая	Угловатая, шероховатая
Содержание пылевидный, глинистых и илистых (ПГИ), %	1,2	0,2
Содержание глины в комках, %	0,0	0,0
Истинная плотность, кг/м ³	2683	2580
Насыпная плотность, кг/м ³	1420	1170
Пустотность, %	40,7	33,5

Таблица 4. Состав и свойства бетонов на сырьевых материалах различной природы

Table 4. Composition and properties of concrete on raw materials of different nature

№ состава	В/Ц	Расход материалов на 1 м ³ бетона, кг				Марка смеси по осадке конуса, ОК, см	Плотность бетона, кг/см ³	Прочность в возрасте 28 сут, МПа	Примечание
		Щ	П	Ц	В				
1	0,49	1185	605	400	196	П4	2383	37,2	Контрольный состав на традиционных заполнителях
2	0,53	1170	590	400	213	П4	2373	35,9	Состав на вторичных заполнителях

Примечание. Щ – щебень, П – песок, Ц – цемент, В – вода.

ный ГУП "Чеченцемент" М500 Д0 — 400 кг, песок с модулем крупности $M_k = 1,6$ Червленский — 605 кг, щебень Аргунского месторождения фракции 5–20 мм — 1185 кг, при водоцементном соотношении В/Ц = 0,49. Экспериментальные составы с применением вторичных заполнителей проектировались относительно контрольного с заменой традиционных заполнителей. В/Ц экспери-

ментального состава составляло 0,53 (табл. 4).

Анализ таблицы показывает, что при прочих равных условиях бетон на вторичном заполнителе из бетонного лома имеет плотность незначительно ниже плотности контрольного состава. Разница в плотности можно объяснить структурой и характером формы зерен вторичного заполнителя из бетонного ло-

ма, состоящего частично из заполнителя и цементного камня "старого" дробимого бетона.

Также отличительной особенностью данных составов является то, что бетон на вторичных заполнителях характеризуется повышенной водопотребностью, его В/Ц составляет 0,53 (у контрольного состава В/Ц = 0,49). Данное явление также объясняется особенностью вторичного заполнителя из бетонного лома, который характеризуется значительным водопоглощением (около 8 %) в сравнении с традиционным щебнем.

Повышенную водопотребность бетонных смесей на вторичных заполнителях из бетонного лома можно эффективно компенсировать благодаря использованию современных химических добавок — водопонижителей, позволяющих уменьшить значение В/Ц до 0,33 и ниже, что заметно (положительно) сказывается на показателях плотности и прочности строительных композитов.

Таким образом, экспериментально доказаны пригодность и эффективность использования местного природного и техногенного сырья в технологии производства бетона и строительного раствора. Установлено, что республика располагает необходимыми природными и техногенными ресурсами, при рациональном использовании которых с внедрением передовых инноваций в области бетоноведения можно производить конкурентоспособную продукцию, не уступающую зарубежным аналогам, обеспечивающим в регионе новое строительство эффективными композиционно-строительными материалами.

Литература

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. М., АСВ, 2011. 500 с.
2. Баженов Ю.М., Батаев Д.К.-С., Мажиев Х.Н. и др. Мелкозернистые бетоны из вторичного сырья для ремонта и восстановления поврежденных зданий и сооружений. Грозный, ИП "Султанбегова Х.С.", 2011. 342 с.

References

1. Bazhenov Yu.M. Tekhnologiya betona. M., ASV, 2011. 500 с.
2. Bazhenov Yu.M., Bataev D.K.-S., Mazhiev Kh.N. i dr. Melkozernistyete betony iz vtorichnogo syr'ya dlya remonta i vosstanovleniya povrezhdennykh zdaniy i sooruzhenii. Groznyy, IP "Sultanbegova Kh.S.", 2011. 342 с.

3. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Дондуков В.Г. Цементы и добавки для производства высокопрочных бетонов. Строительные материалы. 2017. № 11. С. 4–10.
4. Kuprina A.A., Lesovik V.S., Zagorodnyk L.H., Elis-tratkin M.Y. Anisotropy of materials properties of natural and man-triggered origin. Research Journal of Applied Sciences. 2014. Vol. 9. Iss. 11. P. 816–819.
5. Каприелов С.С., Булгакова Н.Г. Высокопрочный пневмобетон с добавкой микрокремнезема для защитных покрытий. Бетон и железобетон. 1993. № 5. С. 7–8.
6. Лесовик В.С., Муртазаев С-А.Ю., Сайдумов М.С. Строительные композиты на основе отсеков дробления бетонного лома и горных пород. Грозный, МУП "Типография", 2012. 192 с.
7. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.N., Aleksandrovna K.A. The control of building composite structure formation through the use of multi-functional modifiers. Research Journal of Applied Sciences. 2016. 10(12). С. 931–936.
8. Саламанова М.Ш., Муртазаев С-А.Ю., Алиев С.А. и др. Использование отходов разработки вулканического туфа для получения современных бетонных композитов. Экология и промышленность России. 2017. Т. 21. № 4. С. 32–35.
9. Щербань Е.М., Щербань Е.М., Стельмах С.А., Халюшев А.К. и др. Разработка состава пуццоланового цемента на вулканическом туфе. В сб. Строительство. Архитектура. Экономика. Матер. Междунар. форума "Победный май 1945 года": сборник статей. Министерство образования и науки Российской Федерации, Донской государственный технический университет, Профсоюз работников народного образования и науки Российской Федерации. 2018. С. 110–113.
10. Муртазаев С-А.Ю., Хадисов В.Х., Хаджиев М.Р. Использование керамического кирпичного боя и производственного брака кирпича для получения легких керамобетонов. Экология и промышленность России. 2014. № 10. С. 22–25.
11. Удодов С.А. Повторное введение пластификатора как инструмент управления подвижностью бетонной смеси. Сб. научных тр. Кубанского государственного технологического университета. 2015. № 9. С. 175–185.
12. Солдатов А.А., Солдатов А.А., Галыч А.В., Сариев И.В. и др. Опыт использования силиката натрия в качестве вяжущего вещества в производстве строительных материалов. Матер. IV-й ежегодной науч.-практ. конф. Северо-Кавказского федерального университета "Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности". 2016. С. 186–188.
13. Корянова Ю.И., Резанцев Н.Е., Шумилова А.С. Материалы и конструкции, используемые при строительстве высотных зданий – от традиций к новшества. Аллея науки. 2018. Т. 6. № 4 (20). С. 95–99.
14. Murtazaev S.A.Yu., Salamanova M.Sh. Clinker-free binders based on finely dispersed mineral components. Сборник: Ibausil conference proceedings. 2018. С. 707–714.
15. Баженов Ю.М., Фаликман В.Р. Новый век: новые эффективные бетоны и технологии. Строй-Инфо. 2007. № 1–2. С. 289–290.
3. Kaprielov S.S., Sheinfel'd A.V., Dondukov V.G. Tsementy i dobavki dlya proizvodstva vysokoprochnykh betonov. Stroitel'nye materialy. 2017. № 11. S. 4–10.
4. Kuprina A.A., Lesovik V.S., Zagorodnyk L.H., Elis-tratkin M.Y. Anisotropy of materials properties of natural and man-triggered origin. Research Journal of Applied Sciences. 2014. Vol. 9. Iss. 11. P. 816–819.
5. Kaprielov S.S., Bulgakova N.G. Vysokoprochnyi pnevmobeton s dobavkoi mikroremnezema dlya zashchitnykh pokrytii. Beton i zhelezobeton. 1993. № 5. S. 7–8.
6. Lesovik V.C., Murtazaev S-A.Yu., Saidumov M.S. Stroitel'nye kompozity na osnove otsefov drobleniya betonnoogo loma i gornykh porod. Groznyi, MUP "Tipografyia", 2012. 192 s.
7. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.N., Aleksandrovna K.A. The control of building composite structure formation through the use of multi-functional modifiers. Research Journal of Applied Sciences. 2016. 10(12). С. 931–936.
8. Salamanova M.Sh., Murtazaev S-A.Yu., Aliev S.A. i dr. Ispol'zovanie otkhodov razrabotki vulkanicheskogo tufa dlya polucheniya sovremennykh betonnykh kompozitov. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2017. T. 21. № 4. S. 32–35.
9. Shcherban' E.M., Shcherban' E.M., Stel'makh S.A., Khalyushev A.K. i dr. Razrabotka sostava putstsolanovogo tsementa na vulkanicheskom tufe. V sb. Stroitel'stvo. Arkhitektura. Ekonomika. Mater. Mezhdunar. foruma "Pobednyi mai 1945 goda": sbornik statei. Ministerstvo obrazovaniya i nauki Rossiiskoi Federatsii, Donskoi gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, Profsoyuz rabotnikov narodnogo obrazovaniya i nauki Rossiiskoi Federatsii. 2018. S. 110–113.
10. Murtazaev S-A.Yu., Khadisov V.Kh., Khadzhiev M.R. Ispol'zovanie keramicheskogo kirpichnogo boya i proizvodstvennogo braka kirpicha dlya polucheniya legkikh keramobetonov. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2014. № 10. S. 22–25.
11. Udodov S.A. Povtornoe vvedenie plastifikatora kak instrument upravleniya podvizhnost'yu betonnoi smesi. Sb. nauchnykh tr. Kubanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. 2015. № 9. S. 175–185.
12. Soldatov A.A., Soldatov A.A., Galych A.V., Sariev I.V. i dr. Opyt ispol'zovaniya silikata natriya v kachestve vyazhushchego veshchestva v proizvodstve stroitel'nykh materialov. Mater. IV-i ezhegodnoi nauch.-prakt. konf. Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta "Aktual'nye problemy stroitel'stva, transporta, mashinostroeniya i tekhnosfernoi bezopasnosti". 2016. S. 186–188.
13. Koryanova Yu.I., Rezantsev N.E., Shumilova A.S. Materialy i konstruksii, ispol'zuemye pri stroitel'stve vysotnykh zdaniy – ot traditsii k novshestvam. Alleya nauki. 2018. T. 6. № 4 (20). S. 95–99.
14. Murtazaev S.A.Yu., Salamanova M.Sh. Clinker-free binders based on finely dispersed mineral components. Сборник: Ibausil conference proceedings. 2018. С. 707–714.
15. Bazhenov Yu.M., Falikman V.R. Novyi vek: novye effektivnye betony i tekhnologii. Stroi-Info. 2007. № 1–2. S. 289–290.

М.С. Сайдумов – канд. техн. наук, доцент, Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова, 364051 Россия, Чеченская Республика, г. Грозный, проспект им. Х.А. Исаева 100, e-mail: saidumov_m@mail.ru • С.-А.Ю. Муртазаев – д-р техн. наук, зав. кафедрой, e-mail: s.murtazaev@mail.ru • А.Х. Аласханов – канд. техн. наук, доцент, e-mail: alaskhanov@rambler.ru • И.С. Дагин – аспирант, e-mail: dagin90@mail.ru • М.П. Нахаев – канд. техн. наук, доцент, e-mail: mr-nakhaev@mail.ru

M.S. Saydumov – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Grozny State Oil Technical University named after Academician M.D. Millionshchikov, 364051 Russia, Chechen Republic, Grozny, Prospect by name H.A. Isaev 100, e-mail: saidumov_m@mail.ru • S.-A.Y. Murtazaev – Dr. Sci. (Eng.), Head of Department, e-mail: s.murtazaev@mail.ru • A.Kh. Alaskhanov – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, e-mail: alaskhanov@rambler.ru • I.S. Dagin – Post-graduate Student, e-mail: dagin90@mail.ru • M.P. Nakhayev – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, e-mail: mr-nakhaev@mail.ru