

## ЗАВИСИМОСТЬ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕТОНОВ ОТ ВИДА И СООТНОШЕНИЯ ВТОРИЧНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ

© Муртазаев Сайд-Альви Юсупович (а), Сайдумов Магомед Саламувич (b), Хадисов Ваха Хасимагомедович (с), Абуmusлимов Адам Сулиманович (d)

(а) Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук, лаборатория металлов, сплавов и композиционных материалов, г.н.с. Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова, Российская Федерация, г. Грозный; зав. кафедрой «Технология строительного производства», проф., д.т.н., [s.murtazaev@mail.ru](mailto:s.murtazaev@mail.ru)

(b) Академия наук Чеченской Республики, отдел технических наук, в.н.с. Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова, Российская Федерация, г. Грозный; директор научно-технического ЦКП, доцент, к.т.н., [saidumov\\_m@mail.ru](mailto:saidumov_m@mail.ru)

(с) Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова, Российская Федерация, г. Грозный; зав. каф. «ЭУНТГ», к.т.н., [v.hadisov77@mail.ru](mailto:v.hadisov77@mail.ru)

(d) Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова, Российская Федерация, г. Грозный; аспирант каф. «ТСП», [v.hadisov77@mail.ru](mailto:v.hadisov77@mail.ru)

**Аннотация.** В работе представлены результаты испытаний составов бетонных смесей на основе вторичных заполнителей из отходов разборки зданий и сооружений. Приведены полученные зависимости плотности, прочности, теплопроводности бетона и водопотребности бетонных смесей от вида и соотношения вторичных заполнителей различной природы. Доказано, что методами обогащения и оптимизации зерновых составов заполнителей бетона можно управлять основными показателями бетона – плотностью, прочностью, теплопроводностью и т.д.

**Ключевые слова:** техногенное сырье, бетонный лом, кирпичный бой, вторичные заполнители, бетоны, прочность, плотность, обогащение

## DEPENDENCE OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETES ON THE TYPE AND RATIO OF SECONDARY AGGREGATE OF DIFFERENT NATURE

© Murtazaev Said-Alvi Yusupovich (a), Saidumov Magomed Salamuvich (b), Khadisov Vakha Khasimagomedovich (c), Abumuslimov Adam Sulimanovich (d)

(a) Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, laboratory of metals, alloys and composite materials, senior researcher.

Grozny State Oil Technical University by Acad. M.D. Millionshikov, Russian Federation, Grozny; head. department of "Technology of building production", prof., doctor of technical sciences, s.murtazaev@mail.ru

(b) Academy of Sciences of the Chechen Republic, department of technical sciences, senior scientist. Grozny State Oil Technical University by Acad. M.D. Millionshikov, Russian Federation, Grozny; director of the scientific and technical center for collective use, associate professor, Ph.D., saidumov\_m@mail.ru

(c) Grozny State Oil Technical University by Acad. M.D. Millionshikov, Russian Federation, Grozny; head. department "EUNTG", Ph.D., v.hadisov77@mail.ru

(d) Grozny State Oil Technical University by Acad. M.D. Millionshikov, Russian Federation, Grozny; post-graduate student of the department "TSP", v.hadisov77@mail.ru

**Abstract.** The paper presents the results of testing the compositions of concrete mixtures based on secondary aggregates from waste from dismantling buildings and structures. The obtained dependences of density, strength, thermal conductivity of concrete and water demand of concrete mixtures on the type and ratio of secondary aggregates of various nature are given. It has been proven that the methods of concentration and optimization of the grain size composition of concrete aggregates can be used to control the main parameters of concrete - density, strength, thermal conductivity, etc.

**Key words:** technogenic raw materials, concrete scrap, brick breakage, secondary aggregates, concrete, strength, density, beneficiation

В настоящее время очень актуально использование бетона различных классов и марок по удобоукладываемости, плотности и т.д. Так, сегодня в строительстве можно встретить бетоны, начиная от особо лёгких и заканчивая тяжелыми, особо плотными или расширяющимися бетонами. Необходимость применения такого широкого класса или разновидностей бетонов связывают с развитием современной архитектуры, ее уникальностью, а также современными требованиями к возведению зданий и сооружений, в том числе и в регионах с высокой сейсмической активностью [3, 7, 12].

Благодаря разработкам отечественных и зарубежных ученых сегодня стало возможным получение бетонов широкой номенклатуры: самоуплотняющийся, расширяющиеся, высокоплотные, многокомпонентные и т.д. В целом все перечисленные составы считаются многокомпонентными бетонными композитами, поскольку их получают большего числа компонентов в сравнении с традиционно известными бетонами, которые состояли 3-4 компонентов – мелкий, крупный заполнитель, вяжущее вещество и вода [1, 2, 6, 13]. Современные многокомпонентные бетоны помимо вышеперечисленных основных компонентов содержат различные минеральные добавки, модификаторы, пигменты, микроармирующие добавки – фибры, и другое. Несмотря на то, что многокомпонентность состава заметно затрудняет технологию приготовления такой смеси, технологию подбора составов бетона, получения однородной массы и так далее, она позволяет успешно варьировать составами и свойствами будущих композитов – регулировать плотностью, прочностью, расходом вяжущего и т.д.

Существующие технологии успешно позволяют получить самые сложные многокомпонентные составы бетонов различных классов и марок, однако, как правило, их получают с использованием качественных природных материалов [10, 14]. Применение в высококачественных бетонах вторичных материалов - материалов из техногенного сырья, которое очень актуально в современном мире, где вопросы утилизации техногенного сырья обсуждаются на высших кругах, в настоящее время ограничивается сложностью (изначальной загрязненностью) составов такого сырья, его уникальностью, недостаточными исследованиями его структурных особенностей, наличием ограниченной нормативной документации на его применение, присутствием примесей, загрязняющих состав вторичных заполнителей из техногенного сырья.

Известно, что большой интерес для технологии бетона представляют именно твердые строительные отходы, в первую очередь бетонный лом и кирпичный бой [5, 16, 9]. В настоящее время различными учеными разработаны технологии утилизации техногенного сырья, в частности научной школой [8, 16], д-ра техн. наук, профессора Муртазаева Сайд-Альви Юсуповича разработана технология получения вторичных заполнителей и наполнителей из бетонного лома и керамического кирпичного боя, представители которой в лабораторных условиях успешно получили бетонные композиты на их основе.

Несомненно, получение вторичных заполнителей из строительных отходов связано с определенными трудностями - это очищение и подготовка такого уникального вторичного сырья в виде бетонного лома и кирпичного боя, получение качественного вторичного материала из продукта дробления путем его классификации, а технология приготовления бетонных смесей из таких материалов, как правило, связана с особенностью данной вторичного сырья – это повышенная водопотребность, тщательное перемешивание компонентов для гомогенизации смеси и т.д. [4, 11].

Благодаря многочисленным исследованиям и испытаниям, проведенными научной школой Грозненского государственного нефтяного технического университета им. акад. М.Д. Миллионщикова под научным руководством профессора С-А.Ю. Муртазаева, разработана целая линейка составов бетонов с использованием вторичных материалов из бетонного лома и кирпичного боя. Так, с использованием вторичных заполнителей - щебень из бетонного лома, песка из отсевов дробления, микронаполнителя получены составы тяжёлых бетонов, не уступающих бетонам на природном заполнителе, а с использованием заполнителей из керамического кирпичного боя - составы бетонов, относящиеся к легким бетонам – это композиты с плотностью менее  $1800 \text{ кг/м}^3$ , пригодные для производства мелкоштучных стеновых материалов.

Поскольку в строительстве, как правило, необходимо бывает применять бетоны с различной плотностью, прочностью, теплопроводностью и т.д., нами была предпринята попытка оптимизировать составы путем варьирования соотношения вторичного заполнителя из бетонного лома и кирпичного боя, получить зависимости значений выше указанных показателей бетона от вида и соотношения вторичного заполнителя различной природы. Предполагается, что вид и соотношение вторичного заполнителя различной природы будет своеобразно влиять практически на все показатели бетонных смесей и бетонов.

Для получения выше описанных зависимостей нами были проведены исследования в научно-техническом ЦКП «Современные строительные материалы и технологии» ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова.

Основные свойства и составы используемых вторичных заполнителей из бетонного лома и кирпичного боя представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

**Состав и свойства крупного заполнителя из техногенного сырья**

№ п/п	Показатель	Крупный заполнитель из бетонного лома	Крупный заполнитель из керамического кирпичного боя
1.	Частные / полные остатки, %, на ситах с размерами ячеек: - 80 мм - 40 мм - 20 мм - 10 мм - 5 мм - менее 5 мм	-/ 8,8/8,8 40,5/49,3 31,8/81,1 17,2/98,3 1,7/100	-/ 6,8/6,8 42,9/49,7 34,5/84,2 14,5/98,7 1,3/100
2.	Содержание зерен пластинчатой и игловатой формы, %	16,2; 15,9; 13,3*	14,2; 13,2; 10,8*
3.	Марка щебня по дробимости в цилиндре	800; 800; 800*	400; 400; 400*
4.	Водопоглощение, %	6,1; 7,2; 8,0*	12,0; 12,8; 13,4*
5.	Плотность истинная, кг/м <sup>3</sup>	2683	2580
6.	Плотность насыпная, г/см <sup>3</sup>	1,41; 1,36; 1,32*	0,86; 0,85; 0,82*
7.	Содержание пылевидный, глинистых и илистых (ПГИ), %	0,92; 1,1; 1,23*	0,8; 0,9; 1,2*
8.	Содержание глины в комках, %	0,0; 0,0; 0,0*	0,0; 0,0; 0,0*
9.	Пустотность, %	39,3; 40,5; 42,2*	40; 45; 48*

Примечание: \* – Значения даны для заполнителей фракций 20-40 мм; 10-20 мм и 5-10 мм соответственно

Таблица 2

**Состав и свойства мелкого заполнителя из техногенного сырья**

№ п/п	Показатель	Мелкий заполнитель из бетонного лома	Мелкий заполнитель из керамического кирпичного боя
1.	Частные / полные остатки, %, на ситах с размерами ячеек: 5,0 мм 2,5 мм 1,25 мм 0,63 мм 0,314 мм 0,16 мм < 0,16 мм	0,0/0,0 18,3/18,3 10,4/28,7 7,10/35,8 25,7/61,5 22,6/84,1 15,9/100	0,0/0,0 22,1/22,1 11,9/34,0 15,3/49,3 30,7/80,0 8,0/88,0 12,0/100
2.	Модуль крупности $M_k$	2,3	2,6

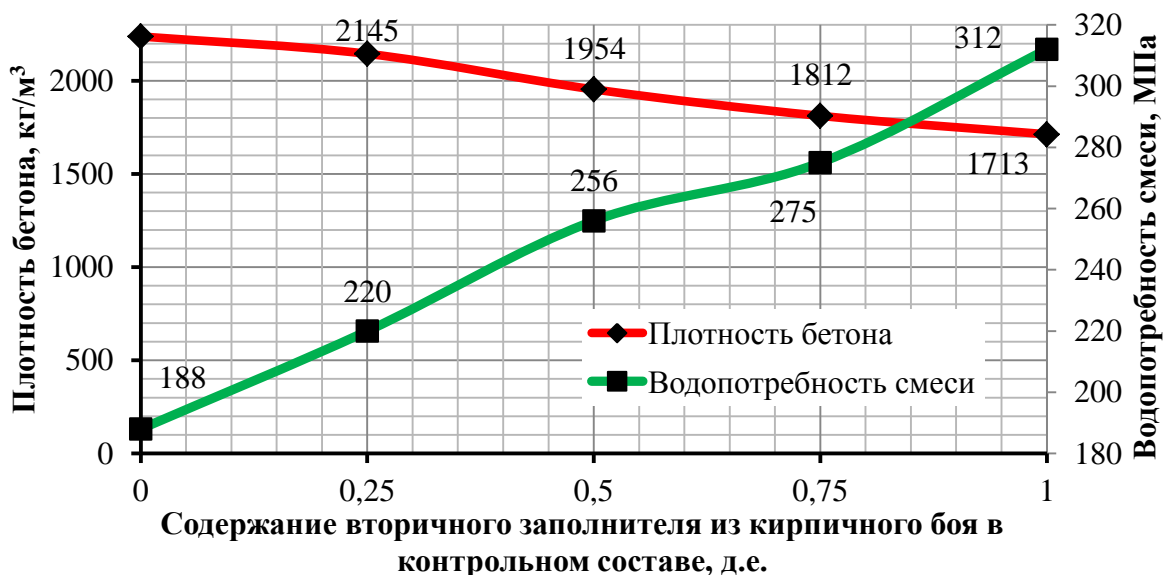
3.	Группа песка по крупности зерен	Средний песок	Крупный песок
4.	Класс песка	Песок II класса	Песок II класса
5.	Форма зерен	Угловатая, шероховатая	Угловатая, шероховатая
6.	Содержание пылевидный, глинистых и илистых (ПГИ), %	1,2	0,2
7.	Содержание глины в комках, %	0,0	0,0
8.	Плотность истинная, кг/м <sup>3</sup>	2683	2580
9.	Плотность насыпная, г/см <sup>3</sup>	1,42	1,17
10.	Пустотность, %	40,7	33,5

В качестве вяжущего использовался портландцемент местного производства – Чеченцемент марки ПЦ М500 Д0.

Исследуемые рецептуры бетонных смесей сравнивались с контрольными составами на основе вторичных материалов из бетонного лома и кирпичного боя.

Химические добавки не применялись, поскольку необходимо было исследовать влияние вида и соотношения вторичного заполнителей на основные свойства бетонной смеси и бетона, то есть на водопотребность, плотность, прочность и т.д. Химические добавки планируется использовать при получении оптимальных составов в дальнейшем для снижения В/Ц, повышения прочности, удобоукладываемости и т.д.

Результаты проведенных исследований представлены на рисунках 1 и 2.



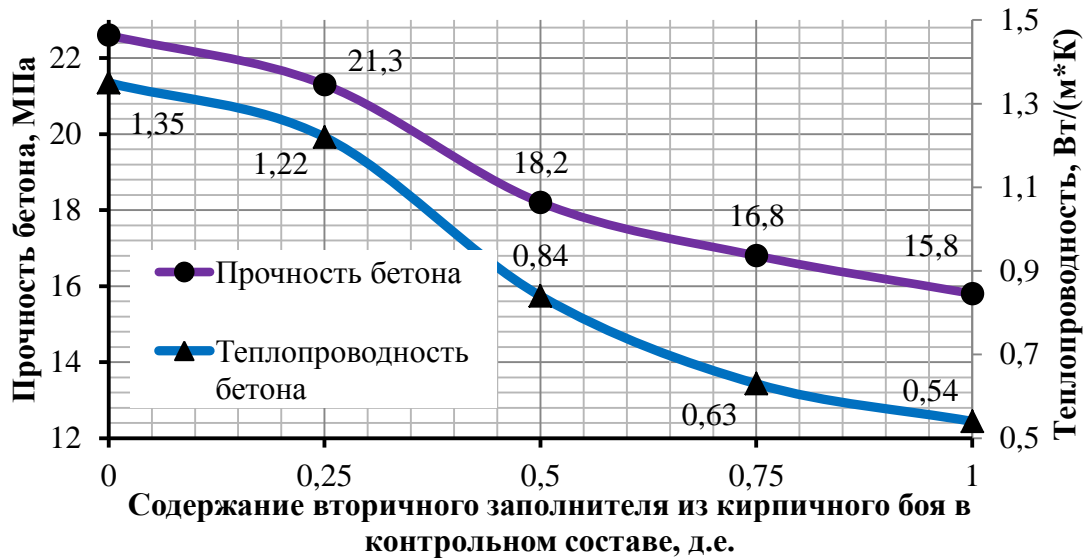
**Рис. 1.** Зависимости плотности бетона и водопотребности смеси от вида и соотношения вторичного заполнителя из бетонного лома и кирпичного боя

Как видно из графика (рисунок 1) составы бетонов на заполнителях из бетонного лома значительно плотнее и тяжелее в сравнении с бетонами на основе керамического кирпичного боя. Это объясняется изначально высокой плотностью самого вторичного заполнителя из бетонного лома в сравнении с кирпичным боем (см. таблицы 1 и 2).

Доказано, что замена вторичного песка и щебня из бетонного лома более легким видом заполнителя из керамического кирпичного боя приводит к значительному

увеличению водопотребности получаемых бетонных смесей, т.е. расход воды в равноподвижных смесях (марка по удобоукладываемости П2) с  $188 \text{ л/м}^3$  увеличивается до  $320 \text{ л/м}^3$ .

Кроме того, такая замена плотного заполнителя более легким керамическим кирпичным боем приводит к заметному снижению теплопроводности получаемого композита (с  $1,35 \text{ Вт/м}^*\text{К}$  до  $0,54 \text{ Вт/м}^*\text{К}$ ). Так, теплопроводность уменьшается с увеличением доли заполнителей из кирпичного боя, что очень важно для материалов, применяемых в ограждающих конструкциях зданий и сооружений (см. рисунок 2).



**Рис. 2.** Зависимости прочности и теплопроводности бетона от вида и соотношения вторичного заполнителя из бетонного лома и кирпичного боя

Однако, с уменьшением в составе доли заполнителя из бетонного лома способствует к заметному уменьшению прочности бетона, поскольку прочность заменяющего (кирпичный бой) заполнителя значительно меньше, чем прочность заменяемого (бетонный лом) компонента. Это естественно и это объясняется различной природной происхождения применяемых вторичных заполнителей.

Анализ полученных данных показывает, что методы оптимизации и обогащения заполнителей, опробованные в данной работе, эффективны и могут применяться в строительстве для получения бетонных композитов необходимых классов и марок. Также указанные приемы позволят получать бетоны нужной консистенции, плотности, прочности, теплопроводности, уменьшить расход вяжущего и увеличивать процент использования техногенного сырья в строительстве.

Таким образом, исследованы составы с заполнителями из отходов разборки зданий и сооружений. Получены зависимости плотности, прочности, теплопроводности бетона и водопотребности бетонных смесей от вида и соотношения вторичных заполнителей различной природы. Доказана эффективность применения методов обогащения вторичных мелких и крупных заполнителей различной природы в технологии бетона.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов, Ю.М. Технология бетона [Текст] / Ю.М. Баженов. М.: АСВ, 2011. 500 с.
2. Баженов, Ю.М. Мелкозернистые бетоны из вторичного сырья для ремонта и восстановления поврежденных зданий и сооружений [Текст]: научное издание / Ю.М. Баженов, Д.К.-С. Батаев, Х.Н. Мажиев [и др.]. Грозный: ИП «Султанбегова Х.С.», 2011. 342 с.
3. Баженов, Ю.М. Новый век: новые эффективные бетоны и технологии [Текст] / Ю.М. Баженов, В.Р. Фаликман // Строй-Инфо, 2007. № 1-2. С. 289-290.
4. Каприелов, С.С. Высокопрочный пневмобетон с добавкой микрокремнезема для защитных покрытий [Текст] / С.С. Каприелов, Н.Г. Булгакова // Бетон и железобетон, 1993. №5. С. 7-8.
5. Каприелов, С.С., Шейнфельд, А.В., Дондуков, В.Г. Цементы и добавки для производства высокопрочных бетонов // Строительные материалы, 2017. № 11. С. 4-10.
6. Корянова, Ю.И., Резанцев, Н.Е., Шумилова, А.С. Материалы и конструкции, используемые при строительстве высотных зданий - от традиций к новшествам // Аллея науки, 2018. Т.6. № 4 (20). С. 95-99.
7. Лесовик, В.С. Строительные композиты на основе отсевов дробления бетонного лома и горных пород [Текст]: научное издание / В.С. Лесовик, С.-А.Ю. Муртазаев, М.С. Сайдумов. Грозный: МУП «Типография», 2012. 192 с.
8. Муртазаев, С.А.Ю. Основные вехи становления и развития грозненской научной школы энерго- и ресурсосбережения в производстве строительных материалов / С.А.Ю. Муртазаев, М.С. Сайдумов, А.Х. Аласханов // в сборнике: Актуальные проблемы современной строительной науки и образования. Материалы всероссийской научно-практической конференции, 2017. С. 15-31.
9. Муртазаев, С.-А.Ю. Использование керамического кирпичного боя и производственного брака кирпича для получения легких керамобетонов / С.-А.Ю. Муртазаев, В.Х. Хадисов, М.Р. Хаджиев // Экология и промышленность России, 2014. № 10. С. 22-25.
10. Саламанова, М.Ш. Использование отходов разработки вулканического туфа для получения современных бетонных композитов / М.Ш. Саламанова, С.-А.Ю. Муртазаев, С.А. Алиев [и др.] // Экология и промышленность России, 2017. Т.21. № 4. С. 32-35.
11. Удодов, С.А. Повторное введение пластификатора как инструмент управления подвижностью бетонной смеси // Сборник научных трудов Кубанского государственного технологического университета, 2015. №9. С. 175-185.
12. Щербань, Е.М. Разработка состава пуццоланового цемента на вулканическом туфе [Текст] / Е.М. Щербань, С.А. Стельмах, А.К. Халюшев [и др.] // в сборнике: Строительство. Архитектура. Экономика. Материалы Международного 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.

13. Kuprina, A.A., Lesovik, V.S., Zagorodnyk, L.H., Elistratkin, M.Y. Anisotropy of materials properties of natural and man-triggered origin // *Research Journal of Applied Sciences*, 2014. Vol. 9. Issue 11. Pp. 816-819.
14. Mintshev M.Sh., Bataev D. K.-S., Mazhiev K. Kh., Mazhiev Adam Kh., Mazhieva A. Kh., Mazhiev Aslan Kh., Mazhiev M.Kh. Prospects for Using 3D-Printing Technologies in Construction of Buildings in Seismic Areas. *Advances in Engineering Research*, volume 177, International Symposium on Engineering and Earth Sciences (ISEES 2018). Pp. 311-315.
15. Salamanova, M.Sh. Clinker-free binders based on finely dispersed mineral components / Murtazaev S.A.Yu., Salamanova M.Sh. // В сборнике: *ibaasil conference proceedings*, 2018. Pp. 707-714.
16. 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 multifunctional modifiers // *Research Journal of Applied Sciences* 2016. 10 (12). Pp. 931-936

## REFERENCES

1. Bazhenov, Yu.M. Concrete technology [Text] / Yu.M. Bazhenov. M.: ASV, 2011. 500 p.
2. Bazhenov, Yu.M. Fine-grained concretes from secondary raw materials for repair and restoration of damaged buildings and structures [Text]: scientific publication / Yu.M. Bazhenov, D.K-S. Bataev, Kh.N. Mazhiev [and others]. Grozny: FE "Sultanbegova Kh.S.", 2011. 342 p.
3. Bazhenov, Yu.M. New Age: New Effective Concrete and Technologies [Text] / Yu.M. Bazhenov, V.R. Falikman // *Stroy-Info*, 2007. No. 1-2. Pp. 289-290.
4. Kaprielov, S.S. High-strength pneumatic concrete with the addition of microsilica for protective coatings [Text] / S.S. Kaprielov, N.G. Bulgakov // *Concrete and reinforced concrete*, 1993. No. 5. Pp. 7-8.
5. Kaprielov, S.S., Sheinfeld, A.V., Dondukov, V.G. Cements and additives for the production of high-strength concrete // *Stroitelnye materialy*, 2017. No. 11. Pp. 4-10.
6. Koryanova, Yu.I., Rezantsev, N.E., Shumilova, A.S. Materials and structures used in the construction of high-rise buildings - from traditions to innovations // *Alley of Science*, 2018. V.6. No. 4 (20). Pp. 95-99.
7. Lesovik, B.C. Building composites based on screenings of crushing of concrete scrap and rocks [Text]: scientific publication / B.C. Lesovik, S.-A.Yu. Murtazaev, M.S. Saidumov. Grozny: MUP "Typography", 2012. 192 p.
8. Murtazaev, S.A. Yu. The main milestones of the formation and development of the Grozny scientific school of energy and resource conservation in the production of building materials / S.A.Yu. Murtazaev, M.S. Saidumov, A.Kh. Alaskhanov // in the collection: *Actual problems of modern construction science and education. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference*, 2017. Pp. 15-31.
9. Murtazaev, S.-A.Yu. The use of ceramic brick battle and industrial rejects of bricks to obtain light ceramic concrete / S.-A.Yu. Murtazaev, V.Kh. Khadisov, M.R. Khadzhiev // *Ecology and Industry of Russia*, 2014. No. 10. Pp. 22-25.



10. Salamanova, M.Sh. Use of wastes from the development of volcanic tuff to obtain modern concrete composites / M.Sh. Salamanova, S.-A.Yu. Murtazaev, S.A. Aliev [et al.] // Ecology and Industry of Russia, 2017. V.21. No. 4. Pp. 32-35.
11. Udodov, S.A. Re-introduction of a plasticizer as a tool for controlling the mobility of a concrete mixture // Collection of scientific papers of the Kuban State Technological University, 2015. No. 9. Pp. 175-185.
12. Shcherban, E.M. Development of the composition of pozzolanic cement on volcanic tuff [Text] / E.M. Shcherban, S.A. Stelmakh, A.K. Khalyushev [and others] // in the collection: Construction. Architecture. Economy. Materials of the International Forum "Victory May 1945": collection of articles. Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Don State Technical University, Trade Union of Workers of Public Education and Science of the Russian Federation, 2018, Pp. 110-113.
13. Kuprina, A.A., Lesovik, V.S., Zagorodnyk, L.H., Elistratkin, M.Y. Anisotropy of materials properties of natural and man-triggered origin // Research Journal of Applied Sciences, 2014. Vol. 9. Issue 11. Pp. 816-819.
14. Mintsaev M. Sh., Bataev D. K.-S., Mazhiev K. Kh., Mazhiev Adam Kh., Mazhieva A. Kh., Mazhiev Aslan Kh., Mazhiev M. Kh. Prospects for Using 3D-Printing Technologies in Construction of Buildings in Seismic Areas. Advances in Engineering Research, volume 177, International Symposium on Engineering and Earth Sciences (ISEES 2018). Pp. 311-315.
15. Salamanova, M.Sh. Clinker-free binders based on finely dispersed mineral components / Murtazaev S.A. Yu., Salamanova M.Sh. // In the collection: ibausil conference proceedings, 2018. Pp. 707-714.
16. 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 multifunctional modifiers // Research Journal of Applied Sciences 2016. 10 (12). Pp. 931-936