

Использование мелких фракций отходов каменных карьеров Азербайджана в качестве песка при приготовлении бетонов

Нияз Гадым оглы ВАЛИЕВ^{1*}

Зарифа Джахангир кызы ЭФЕНДИЕВА^{2**}

Тахим Рустам оглы ОСМАНЛЫ^{2***}

¹Уральский государственный горный университет

²Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Баку, Азербайджанская Республика

Аннотация

Актуальность. В последние годы предприятия стройиндустрии республики испытывают острую нужду в инертных материалах, особенно в мелком заполнителе. Имеющиеся на Апшероне месторождения песка весьма незначительны и, кроме того, в ряде случаев не соответствуют требованиям нормативных документов. Вследствие этого приходится использовать привозные пески, которые также не всегда бывают удовлетворительного качества из-за своей значительной мелкозернистости и повышенного содержания глинистых и илистых частиц. Кроме того, применение привозных песков заметно сказывается на стоимости готовых изделий. Поэтому изучение возможности применения мелких фракций отходов каменных карьеров взамен песка при приготовлении тяжелых бетонов является весьма своевременным и представляет несомненный интерес.

В статье достаточно подробно рассмотрены характеристики материалов, использованных для приготовления бетонов, исследованы основные свойства известнякового песка с различным содержанием пылевидных частиц, изучено влияние свойств известнякового песка на прочностные характеристики бетонов и их стойкость к различным температурно-влажностным воздействиям. С целью сопоставления одновременно изготовлены образцы с применением речного песка Мингечаурского месторождения. Полученные результаты показывают, что в бетонах на гравии и щебне при применении известнякового песка, по сравнению с бетонами на природном песке, несколько увеличивается расход цемента на 1 м³ бетона.

Цель работы. В статье рассмотрена проблема использования мелких фракций отходов каменных карьеров в качестве песка при приготовлении бетонов.

Методы исследования. Для определения приращения объема при набухании использована простая методика. Исследованы физико-механические испытания песка, показаны изучение модуля крупности при перемешивании с гравием и щебнем и способность приращения объема при набухании.

Результаты. Использование дешевых местных отходов ракушечных известняков в качестве мелких и крупных заполнителей бетона позволит несколько покрыть потребность стройиндустрии республики в заполнителях, особенно в мелких заполнителях.

Выводы. Известняковые пески, получаемые при распиловке ракушечных известняков Апшеронского полуострова, являются пригодным мелким заполнителем для приготовления бетонов.

Ключевые слова: каменный карьер, отходы, ракушечный известняк, бетон, заполнитель, известняковый песок, известняковая мелочь.

Введение

В Азербайджане широко распространены ракушечные известняки, из которых выпиливаются стеновой камень-кубик и облицовочные плиты [1–3]. В настоящее время в республике эксплуатируются многие каменные карьеры ракушечных известняков. При механизированной разработке этих месторождений наряду с основной продукцией образуются отходы в виде бута, нестандартного камня и песка (штыба). За многие годы эксплуатации каменных карьеров скопилось большое количество этих отходов, объемы которых практически не поддаются подсчету. Так, ежегодно на каменных карьерах накапливается 2 млн м³ отходов.

Как известно, в последнее время республика ощущает острую нужду в мелком заполнителе. Имеющиеся незначительные запасы мелкозернистого морского песка на Апшероне не могут обеспечить увеличивающуюся потребность в них в этом районе. Кроме того, пески многих месторождений не удовлетворяют требованиям нормативных документов. Поэтому в этом районе в основном применяются привозные пески.

Для установления возможности применения мелких отходов каменных карьеров в качестве песка в опытах использовался известняковый песок Карадагского и Гюздек-

✉science@ursmu.ru

**efendi2005@rambler.ru

***tahir.osmanli@mail.ru

Таблица 1. Физико-механические характеристики песков

Table 1. Physical and mechanical characteristics of sands

Место-рождение	Определения	Зерновой состав						Плотность, г/см ³	Объемная масса, кг/м ³	Пустотность, %	Содержание пылеватых и глинистых частиц, %	Модуль крупности M_k	Содержание органических примесей
		Размеры сит, мм											
		2,5	1,25	0,63	0,31	0,14	Менее 0,14						
Карадагское	Частный остаток, г	85,0	25,0	130,0	355,0	265,0	140,0						
	Частный остаток, %	8,5	2,5	13,0	35,5	26,5	14,0	2,50	1400	44	–	1,9	Нет
	Полный остаток, %	8,5	11,0	24,0	59,5	86,0	–						
Гюздекское	Частный остаток, г	120,0	35,0	140,0	290,0	260,0	155,0						
	Частный остаток, %	12,0	3,5	14,0	29,0	26,0	15,5	2,40	1350	44	–	2,0	Нет
	Полный остаток, %	12,0	15,5	29,5	58,5	84,5	–						
Мингечаурское	Частный остаток, г	120,0	25,0	68,0	405,0	318,0	65,0	1,00					
	Частный остаток, %	12,0	2,5	6,8	40,5	31,8	6,5	2,60	1480	43	4,0	2,0	Нет
	Полный остаток, %	12,0	14,5	21,8	61,8	93,5	–						

Таблица 2. Изменения модуля крупности песков при перемешивании

Table 2. Changes in the modulus of sand size during mixing

Состав смеси	M_k до перемешивания	M_k после перемешивания	
		3 мин	5 мин
Песок мингечаурский, гравий	1,98	2,00	2,00
Песок известняковый, гравий	1,82	1,67	1,60
Песок мингечаурский, щебень	1,98	1,95	2,00
Песок мингечаурский, гравий	2,58	2,52	2,60
Песок известняковый, гравий	2,75	2,40	2,20
Песок мингечаурский, щебень	2,58	2,50	2,52
Песок известняковый, щебень	2,75	2,30	2,35

ского месторождений. Для сравнения применялся также природный речной песок Мингечаурского месторождения.

Физико-механические характеристики песков приводятся в табл. 1. Как видно из этих данных, испытанные пески удовлетворяют требованиям ГОСТ 22263–76 и 9736–77 и относятся к средним и мелким пескам. При этом исключение составляет содержание в природном мингечаурском песке

глинистых, илистых и пылевидных частиц, которые не должны превышать 3 % по весу, а также предел прочности исходной породы, которая должна иметь прочность при сжатии не ниже 40 МПа, а при соглашении сторон не менее 20 МПа.

Известно, что прочность песка из известняка-ракушечника значительно ниже прочности обычного плотного природного песка [4–6]. Поэтому при перемешивании в бетономешалке совместно с гравием или щебнем возможно изменение его зернового состава, а следовательно, и модуля крупности. Для уточнения данного вопроса проводились следующие опыты. Известняковый песок Карадагского месторождения, а для сравнения и природный песок Мингечаурского месторождения в сухом состоянии перемешивались в бетономешалке принудительного действия совместно с гравием и щебнем. Количество и соотношение мелкого и крупного заполнителя соответствовали бетону марки 200. Время перемешивания для этих определений было принято 3 и 5 мин, которые примерно соответствовали времени перемешивания бетонной смеси в мешалках.

Результаты изменений модуля крупности песков при перемешивании с гравием и щебнем приводятся в табл. 2. Из этих данных видно, что при перемешивании мингечаурского мелкого песка с гравием и щебнем его модуль крупности почти не меняется, а модуль крупности известнякового песка подвергается изменению в среднем от 1,82 до 1,60.

Пески с модулем крупности от 1,5 до 2,0 относятся к группам мелких песков [7]. Следовательно, перемешива-

ние мелкого известнякового песка изменяет его зерновой состав, но не способствует изменению его группы по модулю крупности.

Перемешивание Мингечаурского песка с модулем крупности выше 2,5 с гравием и щебнем также не приводит к изменению его модуля крупности. Однако при таком испытании крупного известнякового песка модуль крупности его резко снижается от 2,75 до 2,2–2,3, т. е. из группы крупного песка переходит в группу песка средней крупности.

Как известно, в зависимости от величины зерен глинами считают частицы размером менее 0,005 мм, более крупные частицы размером от 0,005 до 0,05 мм называют пылью, а частицы размером от 0,15 до 5 мм – песком. Обычно глинистые частицы отличаются от пылевидных тем, что при насыщении водой они сильно разбухают, а пылевидные частицы такими свойствами не обладают.

Для бетона самыми опасными являются глинистые частицы, так как при увлажнении или при насыщении водой они, увеличиваясь в объеме, создают внутренние напряжения и разрушают бетон [8–12]. Пылевидные частицы в основном приводят к увеличению расхода цемента в бетоне. Поэтому в существующих нормативных документах содержание глинистых и пылевидных частиц в мелком и крупном заполнителях строго ограничивается [13–17].

Как показали опыты, в песке, изготовленном из известняка-ракушечника, содержится значительное количество частиц размером менее 0,005 мм, однако они по химическому составу резко отличаются от глины.

Способность мельчайших частиц известняка-ракушечника, состоящих в основном из карбоната кальция, при насыщении водой разбухать или давать усадку, пока не установлена. Для уточнения этого явления пользовались существующими методами.

Известно, что пески, содержащие частицы размером менее 0,005 мм, способны к набуханию. Для определения приращения объема при набухании существует простая методика. В мерный цилиндр емкостью 25 мл при постоянном постукивании всыпают слой сухого песка объемом 10 см³. Затем песок заливают водой до уровня 23 мл.

После этого добавляют до уровня 25 мл 5 %-ный раствор хлористого кальция. Смесь взбалтывают и оставляют в покое на 3 часа, после чего определяют приращение объема песка в кубических сантиметрах или в процентах.

По указанной методике нами определялась способ-

ность приращения объема при набухании известнякового песка Карадагского и Гюздекского месторождений, а также для сопоставления – природного песка Мингечаурского месторождения. Для этого пески из указанных месторождений до испытания просеивались через сита 5 и 0,005 мм, т. е. из состава песков удалялись мельчайшие частицы, способные к набуханию. Затем к известняковым пескам вновь добавлялось требуемое количество известняковых мельчайших частиц, а к мингечаурскому песку – глина, прошедшая через сито 0,005 мм.

Эти частицы добавлялись в песок в количестве 1; 3; 5; 10 и 15 % от его веса. Результаты приращения объема песков при набухании приводятся в табл. 3.

Из этих данных видно, что с увеличением в песках количества частиц размером 0,005 мм увеличивается и приращение объема песков. При введении этих частиц в песок в количестве 1,0–15 % приращение объема известняковых песков Карадагского и Гюздекского месторождений, а также природного песка Мингечаурского месторождения составляет 10–25 %.

Нами определялось изменение объема, т. е. усадка и набухание, в зависимости от содержания в песке частиц менее 0,005 мм. Для этих целей изготавливались образцы-призмы размером 4 × 4 × 16 см из раствора состава 1 : 3 пластичной консистенции. В качестве вяжущего применялся портландцемент, а мелкого заполнителя – известняковый песок Карадагского и природный песок Мингечаурского месторождений, просеянные через сито 5 мм и оставшиеся на сите 0,14 мм. К известняковому песку добавлялась известняковая мелочь, а к мингечаурскому песку – глина (частицы менее 0,005 мм) в количестве 3; 5; 8; 10 и 15 % от веса песка. На основании проведенных исследований выявлено, что увеличение содержания частиц менее 0,005 мм до 15 % от веса песка не приводит к существенным изменениям величины усадки бетона.

Как известно, на прочность бетона существенное влияние оказывают свойства песка, особенно его зерновой состав [18–26]. Установлено, что пески, полученные дроблением известняков, более пригодны для бетона, их модуль крупности выше 2,0, а зерновой состав находится в области заштрихованной полосы, рекомендованной для песков. Пески, полученные после распиловки известняков-ракушечников на штучный камень, относительно мелкие и часто содержат больше мелких частиц (менее 0,14 мм).

Таблица 3. Приращение объема песков при набухании
Table 3. Volume increment of sands during swelling

Состав, %		Приращение объема песков					
Песок	Частицы менее 0,005 мм	Из известняка Карадагского месторождения		Из известняка Гюздекского месторождения		Песок Мингечаурского месторождения	
		см ³	%	см ³	%	см ³	%
100	–	0,50	5,0	0,50	5,0	0,25	2,5
99	1	0,50	5,0	0,50	5,0	1,00	10,0
97	3	1,75	17,5	1,50	15,0	1,50	15,0
95	5	2,00	20,0	2,00	20,0	1,50	15,0
90	10	2,50	25,0	2,50	25,0	2,50	25,0
85	15	2,50	25,0	2,50	25,0	2,50	25,0

Таблица 4. Влияние вида песка на свойства бетона на гравии
Table 4. Influence of the type of sand on the properties of concrete on gravel

Марка бетона	Фактический расход материалов на 1 м³ бетона										Объемная масса бетона в сухом состоянии, кг/м³	Предел прочности при сжатии, МПа				
	Цемент	Вода	Песок		Гравий		Вода/Цемент	Жесткость	Объемная масса бетона, кг/м³	Пропаки		в 28-суточном возрасте				
			Природный мин-гечаурский	Известняковый карадагский	Известняковый поздецкий	Всего						5–10 мм, 40 %	10–20 мм, 60 %	Пропа-ренные образцы	Образцы нормального твердения	
100	197	187	678	–	–	–	1430	574	860	2500	0,95	20	2345	6,8	10,6	9,8
200	308	187	596	–	–	–	1420	567	851	2520	0,61	20	2380	12,0	18,7	17,7
300	405	187	537	–	–	–	1370	550	825	2510	0,46	15	2383	17,4	29,1	27,5
100	228	205	–	643	–	–	1430	573	855	2500	0,90	17	2329	6,6	11,2	12,2
200	351	200	–	522	–	–	1435	573	860	2520	0,57	20	2373	13,5	23,5	21,5
300	461	198	–	455	–	–	1385	558	836	2520	0,42	25	2392	16,7	34,1	32,3
100	230	203	–	–	653	–	1440	576	860	2520	0,90	15	2352	8,8	13,8	12,2
200	350	200	–	–	520	–	1430	571	859	2500	0,57	15	2353	14,8	23,0	23,3
300	466	200	–	–	457	–	1410	564	845	2550	0,42	15	2420	33,4	33,4	31,6

Таблица 5. Влияние вида песка на свойства бетона на щебне
Table 5. Influence of the type of sand on the properties of concrete on crushed stone

Марка бетона	Фактический расход материалов на 1 м³ бетона										Объемная масса бетона, кг/м³	Вода/Цемент	Жесткость	Предел прочности при сжатии, МПа	
	Цемент	Вода	Песок		Гравий		Всего	5–10 мм, 40 %	10–20 мм, 60 %	Пропаки				Образцы нормального твердения	
			Природный мин-гечаурский	Известняковый карадагский	Известняковый поздецкий	В том числе									
100	211	199	570	–	–	–	1520	607	790	2500	0,94	30	6,6	14,4	13,0
200	324	202	496	–	–	–	1505	604	901	2430	0,62	20	14,7	24,2	23,2
300	433	198	438	–	–	–	1450	583	873	2520	0,46	35	25,0	36,4	32,2
100	242	213	–	553	–	–	1508	603	905	2510	0,88	40	12,7	14,9	16,0
200	370	210	–	456	–	–	1470	585	876	2500	0,57	40	15,0	20,6	21,4
300	493	217	–	374	–	–	1450	590	884	2580	0,42	45	25,8	31,0	33,6
100	242	213	–	–	552	–	1500	600	900	2510	0,88	20	13,0	15,2	15,7
200	373	212	–	–	461	–	1480	590	885	2525	0,57	30	18,5	23,2	26,0
300	494	212	–	–	368	–	1445	580	869	2540	0,42	30	18,7	34,2	32,0

Влияние известнякового песка на прочность бетона нами изучалось с применением известняковых песков, изготовленных из известняка Карадагского и Гюздекского каменных карьеров. Для сравнения использовали речной песок Мингечаурского месторождения. Все эти пески имели одинаковый модуль крупности: $M_R = 2$.

Для указанных целей с применением данных песков были подобраны три марки бетона 100; 200 и 300. В качестве крупного заполнителя использовались гравий Мингечаурского месторождения и гранодиоритовый щебень Шамкирского месторождения.

Прочность образцов после пропарки составляет около 60–70 % от марочной. В 28-суточном возрасте пропаренные образцы показали несколько повышенную прочность, чем образцы, твердевшие в нормальных условиях (табл. 4, 5).

Указанные результаты показывают, что с использованием известнякового песка и обычного гравия или

щебня, удовлетворяющих требованиям соответствующих ГОСТов (исключение составляет прочность исходной породы известнякового песка), можно получать бетоны различных марок, расход цемента которых находится в пределах, допускаемых СН 386-74.

Заключение

Приведены результаты экспериментальных исследований по изучению возможности применения пористого известнякового песка взамен природного в бетонах на плотных заполнителях. Установлено влияние содержания пылевидных частиц на изменение объема известнякового песка.

С применением известнякового и плотного гравия или щебня, удовлетворяющих требованиям соответствующих ГОСТов, можно получить бетоны различных марок, расход цемента которых находится в пределах, допускаемых СН 386-74.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геология Азербайджана. Т. VI. Полезные ископаемые. Баку: Нафта Пресс, 2003. 576 с.
2. Минерально-сырьевые ресурсы Азербайджана. Баку: Озан, 2005. 807 с.
3. Ахундов Т. Г., Самедов М. А., Фаталиев С. А. Пористые заполнители из отходов камнепиления // Строительные материалы. 1978. № 5. С. 20–22.
4. Грозав В. И., Муталибова Г. К. Снижение средней плотности бетонов на основе заполнителей из отходов камнепиления известняков-ракушечников // Природообустройство сельскохозяйственных территорий: материалы науч.-техн. конф. М: МГУП, 2001. С. 105–106.
5. Муталибова Г. К. Обоснование способов использования отходов камнепиления известняков-ракушечников для рекультивации нарушенных земель: дис. ... канд. техн. наук : 06.01.02. Дагестан, 2007. 219 с.
6. Исследование горных пород Грузии для производства легких пористых заполнителей и изделий на их основе // Сборник науч. трудов. Тбилиси, 1989. 152 с.
7. Демьянова В. С., Чумакова О. А. Использование мелких строительных песков в составе цементных композиций. Пенза: ПГУАС, 2014. 124 с.
8. Хафизова Э. Н., Ахтямов В. Ф. Исследование влияния техногенных отходов нерудного производства на свойства бетонов // Вестник ТГАСУ. 2017. № 4. С. 107–116.
9. Хафизова Э. Н., Панченко Ю. Ф., Панченко Д. А. Применение технологических отходов дробления горных пород при разработке составов цементных бетонов // Вестник СибАДИ. 2021. Т. 18. № 6(82). С. 790–799. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-6-790-799>
10. Искусственные пористые заполнители и легкие бетоны на их основе: справ. пособие / С. Г. Васильков [и др.]; под ред. Ю. П. Горлова. М.: Стройиздат, 1987. 304 с.
11. Ахтямов В. Ф., Хафизова Э. Н. Влияние отходов нерудного производства на свойства тяжелых бетонов // Вестник СибАДИ. 2018. Т. 15. № 2 (60). С. 261–268. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2018-2-261-268>
12. Gupta A., Gupta N., Saxena K. K., Goyal S. K. Investigation of the mechanical strength of stone dust and ceramic waste based composite // Materials Today: Proceedings. 2021. Vol. 44. Part 1. P. 29–33. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.011>
13. Cavaleri L., Borg R. P., La Mantia F. P., Liguori V. Quarry limestone dust as fine aggregate for concrete // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 442. P. 1–11. Article number 012003. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/442/1/012003>
14. Петров В. П. Пористые заполнители из отходов промышленности. Самара: СГАСУ, 2005. 152 с.
15. Использование промышленных отходов и попутных продуктов других отраслей в производстве строительных материалов и конструкций: отчет о НИР / ВНИИЭСМ; рук. Вайл. М., 1973. 109 с.
16. Потапов Ю. Б., Пузырев А. И. Цементное связующее для бетонов, наполненное отходами химической промышленности // Тезисы докладов. Пенза, 1989. 45 с.
17. Элинзон М. П. Шлаки как заполнитель для легких бетонов. М.: Госстройиздат, 1959. 196 с.
18. Коренькова С. Ф., Макридов Г. В. Применение шламовых отходов в производстве легких бетонов // Современные проблемы строительного материаловедения. Воронеж: ВГАСА, 1999. С. 210–212.
19. Кукина О. Б. Техногенные карбонаткальциевые отходы и технология их использования в строительных материалах с учетом структурообразующей роли: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. Воронеж, 2002. 186 с.
20. Эфендиева З. Дж. Характеристика залежей и физические свойства облицовочных камней месторождений Азербайджана // Горный журнал. 2005. № 8. С. 46–47.
21. Гусев А. Д. Эффективные строительные материалы с использованием техногенных отходов: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. Пенза, 2012. 187 с.
22. Бархатов В. И., Добровольский И. П., Капкаев Ю. Ш. Отходы производств и потребления – резерв строительных материалов. Челябинск: Изд-во ЧелГУ, 2017. 477 с.
23. Khan M. N. A., Liaqat N., Ahmed I., Basit A., Umar M., Khan M. A. Effect of brick dust on strength and workability of concrete // IOP: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 414. Article number 012005. P. 1–6. <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/414/1/012005>
24. Rao M. C. Influence of brick dust, stone dust, and recycled fine aggregate on properties of natural and recycled aggregate concrete // Structural Concrete. 2021. Vol. 22. Issue S1. P. E105–E120. <https://doi.org/10.1002/suco.202000103>
25. Естемесов З. А., Султанбеков Т. К., Сарсенбаев Н. Б., Сауганова Г. Р. Строительные отходы – неисчерпаемый источник богатства для строителей // Вестник ГГНТУ. Технические науки. 2020. Т. 16. № 4 (22). С. 57–63. <https://doi.org/10.34708/GSTOU.2020.70.30.008>
26. Харо О. Е., Левкова Н. С., Лопатников М. И., Горностаева Т. А. Использование отходов переработки горных пород при производстве нерудных строительных материалов // Строительные материалы. 2003. № 9. С. 18–19.

Статья поступила в редакцию 16 января 2023 года

The use of fine fractions of waste from stone quarries in Azerbaijan as sand in the preparation of concrete

Niyaz Gadym ogly VALIEV^{1*}

Zarifa Jahangir kzy AFANDIYEVA^{2**}

Takhim Rustam ogly OSMANLY^{2***}

¹Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia

²Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, Republic of Azerbaijan

Abstract

Relevance. In recent years, the enterprises of the construction industry of the republic are experiencing an acute need for inert materials, especially for fine aggregates. The sand deposits available in Absheron are very insignificant and, moreover, in some cases do not meet the requirements of regulatory documents. As a result, it is necessary to use imported sands, which are also not always of satisfactory quality due to their significant fine grain and high content of clay and silt particles. In addition, the use of imported sands significantly affects the cost of finished products. Therefore, the study of the possibility of using fine fractions of stone quarry waste instead of sand in the preparation of heavy concrete is very timely and of undoubted interest.

In the article, the characteristics of the materials used for the preparation of concrete are considered in sufficient detail, the main properties of limestone sand with different content of dust particles are investigated, the influence of the properties of limestone sand on the strength characteristics of concrete and their resistance to various temperature and humidity influences is studied. For the purpose of comparison, samples were simultaneously made using river sand from the Mingchevir deposit. The obtained results show that in concrete on gravel and crushed stone when using limestone sand, in comparison with concrete on natural sand, the consumption of cement per 1m³ of concrete slightly increases.

The purpose of the research. The article deals with the problem of using fine fractions of stone quarry waste as sand in the preparation of concrete.

Research methodology. A simple technique was used to determine the volume increment upon swelling. The physical and mechanical tests of sand have been conducted, the study of the particle size modulus when mixed with gravel and crushed stone and the ability to increase volume during swelling are shown.

Results. The use of cheap local wastes of shell limestones as small and large aggregates of concrete will make it possible to somewhat cover the need of the construction industry of the republic for aggregates, especially for fine aggregates.

Conclusions. Limestone sands obtained by sawing the shell limestones of the Apsheron Peninsula are a suitable fine aggregate for the preparation of concrete.

Keywords: stone quarry, waste, shell limestone, concrete, aggregate, limestone sand, limestone fines.

REFERENCES

1. Geology of Azerbaijan. Vol. VI. Minerals. Baku, 2003, 576 p. (*In Russ.*)
2. Mineral resources of Azerbaijan. Baku, 2005, 807 p. (*In Russ.*)
3. Akhundov T. G., Samedov M. A., Fataliev S. A. 1978, Porous fillers from stone sawing waste. *Stroitel'nyye materialy* [Construction materials], no. 5, pp. 20–22. (*In Russ.*)
4. Grozav V. I., Mutalibova G. K. 2001, Reduction of the average density of concrete based on aggregates from the waste of stone sawing of limestone-shell rocks. Environmental engineering of agricultural territories: materials of scientific and technical conference. Moscow, pp. 105–106. (*In Russ.*)
5. Mutalibova G. K. 2007, Substantiation of methods of using wastes of limestone-shell rock sawing for reclamation of disturbed lands, PhD thesis. Dagestan, 219 p. (*In Russ.*)
6. Study of Georgian rocks for the production of light porous aggregates and products based on them. Tbilisi, 1989, 152 p. (*In Russ.*)
7. Demyanova V. S., Chumakova O. A. 2014, The use of fine building sands in the composition of cement compositions. Penza, 124 p. (*In Russ.*)
8. Khafizova E. N., Akhtyamov V. F. 2017, Concrete production based on industrial non-metallic wastes. *Vestnik TGASU* [Journal of Construction and Architecture], no. 4, pp. 107–116. (*In Russ.*)
9. Khafizova E. N., Panchenko Yu. F., Panchenko D. A. 2021, Use of rock crushing technological wastes for cement concrete compositions. *Vestnik SibADI* [The Russian Automobile and Highway Industry Journal], vol. 18, no. 6 (82), pp. 790–799. (*In Russ.*) <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-6-790-799>
10. Vasilkov S. G. [et al.], 1987, Artificial porous aggregates and light concrete based on them: a reference guide. Moscow, 304 p. (*In Russ.*)
11. Akhtyamov V. F., Khafizova E. N. 2018, Influence of technological non-metallic production wastes on heavy weight concrete properties *Vestnik SibADI* [The Russian Automobile and Highway Industry Journal], vol. 15, no. 2 (60), pp. 261–268. (*In Russ.*) <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2018-2-261-268>

✉ science@ursmu.ru

**efendi2005@rambler.ru

***tahir.osmanli@mail.ru

12. Gupta A., Gupta N., Saxena K. K., Goyal S. K. 2021, Investigation of the mechanical strength of stone dust and ceramic waste based composite. *Materials Today: Proceedings*, vol. 44, part 1, pp. 29–33. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.011>
13. Cavaleri L., Borg R. P., La Mantia F. P., Liguori V. 2018, Quarry limestone dust as fine aggregate for concrete. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 442, pp. 1–11. Article number 012003. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/442/1/012003>
14. Petrov V. P. 2005, Porous aggregates from industrial waste. Samara, 152 p. (*In Russ.*)
15. The use of industrial waste and by-products of other industries in the production of building materials and structures: research report, 1973, 109 p. (*In Russ.*)
16. Potapov Yu. B., Puzyrev A. I. 1989, Cement binder for concrete, filled with waste from the chemical industry. Abstracts of reports. Penza, 45 p. (*In Russ.*)
17. Elinzon M. P. 1959, Slags as filler for lightweight concrete. Moscow, 196 p. (*In Russ.*)
18. Korenkova S. F., Makridov G. V. 1999, The use of sludge waste in the production of lightweight concrete. Modern problems of building materials science. Voronezh, pp. 210–212. (*In Russ.*)
19. Kukina O. B. 2002, Technogenic calcium carbonate waste and the technology of their use in building materials, taking into account the structure-forming role, PhD thesis. Voronezh, 186 p. (*In Russ.*)
20. Efendieva Z. J. 2005, Characteristics of deposits and physical properties of facing stones of Azerbaijani deposits. *Gornyy zhurnal* [Mining Journal], no. 8, pp. 46–47. (*In Russ.*)
21. Gusev A. D. 2012, Effective building materials using man-made waste, PhD thesis. Penza, 187 p. (*In Russ.*)
22. Barkhatov V. I., Dobrovolsky I. P., Kapkaev Yu. Sh. 2017, Production and consumption waste – a reserve of building materials. Chelyabinsk, 477 p. (*In Russ.*)
23. Khan M. N. A., Liaqat N., Ahmed I., Basit A., Umar M., Khan M. A. 2018, Effect of brick dust on strength and workability of concrete. *IOP: Materials Science and Engineering*, vol. 414, article number 012005, pp. 1–6. <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/414/1/012005>
24. Rao M. C. 2021, Influence of brick dust, stone dust, and recycled fine aggregate on properties of natural and recycled aggregate concrete. *Structural Concrete*, vol. 22, issue S1, pp. E105–E120. <https://doi.org/10.1002/suco.202000103>
25. Yestemesov Z. A., Sultanbekov T. K., Sarsenbaev N. B., Sauganova G. R. 2020, Construction waste is an inexhaustible source of wealth for builders. *Vestnik GGNTU. Tekhnicheskkiye nauki* [Herald of GSTOU. Technical Sciences], vol. 16, no. 4 (22), pp. 57–63. (*In Russ.*) <https://doi.org/10.34708/GSTOU.2020.70.30.008>
26. Khara O. E., Levkova N. S., Lopatnikov M. I., Gornostaeva T. A. 2003, The use of rock processing waste in the production of non-metallic building materials. *Stroitel'nyye materialy* [Construction Materials], no. 9, pp. 18–19. (*In Russ.*)

The article was received on January 16, 2023