

КОМПЛЕКСНАЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНАЯ ДОБАВКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

© ¹С. Г. Шеина, ^{2,3}М. С. Сайдумов, ^{2,4}И. С-А. Муртазаев, ⁵М. П. Маслаков

¹ДГТУ, Ростов на Дону, Россия

²ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

³АН ЧР, Грозный, Россия

⁴КНИИ им. Х. И. Ибрагимова РАН, Грозный, Россия

⁵СКГМИ(ГТУ), Владикавказ, Россия

Статья посвящена проблеме разработки органоминеральной добавки для проектирования современных высококачественных строительных композитов с применением некондиционного природного и техногенного сырья.

В статье представлены результаты исследований по изучению запасов сырья Чеченской и соседних республик и областей, с целью установления возможности для получения на их основе современных высококачественных композитов для возведения строительных конструкций и производства строительных работ. Приведен сравнительный анализ данных по изучению технологических (подвижность, удобоукладываемость и др.), физических, механических и деформативных свойств, как бетонной смеси на различном сырье, так и бетона. Определены свойства и структура строительных композитов, полученных с использованием органоминеральной добавки на основе техногенного сырья.

Установлено, что бетоны на основе местного техногенного и природного сырья характеризуются повышенной прочностью (50 МПа и выше), сохраняемостью (более 10 час.), незначительными значениями относительных деформаций усадки (не более 0,6-0,75 мм/м), меньшим размером пор, а значит, и повышенными показателями долговечности.

Ключевые слова: высококачественные бетоны, строительные композиты, композиционные вяжущие, минеральный порошок, долговечность.

На современном этапе развития сборного и монолитного строительства актуальной представляется проблема внедрения нового поколения бетонных композитов, получивших одинаковое название во всем научном мире – «High Performance Concrete» (высококачественные бетоны). Они обладают такими высокими строительными свойствами, как: марка по водонепроницаемости W 12 и больше; марка по морозостойкости – не менее F 400; показатель истираемости, не превышающий 0,3-0,4 г/см²; процент водопоглощения – 1-2,5; высокий показатель от проникновения хлоридов; повышенный показатель газонепроницаемости; управляемые значения деформативности (включая показатель компенсации усадки бетона при 28-мисуточном твердении его в естественных условиях) [1, 2, 4, 8, 10].

Отечественный опыт применения высококачественных бетонных композитов начинает свой отсчет со строительства таких знаменитых комплексов, как Московский ЖК «Триумф-палас», не менее известный Санкт-Петербургский небоскреб – «Лахта центр», небоскреб в Екатеринбурге – БЦ «Высоцкий», а также небезызвестный многофункциональный высотный комплекс в г. Грозный – «Грозный Сити». Планируется возведение 104-этажной высотной башни в Грозном – «Ахмат-Тауэр» (рисунок 1), для возведения которой потребуются разработка рецептуры высококачественных бетонов от классов В40 и выше до В150. Такой выбор линейки классов бетонов диктуется тем, что правильный выбор вида бетонного композита обеспечивает требуемые показатели долговечности и надежную эксплуатацию

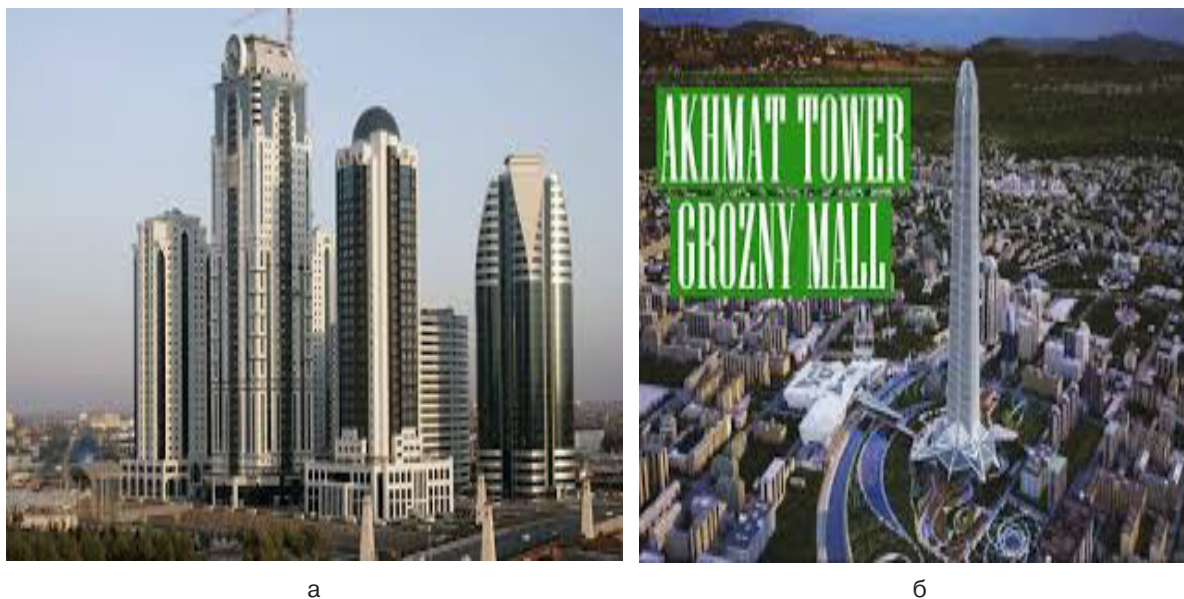


Рис. 1. Высотные комплексы в г. Грозный: а – «Грозный Сити» и б – проект «Ахмат-Тауэр»

зданий и сооружений [3, 8, 9, 16], при их работе в условиях различного набора негативного воздействия внешней среды, а также от нагрузок самого здания.

Теоретическая база проектирования таких композитов основана на способах и приемах управления структурообразованием и свойствами бетона на основе широкого использования разнообразного спектра активных минеральных добавок, по качеству отвечающих повышенным требованиям.

Доказано [4-7, 11-16], что для получения высококачественных бетонных композитов классов В40-В150 требуются цементы с неизменяемыми параметрами минералогического и химического составов, отвечающие ГОСТу качественные пески и фракции щебня 5-10 и 10-20 мм из горных пород высокой прочности, высокодисперсные наполнители-микрокремнеземы и порошки тонкомолотых минеральных добавок, а также гипер- или суперпластификаторы.

В НТЦКП «Современные строительные материалы и технологии» ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова в последние десятилетия ведутся научно-исследовательские работы, направленные на совершенствование технологий получения высококачественных бетонов. Результаты проведенных исследований внедрены при возведении конструктивных элемен-

тов торгово-развлекательного центра «Грозный-Молл» и планируются к использованию при строительстве высотного комплекса «Ахмат-Тауэр».

В настоящей статье приведены результаты изучения реотехнологических, эксплуатационных и физико-механических свойств бетонных композитов, полученных на основе использования комплексной органоминеральной добавки (КОМД). КОМД включала в себя портландцемент и дисперсные тонкомолотые наполнители (ТМН) в различных пропорциях: отсеvy дробления бетонного лома (ОДБЛ), золошлаковую смесь (ЗШС), пылевидную фракцию отсева дробления горных пород (известняк) и мелкие кварцевые пески (кварц).

При приготовлении первой партии образцов тонкомолотые минеральные добавки использовались в качестве наполнителя, и их расход составлял не более 30% от расхода цемента по массе. Пластифицирующий эффект смесей достигался применением минеральной добавки Д-5 отечественного производства в объеме 2,5% и вводится в сухом виде вместе с цементом. Для проведения исследований использовались стандартные методики проведения испытаний. Прочность определялась с использованием кубических образцов с ребром 15 см, которые предварительно выдерживались в естественных условиях окружающей

Таблица 1.

Рецептура и свойства бетонных композитов на разных минеральных наполнителях и с добавкой Д-5

№ п.п.	Вид ТМН	В/Ц	Расход компонентов, кг					Подвижность		Плотность бетонной смеси, кг/м³	
			Щебень	Песок	Цемент	Вода	Добавка				
							ТМН	Д-5	ОК, см		Ж, с
1	Пыль ОДБЛ	0,50	1292	521	376	191	112	9,45	16	-	2489
2		0,44	1297	541	377	167			-	12	2488
3		0,40	1298	566	372	148			-	61	2492
4	ЗШС	0,51	1285	524	373	189	112	9,45	12	-	2489
5		0,44	1298	531	376	172			4	-	2479
6		0,40	1299	551	377	151			-	46	2489
7	Известняк	0,51	1277	522	377	193	112	9,45	13	-	2473
8		0,44	1298	526	377	170			4	-	2462
9		0,41	1297	541	378	154			-	40	2489
10	Кварц	0,50	1273	531	376	191	112	9,45	16	-	2477
11		0,44	1283	542	378	173			5	-	2471
12		0,41	1294	557	377	152					-

Примечание: В/Ц – водоцементное отношение; Ц – цемент М500 Д0 «Чеченцемент»; П – песок Червленного месторождения; Щ – щебень с Аргунского карьера ЧР; В – вода; ТМН – тонкомолотый минеральный наполнитель; Д – добавка Д-5 (дозировка – 2,5% от массы цемента); ОК – осадка конуса; Ж – жесткость бетонной смеси.

Таблица 2.

Физико-механические свойства бетонных композитов

Номера составов из табл. 1	Плотность бетона, кг/м ³	Прочность бетона, МПа, в возрасте суток			
		1	3	7	28
1	2323	13,6	21,3	46,8	57,5
2	2345	14,1	21,6	48,5	61,3
3	2371	14,6	22,5	55,6	68,1
4	2316	12,3	18,4	41,3	53,6
5	2351	12,5	19,2	42,9	57,4
6	2357	12,6	20,0	46,2	59,3
7	2308	12,4	20,6	42,9	55,8
8	2358	12,7	20,9	44,0	57,2
9	2363	12,6	20,9	46,5	60,2
10	2332	12,9	20,6	43,8	54,8
11	2361	13,1	20,7	46,6	58,1
12	2392	13,2	21,6	49,9	60,9

Таблица 3.

Составы бетонов с ТМН из бетонного лома и химическими добавками Д-5 и Линамикс РС

№ п. п.	Расход материалов, кг							Удобоукладываемость	
	Щ	П	Ц	В	Добавки				
					ТМН	Д-5	«Линамикс РС»	ОК, см	Ж, с
1	1295	528	375	182	112	9,45	3,05	18	-
2	1295	538	375	167	112			3	-
3	1305	558	375	145	112			-	43
4	1205	398	500	274	112	12,45	4,05	17	-
5	1205	447	500	224	112			2	-
6	1235	468	500	174	112			-	53
7	1045	497	600	332	112	15,05	4,85	17	-
8	1105	498	600	272	112			3	-
9	1165	398	600	212	112			-	51
10	1205*	498	500	272	112	12,55	4,05	18	-
11	1235*	468	500	174	112			-	44
12	1045*	405	600	328	112	12,55	4,85	18	-
13	1165*	405	600	212	112			-	57

среды и подвергались испытанию в 1, 3, 7 и 28-суточном возрасте.

Составы бетонов [6, 17] с расходом цемента на 1 м³ бетона 370 кг без химических добавок и с минеральными наполнителями на сжатие имели прочность 44-48 МПа.

С целью изучения влияния различных добавок на реологические и физико-механические свойства бетонных композитов исследовались составы, представленные в таблицах 1 и 2.

Анализ полученных данных (табл. 1, 2) свидетельствует о том, что наиболее эффективным по набору прочности бетоном является ТМН, состоящий из пыли ОДБЛ в сочетании с комплексной минеральной добавкой Д-5. Прочность на сжатие бетонных образцов на основе КОМД в 28-мисуточном возрасте составила 68,1 МПа (табл. 2, состав 3), что на сорок-пятьдесят процентов выше в сравнении с прочностью контрольного образца без добавки. Показатель суточной прочности представленных составов находится в диапазоне от 12 до 15 МПа. Но при этом показатель сохраняемости исследованных составов бетона не превосходил 3-4 часа.

Для улучшения показателей удобоукладываемости и сохраняемости исследуемых

бетонных смесей проведены эксперименты с использованием в качестве замедлителя твердения химической добавки «Линамикс РС» в объеме 0,8% от расхода цемента. В бетонных смесях использовался ТМН из пыли ОДБЛ (табл. 3).

Учитывая, что расход цемента для получения высокопрочных бетонов, как правило, составляет от 500 до 650 кг на 1 м³ бетонной смеси, нами исследовались составы с расходом цемента до 600 кг/м³. В качестве инертных компонентов бетона наряду с местными песком и щебнем применялся гранитно-диабазовый щебень (марка по дробимости М1200-М1400 фракции 5-10 мм) из Северной Осетии.

Анализ полученных данных (таблицы 3, 4) свидетельствует, что прочность бетона на сжатие с КОМД уже через 1 сутки обеспечивается в диапазоне 20-25 МПа, что соответствует значению 30% от проектной 28-суточной прочности. Полученный эффект объясняется эффектом синергии от взаимодействия компонентов КОМД.

Таким образом, предложена комплексная органоминеральная добавка, применение которой в рецептурах бетонной смеси позволяет получать бетонные композиты с прочностью

Таблица 4.

Свойства бетонов с ТМН из бетонного лома и химическими добавками Д-5 и Линамикс РС

Номера составов из табл. 3	Плотность бетона, кг/м ³	Прочность бетона, МПа, в возрасте суток			
		1	3	7	28
1	2333	14,2	43,4	55,1	58,1
2	2348	15,5	46,7	57,2	60,6
3	2374	16,1	49,2	67,5	68,4
4	2389	18,5	51,8	71,3	76,1
5	2396	19,2	52,2	73,1	77,6
6	2414	21,8	54,1	75,2	79,2
7	2397	19,8	56,1	76,6	81,6
8	2400	21,2	58,1	79,2	83,0
9	2410	24,4	61,7	81,2	85,4
10	2443	18,6	57,4	78,3	82,4
11	2441	21,7	63,7	83,4	88,8
12	2443	19,3	65,3	84,3	89,4
13	2467	25,7	69,7	87,7	92,7

на сжатие до 100 МПа. КОМД состоящая из ТМН, Д-5 и «Линамикс РС», повышает показатель сохраняемости до 6-10 часов, что обеспечивает широкое применение бетонов на их основе для возведения конструктивных элементов зданий и сооружений при монолитном строительстве.

Достижение суточной прочности в диапазоне 15-25 МПа позволяет говорить о существенном повышении индустриальности монолитного строительства ввиду того, что тем самым обеспечивается и суточная оборачиваемость опалубки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов Ю.М. Мелкозернистые бетоны из техногенного сырья для ремонта и восстановления поврежденных зданий и сооружений / Ю.М. Баженов, Д. К-С. Батаев, С-А. Ю. Муртазаев [и др.]. Грозный, 2011. 342 с.
2. Муртазаев С-А. Ю. Саламанова М.Ш. Высокопрочные бетоны с использованием фракционированных заполнителей из отходов переработки горных пород // Устойчивое развитие горных территорий. 2015. № 1 (23). С. 23-28.
3. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калаишиков В.И. Модифицированные высококачественные бетоны: Научное издание. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. 368 с.
4. Dosho Y. Development of a Sustainable Concrete Waste Recycling System «Application of Recycled Aggregate Concrete Produced by Aggregate Replacing Method» // Journal of Advanced Concrete Technology. Japan Concrete Institute. Scientific paper. 2007. Vol. 5. № 1. P. 27-42.
5. Yanagibashi K. A new recycling process for coarse aggregate to be used concrete structure. / K. Yanagibashi, T. Yonezawa, T. Iwashimizu, D. Tsuji, K. Arakawa, M. Yamada. Environment-Conscious Materials and Systems for Sustainable Development. Proceedings of RILEM International Symposium. Tokyo, 2004. P. 137-143.
6. Лесовик В.С. Строительные композиты на основе отсеков дробления бетонного лома и горных пород / В.С. Лесовик, С-А. Ю. Муртазаев, М.С. Сайдумов // Грозный: ФГУП «Издательско-полиграфический комплекс «Грозненский рабочий». 2012. 192 с.

7. *Brameshhuber W., Schubbert P.* Neue Entwicklungen bei Beton und Mauerwerk. Centrum Baustoffe und Material- prufund: Fest-schrift zum 60. Geburststag von Prof. Dr.-Ing. Peter Schlupi. 2003. №2. Pp. 199-220.
8. *Каприелов С. С.* Модифицированные высокопрочные бетоны классов В80 и В90 в монолитных конструкциях. Ч. II / *С. С. Каприелов* [и др.] // Строительные материалы. 2008. №3. С. 9-13.
9. *Саламанова М.Ш.* Разработка составов долговечных бетонов с использованием композиционного вяжущего / *М.Ш. Саламанова, Р.Г. Бисултанов, Т. С-А. Муртазаева, М. С-М. Хубаев* // Научное обозрение. 2016. №10. С. 56-65.
10. *Lukuttsova N.P.* Extreme modelling of concrete optimal composition and content of the components / *N.P. Lukuttsova, A.A. Pykin, S.N. Golovin, P.A. Artamonov* // Key Engineering Materials. 2021. №887. Pp. 536-541.
11. *Bondarev B.A.* Research of fiberglass polymer concrete switch bars on endurance under cyclic loading / *B.A. Bondarev, A.Y. Sychev, A.A. Kosta* // Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. T. 147. C. 294-301.
12. *Urkhanova, L.A.* Mechanical and electrical properties of concrete modified by carbon nanoparticles / *L.A. Urkhanova, S.L. Buyantuev, A.A. Urkhanova, S.A. Lkhasaranov, G.R. Ardashova, R.S. Fediuk, A.P. Svintsov, I.A. Ivanov* // Magazine of Civil Engineering. 2019. №8 (92). C. 163-172.
13. *Саламанова М.Ш., Муртазаев С-А. Ю., Аласханов А.Х., Муртазаев Т. С-А.* Перспективы использования отходов цементной промышленности для получения современных бетонных композитов // Строительные материалы. 2021. №5. С. 54-63.
14. *Nesvetaev G., Koryanova Y., Zhilnikova T.* On effect of superplasticizers and mineral additives on shrinkage of hardened cement paste and concrete // MATEC Web of Conferences 27. Sep. "27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFoCE 2018" 2018. C. 04018.
15. *Murtazayev S-A. Yu., Salamanova M.Sh., Alashanov A.Kh., Ismailova Z.Kh.* Features of Production of Fine Concretes Based on Clinkerless Binders of Alkaline Mixing // 14th International Congress for Applied Mineralogy (ICAM 2019) Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 23-27 September 2019. Belgorod, 2019. Pp. 385-388.
16. *Баснукаев И.Ш.* Нанотехнологии и наноматериалы / *И.Ш. Баснукаев, А.А. Исламов, Д.Ш. Мусостова* // Вестник ГГНТУ. Технические науки. 2021. Т. 17. №4 (26). С. 50-56.
17. *Керимов И.А., Бадаев С.В.* Сейсмичность и сейсмическая опасность терско-каспийского прогиба / *И.А. Керимов, С.В. Бадаев* // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2021. Т. 6. №3 (25). С. 20-34.
18. *Mintsaeв M.S., Aliev S.A., Kuladzhi T.V.* Comparative analysis of 5g/imt-2020 communications networks, wireless technologies and quantum technologies / *M.S. Mintsaeв, S.A. Aliev, T.V. Kuladzhi* // 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020. 2020. C. 927-1084.

COMPLEX ORGANOMINERAL SUPPLEMENT USING NATURAL AND MAN-MADE RAW MATERIALS

©¹S. G. Sheina, ^{2,3}M. S. Saydumov, ^{2,4}I. S-A. Murtazaev, ⁵M. P. Maslakov

¹DSTU, Rostov-on-Don, Russia

²GSOTU named after acad. M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia

³Academy of Sciences of the Chechen Republic, Grozny, Russia

⁴Kh. Ibragimov Complex Institute of the RAS, Grozny, Russia

⁵NCMMI (STU), Vladikavkaz, Russia

The article is devoted to the problem of developing an organomineral additive for the design of modern high-quality building composites using substandard natural and technogenic raw materials. The article presents the results of research on the study of the reserves of raw materials in the Chechen and neighboring republics and regions, in order to establish the possibility of obtaining on their basis modern high-quality composites for the construction of building structures and the production of civil works.

A comparative analysis of data on the study of technological (mobility, workability, etc.), physical, mechanical and deformation properties of both a concrete mixture based on various raw materials and concrete is given. The properties and structure of building composites obtained using an organomineral additive based on technogenic raw materials have been determined.

It has been established that concretes based on local technogenic and natural raw materials are characterized by increased strength (50 MPa and more), shelf life (more than 10 hours), insignificant values of relative shrinkage deformations (no more than 0.6-0.75 mm/m), smaller size pores, and, therefore, increased durability.

Keywords: high-quality concretes, building composites, composite binders, mineral powder, durability

REFERENCES

1. Bazhenov, Yu. M., Bataev, D. K-S., Murtazaev S-A. Yu. and others (2011) 'Melkozemnistye betony iz tekhnogennogo syr'ya dlya remonta i vosstanovleniya povrezhdennykh zdaniy i sooruzhenii'. [Fine-grained concrete from technogenic raw materials for repair and restoration of damaged buildings and structures], Grozny, 342 c.
2. Murtazaev, S-A. Yu. and Salamanova, M. Sh. (2015) 'Vysokoprochnye betony s ispol'zovaniem fraktsionirovannykh zapolnitelei iz otkhodov pererabotki gornykh porod'. *Zhurnal «Ustoichivoe razvitie gornykh territorii»*. [High-strength concretes using fractionated aggregates from rock processing waste. Journal "Sustainable Development of Mountain Territories"]. № 1 (23), pp. 23-28.
3. Bazhenov, Yu. M., Demyanova, B. C. and Kalashnikov, V. I. (2006) 'Modifitsirovannye vysokokachestvennye betony. Nauchnoe izdanie. [Modified high-quality concretes. Scientific publication]. Publishing House of the Association of Construction Universities, Moscow, 368 p.
4. Dosho, Y. (2007) 'Development of a Sustainable Concrete Waste Recycling System "Application of Recycled Aggregate Concrete Produced by Aggregate Replacing Method"'. *Journal of Advanced Concrete Technology*. Japan Concrete Institute. scientific paper. Vol. 5. № 1. Pp. 27-42.
5. Yanagibashi, K. Yonezawa, T., Iwashimizu, T., Tsuji, D., Arakawa, K. and Yamada, M. 'A new recycling process for coarse aggregate to be used concrete structure'. Environment Conscious Materials and Systems for Sustainable Development'. *Proceedings of RILEM International Symposium*. Tokyo. 2004. P. 137-143.

6. Lesovik, V.S. Murtazaev, S-A. Yu. and Saidumov M.S. (2012) 'Stroitel'nye kompozity na osnove otsevvov drobleniya betonnoy loma i gornyykh porod' [Structural composites based on screenings for crushing concrete scrap and rocks]. Federal State Unitary Enterprise "Publishing and Printing Complex "Groznsky Rabochiy", Grozny, 192 p.
7. Brameshuber, W. und Schubert, P. (2003) Neue Entwicklungen bei Beton und Mauerwerk. Centrum Baustoffe und Material- prufund: Fest-schrift zum 60. Geburtstag von Prof. Dr. Ing. Peter Schlupf. № 2, pp. 199-220.
8. Kapriylov, S. S. (2008) 'Modifitsirovannyye vysokoprochnyye betony klassov V80 i V90 v monolitnykh konstruksiyakh'. *Stroitel'nye materialy*. [Modified high-strength concretes of classes B80 and B90 in monolithic structures. Part II. Construction materials]. № 3, pp. 9-13.
9. Salamanova, M. Sh., Bisultanov, R. G., Murtazaeva, T. S-A. and Khubaev, M. S-M. (2016) 'Razrabotka sostavov dolgovechnyykh betonov s ispol'zovaniem kompozitsionnogo vyazhushchego'. Development of compositions of durable concretes using composite binder. *Scientific Review*. № 10, pp. 56-65.
10. Lukutsova, N.P. Pykin, A.A. Golovin, S. N. and Artamonov, P. A. (2021) Extreme modeling of concrete optimal composition and content of the components. *Key Engineering Materials*. № 887, pp. 536-541.
11. Bondarev, B. A., Sychev, A. Y. and Kosta, A. A. (2021) Research of fiberglass polymer concrete switch bars on endurance under cyclic loading. *Lecture Notes in Civil Engineering*. V. 147. Pp. 294-301.
12. Urkhanova, L. A., Buyantuev, S. L., Urkhanova, A. A., Lkhasaranov, S.A. Ardashova, G. R., Fediuk, R. S., Svintsov, A. P. and Ivanov, I. A. (2019) 'Mechanical and electrical properties of concrete modified by carbon nanoparticles'. *Journal of Civil Engineering*. № 8 (92). Pp. 163-172.
13. Salamanova, M. Sh., Murtazaev, S-A. Yu., Alashanov, A. Kh. and Murtazaev, T. S-A. (2021) 'Perspektivy ispol'zovaniya otkhodov tsementnoi promyshlennosti dlya polucheniya sovremennykh betonnykh kompozitov'. *Stroitel'nye materialy*. [Prospects for the use of cement industry waste to obtain modern concrete composites]. № 5. Pp. 54-63.
14. Nesvetaev, G., Koryanova, Y. and Zhilnikova, T. (2018) 'On the effect of superplasticizers and mineral additives on shrinkage of hardened cement paste and concrete'. In the collection: *MATEC Web of Conferences 27. Ser. "27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFOCE 2018"*, P. 04018.
15. Murtazayev, S.A. Yu., Salamanova, M. Sh., Alashanov, A. Kh. and Ismailova, Z. Kh. 'Features of Production of Fine Concretes Based on Clinkerless Binders of Alkaline Mixing'. *14th International Congress for Applied Mineralogy (ICAM 2019)*. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 23-27 September 2019, Belgorod, pp. 385-388.
16. Basnukaev, I. Sh., Islamov, A. A. and Musostova, D. Sh. (2021) 'Nanotekhnologii i nanomaterialy' [Nanotechnologies and nanomaterials], Herald of GSTOU. *Technical sciences*. V. 17. № 4 (26). Pp. 50-56.
17. Kerimov, I. A. and Badaev, S. V. 'Sejsmichnost' i sejsmicheskaya opasnost' tersko-kaspijskogo progiba'. *Groznenskiy estestvennonauchnyy byulleten*. [Seismicity and seismic hazard of the Terek-Caspian trough. Grozny Natural Science Bulletin]. V. 6. № 3 (25). Pp. 20-34.
18. Mintsayev, M. S., Aliev, S. A. and Kuladzhi, T. V. (2020) 'Comparative analysis of 5g/imt-2020 communications networks, wireless technologies and quantum technologies'. In the collection: *2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020*. P. 927-1084.