INNOVATIVE PUBLICATION

Journal of Effective Learning and Sustainable Innovation

Vol.4 №5 (2026). MAY

innovativepublication.uz

UDK: 691.327.32:

YUCHT MAYDONIDA FAOLLASHTIRILGAN TEXNOGEN CHIQINDILAR ASOSIDA OLINGAN QO‘SHIMCHALARNING TUZILISHINI ELEKTRON MIKROSKOPDA TAHLIL QILISH

dots. (PhD)., ***Xasanov Baxrom Baxodirovich***., *b.xasanov@taqu.uz*

(Toshkent arxitektura-qurilish universiteti)

Annotatsiya: *Mazkur maqolada YUCHT (yuqori chastotali to‘lqin) maydonida faollashtirilgan texnogen chiqindilar asosida olingan mineral qo‘shimchalarning mikrostrukturaviy xususiyatlari elektron mikroskop yordamida tadqiq etilgan. Tadqiqot jarayonida sanoat chiqindilarining fizik-kimyoviy faollashuvi, dispersligi hamda zarrachalar yuzasidagi o‘zgarishlar o‘rganildi. Elektron mikroskopik tahlillar natijasida YUCHT maydoni ta’sirida qo‘shimcha zarrachalarining tuzilishi zichlashishi, g‘ovaklik kamayishi va amorf fazalarning miqdori ortishi aniqlangan.*

Аннотация: *В данной статье с помощью электронного микроскопа исследованы микроструктурные особенности минеральных добавок, полученных на основе техногенных отходов, активированных в поле высокочастотных волн (ВЧВ). В ходе исследования были изучены физико-химическая активация, дисперсность и изменения поверхности частиц промышленных отходов. В результате электронно-микроскопического анализа установлено, что под воздействием поля ЧСС структура примесных частиц уплотняется, пористость уменьшается и количество аморфных фаз увеличивается.*

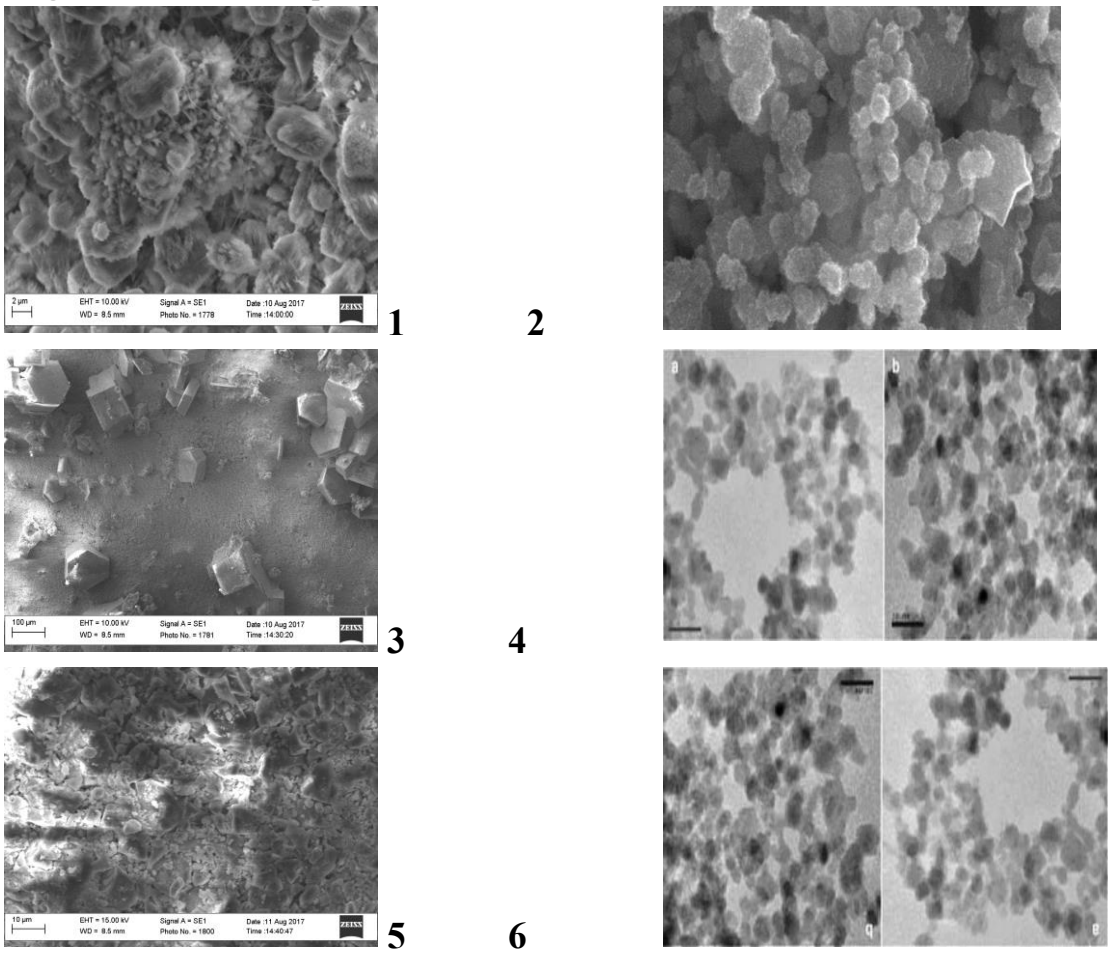
Annotation: *This article examines the microstructural features of mineral additives obtained from technogenic waste activated in a high-frequency wave (HWW) field using an electron microscope. During the study, the physicochemical activation, dispersion, and surface changes of industrial waste particles were studied.*

Kalit so‘zlar: *YUCHT maydoni, texnogen chiqindilar, faollashtirish, elektron mikroskop, mikrostrukturaviy tahlil, mineral qo‘shimcha, qurilish materiallari, disperslik, amorf faza.*

Ключевые слова: *Поле ТЧС, техногенные отходы, активация, электронная микроскопия, микроструктурный анализ, минеральная добавка, строительные материалы, дисперсность, аморфная фаза.*

Keywords: *TCH field, technogenic waste, activation, electron microscopy, microstructural analysis, mineral additive, construction materials, dispersion, amorphous phase.*

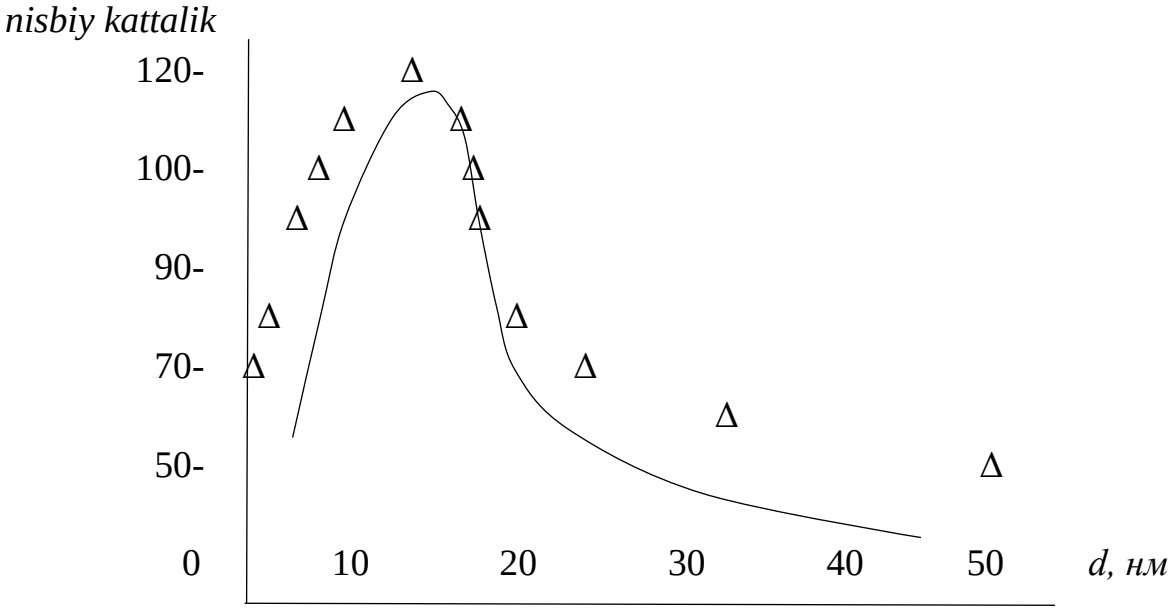
YUCHT maydonida faollashtirilgan texnogen chiqindilar asosida olingan qo‘shimchalarning tuzilishini elektron mikroskopda (1-rasm) tahlil qilish natijalari bizning fikrimizni tasdiqladi.



1-rasm. Texnogen chiqindilar asosida olingan o‘ta faol qo‘shimchalarning (1,3,5) YUCHT ta’siridan avvalgi, (2,4,6) YUCHT ta’siridan keyingi elektron mikroskopda olingan suratlari: 1,2 - Yangi Angren kul-toshqoli, 3,4 - “O‘zmetkombinat” OAJ kul-toshqoli, 5,6 - “Maksam-Ammofos” OAJ chiqindisi - fosfogips (24000 marta kattalashtirilgan).

Elektron mikroskopda 24000 marta kattalashtirilgan tasvirlarni tahlili qilish shuni ko‘rsatdiki (1-rasm), YUCHT maydoni ta’siridan avval, barcha texnogen chiqindi

asosida olingan zarrachalar (1-rasm, 1-,3-,5-suratlar) tartibsiz, amorf hududda joylashgan mayda zarrachalar ko‘rinishida ekanligi namoyon bo‘ldi.



2-rasm. YUCHT maydonida faollashtirilgan qo‘shimcha sirtidagi g‘ovaklarning taqsimlanish funksiyasi.

Bu zarrachalarga YUCHT maydoni ta’sir etgandan so‘ng esa (1- rasm, 2,4,6-suratlar), barcha zarrachalarning sirtqi qavati turli kattalikdagi nano- va mikroo‘lchamdagi g‘ovaklar bilan qoplanganligi, bu jarayon to‘xtovsiz davom etayotganligi ko‘rindi. Bundan tashqari, qavatlangan tuzilishiga ega bo‘lgan ayrim cho‘zilgan, kalta-kulta amorf xususiyatga ega bo‘lgan aglomeratlar ham hosil bo‘lganligi aniqlandi.

G‘ovaklarning inersiya nurini tarqatish radiusi va ularning chiziqli o‘lchamlari Ginye usuli bilan (2-rasm) aniqlandi [1,3,5,7].

G‘ovaklar va ular hosil qilgan klasterlar turli chiziqli masshtablarga ega bo‘lganligi sababli o‘lchamlarning taqsimlanishga bog‘liqligini hisobga olib, g‘ovaklarning bir xil bo‘lmagan funksiya qiymatlari 12 nm ga, g‘ovaklarning balandligi esa 3-18 nm ga tengligi aniqlandi. Bu olingan qiymatlar, mikro- va nanozarrachalarning taqsimlanish egri chiziqligida, ayrim “dum”ga o‘xshagan tuzilishi mavjudligini ko‘rsatadi, bu esa faollashtirilgan qo‘shimchaning katta masshtabdagi reaksion faollikni namoyon etishiga olib keladi. Bu olingan natijalar amorf kremniy dioksidining bulutlar shaklidagi tuzilishi deb nomlangan [2,4,6,8] farazlar bilan mutanosib keladi.

Tadqiqotlarning keyingi bosqichida biz qurilish materiallarining olovga va issiq haroratga chidamliligini oshiruvchi qo‘shimchalar yordamida ularning fizik-mexanik va fizik-kimyoviy xossalarini eksperimental va nazariy tadqiqotlar asosida ishlab chiqarish uchun ularning optimal parametrlarini aniqladik [1,2,3,6,7].

1-jadval

YUCHT maydon ta’sirida faollashtirilgan qo‘shimchalarning kimyoviy tarkibi

Komponent nomi	Oksidlarning massa miqdori, %									
	SiO	FeO	AlO	TiO	CaO	MgO	SO	PO	NH	Ni
Yangi Angren IES kul -oshqoli	87,23	3,41	5,15	0,32	1,75	0,73	0,03	0,06	-	-
“O‘zmetkombinat” AJ kul-toshqoli	34,82	21,34	3,18	5,72	0,56	0,14	0,45	0,04	-	18,4
Fosfogips	3,04	0,74	0,78	-	43,22	-	43,22	2,42	12,2	-

Buning uchun faollashtirilgan qo‘shimchalarning kimyoviy tarkibini (1- jadval) tahlil qildik. 1-jadvaldagi ma’lumotlarga ko‘ra, Yangi Angren IES va “O‘zmetkombinat” OAJ kul-toshqollaridan YUCHT maydonida faollashtirilgan qo‘shimchalarning kimyoviy tarkibi tegishlicha asosan kremniy (87,23 % va 34,83 %) hamda temir (3,41 % va 21,34 %) oksidlaridan iborat, lekin “O‘zmetkombinat” OAJ kul-toshqollari tarkibida nikel metalli 18,4% mavjudligini ko‘rsatdi. Biz shartli ravishda YUCHT maydonida faollashtirilgan Yangi Angren IES kul-toshqolini “YUCHT-1”, “O‘zmetkombinat” OAJ kul-toshqolini “YUCHT-2” va “Maksam-Ammofos” OAJ chiqindisining YUCHT maydonida faollashtirilgan qo‘shimchasini “YUCHT-3” deb nomladik. YUCHT maydonida faollashtirilgan “YUCHT-1” va “YUCHT-2” qo‘shimchalarning tarkibida SO3 ning miqdori tegishlicha 0,03 % va 0,45 % ni tashkil etsa, “YUCHT-3” tarkibida kimyoviy tahlil natijalariga ko‘ra SO^3 ning miqdori - 43,22 % ni tashkil etishi aniqlandi. Bu esa «YUCHT-3» aralashmalaridan faol mineral qo‘shimcha sifatida va ehtimol – kompozitsion portlandsementlar olish uchun tabiiy gips-toshi o‘rnida ham ularni tishlashish muddatini sozlovchi sifatida foydalanish imkoniyati mavjudligini ko‘rsatdi.

Endi YUCHT maydoni ta’sirida texnogen chiqindi asosida olingan faollashtirilgan qo‘shimchalarning o‘zini fizik, mexanik va kimyo fani nuqtai-nazaridan namoyon etishini, bu jarayonning mohiyatini, mexanizmini va qonuniyatlarini tahlil etish zarur bo‘ladi.

Jumladan, kimyo fani nuqtai-nazaridan qurilish ashyosi amaliy xususiyatlarining o‘zgarishi qattiq fazali (quruq) usullarda qattiq fazali reaksiyalar natijasida ma’lum miqdordagi kalsiy ionlari va fosfatlarni o‘z ichiga olgan aralashmalarning kalsiylanish paytida (1000–1300 °C) hamda diffuziya jarayonlari natijasida gidroksiapatitning (GA) hosil bo‘lishini o‘z ichiga oladi. Gidroksil guruhlarining manbai sifatida suv bug‘ining atmosferasi ishlatiladi. Quruq sintezning bir namunasi – bu kalsiy tuzlari va fosfor kislotasidan GA hosil bo‘lish jarayonidir. GAning qattiq fazali sintezi, masalan -$Ca_3(PO_4)_2$ ва $CaCO_3$ aralashmalarining kalsiylanishi; $Ca_2P_2O_7$ va $CaCO_3$; $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ va CaO suv bug‘lari ishtirokida 900–1300°C haroratda boradi.

Suv bug‘ining mavjudligi, masalan:

$$6CaHPO_4 \cdot 2H_2O + 4CaCO_3 \rightarrow Ca_{10}(PO_4)6(OH)_2 + 14H_2O + 4CO_2 \quad (1)$$

Ca stexiometrik tarkibini Ca/P =1,67 nisbati bilan shakllantirish uchun quruq usul standart hisoblanadi, ammo ular ko‘p vaqt, yuqori harorat va energiya talab qiladi. Bundan tashqari, ushbu usullar yordamida mahsulot tarkibining bir hilligiga erishish qiyin. Qattiq fazali sintezning barcha jarayonlaridan nanokristall qotishmalari va keramika kabi turli xil materiallarni olish uchun ishlatiladigan mexanik kimyoviy jarayonlar alohida-alohida ajratilishi mumkin.

Boshlang‘ich reagentlar dastlab yer ustiga joylashtirilgan va keyinchalik mexanik-kimyoviy usulda issiqlik ta’sir qiladigan pechga joylashtirilgan oddiy qattiq fazali sintezdan farqli o‘laroq, materiallar reaktivlar orasidagi nisbatning stexiometrik nisbatini saqlab turganda aralashtirish tegirmonida yotadi. Qattiq fazali usul bilan olingan zarralar mexanik-kimyoviy usullardan farqli o‘laroq boshqacha shakldagi nosimmetrikliklar bo‘lib, ulardan foydalanish natijasida GA zarrachalari hajmi va tuzilishida bir xildir. Mexanik-kimyoviy sintezda biz eng ko‘p ishlatgan reaksiya tenglamalari quyidagicha boradi:

$$6CaHPO_4 \cdot 2H_2O + 4CaO \rightarrow Ca_{10}(PO_4)6(OH)_2 + 14H_2O \quad (2)$$

$$10CaCO_3 + 6NH_4H_2PO_4 \rightarrow Ca_{10}(PO_4)6(OH)_2 + 8H_2O + 10CO_2 + 6HN_3 \quad (3)$$

$$6CaHPO_4 + 4Ca(OH)_2 \rightarrow Ca_{10}(PO_4)6(OH)_2 + 6H_2O \quad (4)$$

Gidrotermal sintez usuli yuqori bosim va harorat sharoitida sodir bo‘ladigan va qimmatbaho uskunalarni talab qiladigan reaksiyalarni o‘z ichiga oladi. Bog‘lovchi materiallar sifatida $(HN_4)3PO_4$, $Ca(CO_3)_2$ ва $(HN_4)2HPO_4$ bilan ammiakli suvda, shuningdek kalsiy oksidi va suv bilan kalsiy pirofosfat ishlatildi.

Masalan:

$3Ca_2P_2O_7 + 4CaO + H_2O \rightarrow Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ (5)

$6CaHPO_4 + 4CaCO_3 + 2H_2O \rightarrow Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2 + 4H_2CO_3$ (6)

Ammiakning suyuq eritmasi kiritilishi reaksiya tezligini oshiradi. Gidrotermal sintez metall kapsulalarda amalga oshiriladi: suv bilan birgalikda dastlabki reagentlar miqdori avtoklav hajmining 50-60 foizini egallashi kerak. Gidrotermal usul bilan olingan gidroksiapatit, qoida tariqasida, juda toza va yuqori stexiometrikdir, ammo uni ishlab chiqarish yuqori moddiy xarajatlarni talab qiladi.

pH ning ko‘rsatkichini 7 dan yuqori darajada va kerakli sharoitlardagi namlikda ushlab turish kerak. Ko‘pgina hollarda, kalsiy ionlari manbai sifatida $CaCO_2$, $Ca(NO_3)_2$, $Ca(OH)_2$, $CaCO_3$, $CaCO_4 \cdot 2H_2O$, ba’zan $(CH_3COO)_2Ca$ ishlatiladi; shuni esdan chiqarmaslik kerakki, fosfatlarning asosiy manbalari kimyo sanoatining texnogen chiqindilaridir, bu esa ko‘pgina ekologik va atrof muhit muhofazasi muammolarini ham hal etishga olib keladi.

Ammiak gazi, ammiak yoki natriy gidroksid eritmalari ko‘pincha muhitning pH-ko‘rsatkichini rostlash (regulirovka) uchun ishlatiladi. Nam usullardan foydalanganda dastlabki bosqichda GA hosil bo‘lishiga to‘g‘ri kelmaydigan cho‘kindi hosil bo‘ladi. Kalsiy fosfatning dastlabki cho‘kishi tegishli sharoitlarda saqlanib qolganda, unda Ca/P nisbati ortadi va GA kristallanadi. GAdagi birlamchi cho‘kindi kristallanish tezligiga ko‘p omillar ta’sir qiladi: boshlang‘ich tuzlarning konsentratsiyasi, aralashtirish darajasi, muhitning pH darajasi, reaksiya harorati, ushlab turish vaqti va boshqalar. Shu sababli samarali natijalarga erishish uchun barcha sintez shartlariga qat’iy rioya qilish zarur. YUCHT maydondagi mikroto‘lqinli sintez paytida olingan kalsiy fosfatlarning fazaviy tarkibini aniqlash uchun, avvalo, kukunlarning rentgen fazali tahlillari, masalan, β, γ-nurlanishidan foydalanadigan SHIMADZU-6000 difraktometrida amalga oshirildi (to‘lqin uzunligi λ = 1), 5406Å). Ro‘yxatga olish 2Θ 0.3º qadam bilan 2Θ = 5–100º burchaklar oralig‘ida bosqichma-bosqich amalga oshirildi. Spektor-ma’lumotlarini qayta ishlash JPS4+ ma’lumotlar bazasi yordamida amalga oshirildi. Faza tarkibini miqdoriy baholash POWER-SELL-2.5 to‘liq profil tahlil dasturi yordamida amalga oshirildi. Kalsiy fosfatlari aralashmasining rentgenografiyasi 3-rasmda keltirilgan.

Kalsiy fosfatlari monitit $CaHPO_4$ va gidroksiapatit $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ aralashmasining rentgenogrammasiga binoan, shuni yodda tutish kerakki, kalsiy fosfatlarining fazali tarkibi haroratning o‘zgarishiga bog‘liq. Masalan, 200°C da $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$-$CaHPO_4$ monetitiga parchalanadi; 1200°C dan boshlab GA o‘rtacha kalsiy fosfat $Ca_3(PO_4)_2$ hosil bo‘lishi bilan parchalanadi, o‘rtacha kalsiy fosfat $Ca_3(PO_4)_2$ hosil bo‘lishi va

$Ca_3(PO_4)_2$ ning α- va β-modifikatsiyalari 1200-1400°C harorat oralig‘ida va hokazolarda amalga oshiriladi va boshqalar difraksiya to‘lqinlaridagi kenglik bo‘yicha kristallitning o‘lchami va GAning ion modifikatsiyalangan namunalarini olgandan so‘ng qattiq eritmalar hosil bo‘lishidagi cho‘qqilarning siljishi darajasini belgilaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Калашников В.И. “Расчет составов высокопрочных самоуплотняющихся бетонов” / В.И. Калашников // Строительные материалы. – 2008. – №10. – С. 4-6.
2. Калашников, В.И. Терминология науки о бетоне нового поколения /В.И. Калашников // Строительные материалы. – 2011. – №3. – С. 103-106.
3. Хасанов Б.Б. “Прочность, плотность, морозостойкость и долговечность газобетонных блоков”, Research and Education. Scientific Journal Impact Factor 2022: Vol. 1, Issue 7, 68-73 pages, October, 2022.
4. Abbas Guvalov (Kapanakchi), Sabriye Yusan, Saida Abbasova, Baxrom Xasanov “Development of an effective composition of aerated concrete as an energy-saving technology”, “Arxitektura, Muhandislik, Ta’lim va Atrof-Muhitni muhofaza qilishda Innovatsion Texnologiyalar” Xalqaro Ilmiy-Amaliy Anjuman Maqolalari To’plami TAQU-2025; 188-192 betlar.
5. И.И. Сиддиков, Э.Н. Нуркулов, Б.Б. Хасанов, С.К. Жумаев. “Огнезащита древесных материалов с использованием олигомерных антипиренов, полученных на основе местного сырья”, “Бино ва иншоотларнинг сейсмик хавфсизлигини таъминлашда замонавий ва инновацион ёндашувлар” Халқаро Илмий-Техник Анжуман. ТАҚУ, Тошкент, 2025-йил, 5-6 ноябрь.
6. Б.Б. Хасанов, И.И. Сидиков, Ф.Н. Нуркулов, “Маҳаллий хомашёлар асосида қурилиш материалларининг оловбардошлигини ошириш”, “Bino va inshootlarning seysmik xavfsizligi, energiya samaradorligi, zamonaviy qurilishda innovatsion texnologiyalar” mavzusida xalqaro ilmiy - amaliy anjuman TAQU 2024 yil, 22-23-oktabr.
7. Xasanov B.B,, Saydaliyev S. “Gazobeton bloklarining uzoqqa chidamliligi, mustahkamligi, o’rtacha zichligi va sovuqqa chidamliligi”, Research and Education. Scientific Journal Impact Factor 2022: Vol. 1, Issue 8, 4-9 pages, November, 2022.
8. Xasanov B.B., Allambergenov A.J. “Integrated physico-chemicals study of the unfluence of a microfiller on the formation on the structure and properties of lightweight concrete”, Journal of NORTHEASTERN UNIVERSITY. SCOPUS. Volume 25, Issue 04, December, 2022.