ISNN 3030-3907

2026/3
VOLUME 4

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/3 VOLUME 4

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

SANOAT CHIQINDILARINI MEXANIK FAOLLASHTIRISH ORQALI SEMENT UCHUN MIKROTO‘LDIRUVCHILAR OLISH

Ergashev M.T.
Toshkent kimyo-texnologiya instituti. Noorganik moddalar kimyoviy texnologiyasi kafedrasi mustaqil izlanuvchisi.
E-mail: ncsms@mail.ru
Mirzakulov X.Ch.
Toshkent kimyo-texnologiya instituti huzuridagi “PKQT va MO” tarmoq markazi direktori t.f.d., professor.
E-mail: khchmirzakulov@mail.ru

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda soda sanoati shlamli chiqindilarining kislota bilan ishlov berilgandan keyingi qattiq fazasini mexanik faollashtirish orqali sement uchun mikroto‘ldiruvchi sifatida qo‘llash imkoniyati o‘rganildi. Sharli tegirmonda maydalash natijasida zarrachalar o‘lchami kamayib, solishtirma sirt maydoni ortishi aniqlandi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra qo‘shimchaning optimal zarracha o‘lchami 1–5 mkm va miqdori 10–15 % bo‘lganda sementning 28 sutkalik mustahkamligi 3–4 MPa ga oshishi kuzatildi. SEM tahlillari mikrostrukturada C–S–H gel fazalarining ko‘payishi va strukturaning zichlashishini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: soda sanoati chiqindilari, mexanik faollashtirish, mikroto‘ldiruvchi, sement gidratatsiyasi, alumosilikatlar, SEM tahlili, beton mustahkamligi, disperslik.

Аннотация. В работе исследована возможность использования твердой фазы шламовых отходов содового производства после кислотной обработки в качестве микрозаполнителя для цемента путем механической активации. Установлено, что при измельчении в шаровой мельнице уменьшается размер частиц и увеличивается их удельная поверхность. Оптимальный размер частиц составляет 1–5 мкм, а содержание добавки 10–15 %, при котором прочность цемента на 28 сутки увеличивается на 3–4 МПа. Результаты СЭМ анализа показали уплотнение микроструктуры и увеличение количества C–S–H геля.

Ключевые слова: отходы содового производства, механическая активация, микрозаполнитель, гидратация цемента, алюмосиликаты, СЭМ анализ, прочность бетона, дисперсность.

Abstract. This study investigates the use of the solid phase of soda industry sludge waste after acid treatment as a microfiller for cement through mechanical activation. Grinding in a ball mill reduces particle size and increases specific surface area. The optimal particle size was found to be 1–5 μm with an additive content of 10–15 %, which increases the 28-day compressive strength of cement

ISSN 3030-3907

by 3–4 MPa. SEM analysis confirmed the densification of the microstructure and the formation of additional C–S–H gel phases.

Keywords: soda industry waste, mechanical activation, microfiller, cement hydration, aluminosilicates, SEM analysis, concrete strength, dispersion.

KIRISH.

So‘nggi yillarda qurilish materiallari sanoatida resurslardan samarali foydalanish, energiya sarfini kamaytirish hamda ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘ladigan sanoat chiqindilarini qayta ishlash masalalari dolzarb ilmiy yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, sement va beton ishlab chiqarishda turli mineral qo‘shimchalardan foydalanish nafaqat materiallarning fizik-mexanik xossalarini yaxshilaydi, balki ekologik muammolarni kamaytirishga ham xizmat qiladi. Shu sababli sanoat chiqindilaridan samarali foydalanish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar keng olib borilmoqda.

Soda sanoati jarayonlarida katta miqdorda shlamli chiqindilar hosil bo‘ladi. Mazkur chiqindilar asosan kaltsiy, magniy, kremniy va alyuminiy birikmalaridan tashkil topgan bo‘lib, ularni qurilish materiallari ishlab chiqarishda qo‘llash katta ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. Biroq ushbu materiallarning tabiiy holatdagi reaktivligi past bo‘lgani sababli ularni qo‘shimcha faollashtirish zarur bo‘ladi.

Mineral qo‘shimchalarning faolligini oshirishning samarali usullaridan biri mexanik faollashtirish hisoblanadi. Mexanik faollashtirish jarayonida zarrachalarning o‘lchami kamayadi, ularning solishtirma sirt maydoni ortadi hamda kristall panjarada turli strukturaviy nuqsonlar hosil bo‘ladi. Natijada materiallarning kimyoviy va fizik-kimyoviy faolligi ortib, ular sement tizimida faol mikroto‘ldiruvchi sifatida ishlashi mumkin.

Shu munosabat bilan ushbu tadqiqot ishida soda korxonalarining shlamli chiqindilarini kislota bilan ishlov berilgandan keyingi qattiq fazasini mexanik faollashtirish orqali sement tarkibida mikroto‘ldiruvchi sifatida qo‘llash imkoniyatlari o‘rganildi hamda uning sement toshining mustahkamligi va mikrostrukturasi xossalariga ta’siri tahlil qilindi.

ADABIYOTLAR TAHLILI. Soda korxonasining shlamli chiqindilarini kislotali ishlovdan keyingi qattiq fazasi amorf va qisman kristall kalsiy-magniy silikatlar, temir va alyuminiy silikatlar hamda kremniy dioksiddan tashkil topgan ko‘p komponentli alyumosilikat sistema sifatida foydalansa bo‘ladi. Bunday materialning reaksion qobiliyati asosan uning dispersligi va struktura defektlariga bog‘liq bo‘lib, mexanik faollashtirish ushbu parametrlarni boshqarishning samarali usulidir [1-2].

Mexanik faollashtirish va uning ishlash mexanizmi quyidagicha. Maydalash jarayonida qattiq jismga tashqi mexanik energiya beriladi va u kristall panjara

ISSN 3030-3907

energiyasiga aylanadi. Zarrachalar o‘zaro to‘qnashishi natijasida kristall strukturada dislokasiyalar, mikroyoriqlar va koordinasion to‘yinmagan atomlar hosil bo‘ladi. Bunday holatda alyumosilikat zarralarining erkin energiyasini oshiradi va ularni metastabil holatga o‘tkazadi. Natijada materialning kimyoviy faolligi keskin ortib, u gidravlik reaksiyalarga moyil holatga keladi [3].

Sement gidratasiyasi natijasida hosil bo‘lgan struktura kapillyar va gel poralardan tashkil topgan ko‘p bosqichli g‘ovak sistema hisoblanadi. Nanozarrachalar o‘lchami sement donlaridan bir necha o‘n baravar kichik bo‘lganligi sababli ular sement donalari orasidagi bo‘shliqlarni to‘ldiradi, bu orqali kapillyar poralar hajmini kamaytiradi va struktura zichligini oshiradi [4-5]. Natijada suv o‘tkazuvchanlik pasayadi va mustahkamlik ortadi.

Shu bilan birga, nanozarrachalar yuqori sirt energiyasiga ega bo‘lib, gidratasiya mahsulotlari uchun kristallizasiya markazi vazifasini bajaradi. C–S–H geli sement toshining sirtidagina emas, balki nanozarrachalar sirtida ham o‘sadi. Bu esa, sementda gidratasiyaning induksion davrini qisqartiradi, erta mustahkamlikni oshiradi va strukturaning bir xil taqsimlanishini ta'minlaydi [6]. Bundan tashqari, sement gidratasiyasida ajralib chiqadigan kalsiy gidroksid struktura uchun zaif faza hisoblanadi. Amorf kremnezem va defektlangan alyumosilikatlar u bilan reaksiyaga kirishib ikkilamchi gidrosilikatlar hosil qiladi [7].

Shu sababli nanofaollashtirilgan ushbu qo‘shimcha faqat to‘ldirgich emas, balki struktura hosil qiluvchi aktiv komponent sifatida namoyon bo‘ladi. Mustahkamlik oshishi faqat zichlashish bilan emas, balki yangi gidrosilikat fazalar hosil bo‘lishi bilan ham izohlanadi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Tadqiqot jarayonida soda sanoatining shlamli chiqindilarining kislota bilan ishlov berilgandan keyingi qattiq fazasi xomashyo sifatida olindi. Ushbu materialning reaktivligini oshirish maqsadida u yuqori energiyali sharli tegirmonda turli vaqt oralig‘ida mexanik faollashtirildi. Maydalanish jarayonida zarrachalarning o‘lchami, solishtirma sirt maydoni va dispersligi aniqlanib, ularning sement tizimiga ta’siri baholandi.

Mexanik faollashtirilgan qo‘shimchalar sement tarkibiga turli miqdorlarda (5–20 %) kiritilib, standart usullar asosida beton namunalari tayyorlandi. Olingan namunalarning 28 sutkalik siqilish mustahkamligi laboratoriya sharoitida aniqlanib, qo‘shimchaning optimal zarracha o‘lchami va miqdori belgilandi. Shuningdek, sement toshining mikrostrukturasi skanerlovchi elektron mikroskop (SEM) yordamida tahlil qilinib, mexanik faollashtirilgan mikroto‘ldiruvchining strukturaga ta’siri o‘rganildi.

ISSN 3030-3907

MUHOKAMA VA NATIJALAR. Yuqoridagilarni inobatga olingan holda, soda sanoati shlamli chiqindilarini kislotali ishlovdan keyingi qattiq fazasini mexanik faollashtirish maqsadida yuqori energiyali mexanik ta’sir beruvchi sharli tegirmon orqali ishlov berildi. Olingan na'munalarning o‘lchami va miqdorining sement mustahkamligiga ta’siri o‘rganildi. Hech qanday qo‘shimchalar qo‘shilmagan sementning mustahkamligi 42.5 MPa ni tashkil qiladi (1-jadval).

1-jadval

Mexanik faollashtirilgan qo‘shimchalarning o‘lchami va miqdorining sement mustahkamligiga ta'siri

Zarra o‘lchami, mkm	Na’muna miqdori	28 sutkalik mustahkamlik, MPa
30	5	43.5
	10	44.6
	15	45.0
	20	43.6
15	5	44.0
	10	45.6
	15	46.0
	20	44.7
7	5	44.8
	10	46.2
	15	47.5
	20	47.0
3	5	45.9
	10	47.1
	15	48.0
	20	47.4
0.8	5	44.1
	10	46.3
	15	46.8
	20	45.6
0.3	5	43.1
	10	45.3
	15	45.8
	20	43.5

Mexanik faollashtirilgan alyumosilikat qo‘shimcha zarra o‘lchami kamayishi bilan sement toshining mustahkamligi ekstremal xarakterda o‘zgaradi.

ISSN 3030-3907

Zarra 30 mkm dan 3 mkm gacha kichrayganda hamda maqbul tarkibda qo‘shilganda mustahkamlik 45 MPa dan 48 MPa gacha ortib, taxminan 2–3 MPa qo‘shimcha mustahkamlik ta’minlanadi. Bu holat kapillyar poralarning samarali to‘ldirilishi va gidratasiya mahsulotlari uchun nukleasiya markazlari soni ortishi bilan tushuntiriladi. Shu o‘lchamda pussolan reaksiyasi ham eng intensiv kechadi. Zarra o‘lchami 1 mkm dan kichik bo‘lganda mustahkamlikning kamayishi quyidagi omillar bilan izohlanadi: zarralarning aglomerasiyasi natijasida samarali disperslik yo‘qolishi, adsorbsion suv sarfining ortishi va sement gidratasiyasi uchun erkin suvning kamayishi. Katta zarralarda esa reaksion sirt etarli bo‘lmaganligi sabab qo‘shimcha asosan inert to‘ldirgich sifatida ishlaydi. Shu sababli mexanik faollashtirilgan qo‘shimcha uchun optimal disperslik 1–5 mkm oraliqda bo‘lib, aynan shu sohada maksimal mustahkamlik ta’minlanadi.

Mexanik faollashtirilgan qo‘shimchaning optimal miqdori 10–15% oraliqda bo‘lib, ushbu miqdora 28 sutkalik mustahkamlikni 3–4 MPa ga oshirish imkonini beradi. Ushbu qo‘shimchalarning miqdori 15% dan yuqori miqdorida klinker umumiy ulushi va asosiy gidratasiya mahsulotining kamayishi hisobiga betonning suvtaabdik xususiyati ortadi. Bundan tashqari sement tarkibida $Ca(OH)_2$ miqdori cheklangan bo‘lib ortiqcha SiO_2 reaksiyaga kirishmay qoladi va shunchaki inert to‘ldirgichga aylanadi, natijada beton mustahkamligi kamayishiga olib keladi.

Qo‘shimchalarni maqbul maydalanish darajasiga maydalash davomiyligining ta’siri o‘rganildi (2-jadval).

2-jadval

Sharli tegirmonda maydalash vaqtining maydalanish darajasiga ta'siri

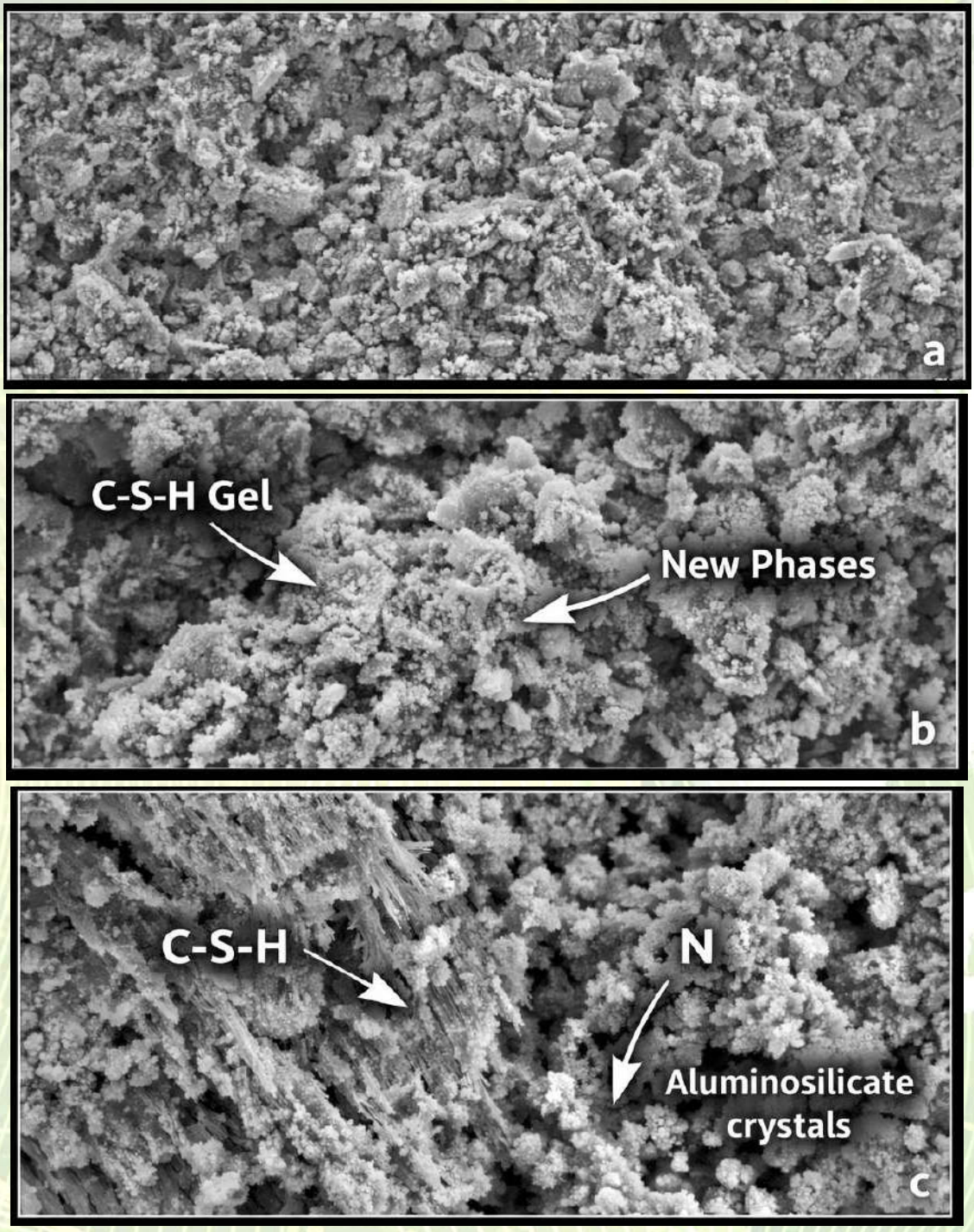
Maydalash vaqti, min	O‘rtacha zarra o‘lchami d_{50}, mkm	Udel sirt m^2/g
0	45	0.8
10	18	2.1
20	8	4.5
30	3.5	8.2
40	2.8	10.4
60	2.2	11.1
90	1.6	11.3

Yuqoridagi jadvaldan ko‘rishimiz mumkinki maydalanish vaqti oshib borishi bilan zarrachalarning o‘chami kamayib boradi. Bundan tashqari udel sirt (1 grammga to‘g‘ri keladigan umumiy sirt maydoni) ham mos ravishda ortib boradi. Biz maydalanish darajasining 30-40 daqiqa oralig‘ini maqbul deb belgilab oldik.

Soda korxonasining shlamli chiqindilarini kislotali ishlovdan keyingi qattiq fazasini mexanik faollashtirish orqali maqbul nisbatlarda sement tarkibiga

ISSN 3030-3907

kiritilishida olingan beton na’munalarining SEM tahlili o‘rganildi va natijalar quyidagi rasmda keltirildi.



1-Rasm. Mexanik faollashtirilgan qo‘shilgan beton na'munalaring 28 kunlik yoshidagi SEM tahlili

SEM tahlili natijalariga ko‘ra mexanik faollashtirilgan qo‘shimcha qo‘shilgan sement namunasining mikrostrukturasi sezilarli darajada zichlashganini ko‘rsatdi. Umumiy ko‘rinishda (a) matrisa bir tekis shakllangan bo‘lib, yirik kapillyar g‘ovaklar kuzatilmaydi. Bu holat mexanik faollashtirilgan alyumosilikat qo‘shimchaning mikrofiller effekti natijasida poralar hajmi kamayganini anglatadi.

ISSN 3030-3907

Yuqori kattalashtirishda (b) C–S–H geli miqdorining ortishi va uning matrisa bo‘ylab zich joylashgani aniqlandi. Amorf SiO_2 va alyumosilikat fazalar $Ca(OH)_2$ bilan pussolan reaksiyaga kirishib, qo‘shimcha gidrosilikat fazalar hosil qilgan. Natijada portlandit miqdori kamayib, mustahkamlikni ta'minlovchi gel fazasi ko‘paygan. Shuningdek, c- rasimda ko‘ringanidek C–S–H geli ichida mayda alyuminosilikat kristallari kuzatildi. Ular nukleasiya markazi vazifasini bajarib, gidratasiya jarayonini tezlashtirgan va strukturaning zichlashishiga hissa qo‘shgan.

Umuman olganda, SEM natijalari mexanik faollashtirilgan mikroto‘ldiruvchi sement toshining mikrotuzilishini zichlashtirishi, poralarni kamaytirishi va yangi reaksion fazalar hosil qilishi orqali mustahkamlik oshishiga olib kelishini tasdiqlaydi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida soda sanoatining shlamli chiqindilarini mexanik faollashtirish orqali sement uchun samarali mikroto‘ldiruvchi sifatida qo‘llash mumkinligi aniqlandi. Mexanik maydalash jarayonida zarrachalar o‘lchamining kamayishi va solishtirma sirt maydonining ortishi natijasida materialning reaktivligi oshishi kuzatildi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra qo‘shimchaning optimal zarracha o‘lchami 1–5 mkm va sement tarkibidagi miqdori 10–15 % bo‘lganda betonning 28 sutkalik mustahkamligi sezilarli darajada ortishi aniqlangan. SEM tahlillari esa sement toshining mikrostrukturasi zichlashishi va C–S–H gel fazasining ko‘payishini tasdiqladi.

Olingan natijalarga asoslanib, soda sanoati chiqindilarini qurilish materiallari ishlab chiqarishda ikkilamchi xomashyo sifatida keng qo‘llash maqsadga muvofiq hisoblanadi. Bu esa bir tomondan ekologik muammolarni kamaytirsa, ikkinchi tomondan sement kompozitsiyalarining texnik xossalarini yaxshilash imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Li J., Zhang Y., Wang H., Chen X. Mechanical activation of siliceous tailings and its application as cement admixtures // Minerals Engineering. – 2021. – Vol. 169. – Article 107366.

2. Dvorkin L., Zhitkovsky V., Tracz T., Sitarz M., Mróz K. Mechanical–chemical activation of cement-ash binders to improve the properties of heat-resistant mortars // Materials. – 2024. – Vol. 17. – No. 23. – Article 5760.

3. Zhang J., Scherer G.W., Thomas J.J. The influence of mechanical activation by vibro-milling on the early-age hydration and strength development of cement // Cement and Concrete Composites. – 2016. – Vol. 71. – P. 53–62.

ISSN 3030-3907

4. Yadykina V.V., Gridchin A.M., Trautvain A. Research of the interaction of mechanically activated fillers based on silica and cement paste // Key Engineering Materials. – 2016. – Vol. 722. – P. 121–125.
6. Zhu L., Novak M., Stehlík P. The effect of mechanical activation of fly ash on cement-based materials hydration and hardened state properties // Materials. – 2023. – Vol. 16. – Article 2563.
7. Sanchez F., Sobolev K. Nanotechnology in concrete – A review // Cement and Concrete Research. – 2010. – Vol. 40. – No. 3. – P. 206–219.
8. Justnes H., Østnor T.A. Mechanical activation of mineral additives in cement systems // Cement and Concrete Composites. – 2007. – Vol. 29. – No. 3. – P. 188–193.

ISSN 3030-3907