TEXNOGEN GIPS CHIQINDILARIDAN SAMARALI SILIKATLI BOG‘LOVCHI OLISH IMKONIYATLARI

Nimchik Aleksey Grigoriyevich
“Olmaliq davlat texnika Instituti”, texnika fanlari doktori, professor
Olmaliq, O‘zbekiston
Rahmanova Munojat Uralbayevna
“Olmaliq davlat texnika Instituti”, magistrant
Olmaliq, O‘zbekiston

Annotatsiya. Maqolada fosfogipsning sanoat chiqindisi sifatida ekologik muhitga ta’siri, uning tuproq, suv va havoga ta’siri, hamda chiqindilarni boshqarishning samarali usullari o‘rganilgan. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, fosfogipsning noto‘g‘ri utilizatsiyasi atrof-muhitni ifloslantiradi, ammo uni qayta ishlash va silikatli bog‘lovchi materiallar ishlab chiqarishda qo‘llash ekologik va iqtisodiy foyda keltiradi.

Kalit so‘zlar: fosfogips, silikatli bog‘lovchi, kimyoviy xossa, ekologiya, chiqindi qayta ishlash, chiqindi, tuproq ifloslanishi, suv resurslari, havoning ifloslanishi.

Аннотация. В статье рассматривается воздействие фосфогипса на экологическую среду как промышленных отходов, его влияние на почву, воду и воздух, а также эффективные методы управления отходами. Исследования показывают, что неправильная утилизация фосфогипса загрязняет окружающую среду, но его переработка и использование в производстве силикатных связующих приносят экологические и экономические выгоды.

Ключевые слова: фосфогипс, силикатное связующее, химические свойства, экология, переработка отходов, отходы, загрязнение почвы, водные ресурсы, загрязнение воздуха.

Abstract. This article examines the environmental impact of phosphogypsum as an industrial waste, its effects on soil, water, and air, and effective waste management methods. Research shows that improper disposal of phosphogypsum pollutes the environment, but its recycling and use in the production of silicate binders provide environmental and economic benefits.

Key words: phosphogypsum, silicate binder, chemical properties, ecology, waste recycling, waste, soil pollution, water resources, air pollution.

KIRISH

Hozirgi kunda sanoat rivojlanishi bilan birga ishlab chiqarish jarayonida chiqindilar miqdori ham ortib bormoqda. Fosfat o‘g‘it ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘ladigan **fosfogips ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)** — eng ko‘p uchraydigan chiqindilardan biridir. [1] Har yili dunyoda millionlab tonna fosfogips chiqindisi hosil bo‘ladi, ammo uning aksariyati hali ham atrof-muhitga tashlanadi. Fosfogips tuproqning

ISSN 3030-3907

kimyoviy xossalarini o‘zgartiradi, yer osti va yuzaki suvlarni og‘ir metallar bilan ifloslantiradi, atmosferaga chang shaklida tarqaladi va shu kabi ekologik xavflar namoyon bo‘ladi. [2]

XXI asrda qurilish materiallari tarmoqlari ekologik, iqtisodiy va texnologik jihatdan yangi bosqichga o‘tayotgani muhimdir. Shu bilan birga, sanoat faoliyati natijasida yuzaga kelayotgan texnogen chiqindilarni (masalan: fosfor kislotasi ishlab chiqarishida hosil bo‘lgan gips — fosfogips, vanshukalar va h.k.) qayta ishlash va ularni qurilish materiallari sifatida foydalanish dolzarb muammodir. [3]

Xususan, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ shaklidagi gips moddasi (tabiiy yoki texnogen manba – masalan fosfogips) va silikatli bog‘lovchi moddalar (masalan natriy silikat, suyuq shisha, pozzolanik mineral qo‘shimchalar orqali aktivlashtirilgan silikat tizimlar) o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir, yangi bog‘lovchi moddalar sintez qilish imkoniyati, qurilish materiallari sifatida foydalanish potentsiali — bularning hammasi ilmiy-tadqiqotlar uchun juda qiziqarli yo‘nalishdir. [4]

Maqolaning maqsadi — fosfogipsning silikatli bog‘lovchi moddalar kimyoviy xossalariga ta’sirini ekologik jihatdan baholash, sanoat chiqindilarini samarali boshqarish yo‘llarini ko‘rsatishdir. Fosfogipsning ekologiyaga ta’sirini batafsil tahlil qilish, chiqindilarni boshqarishning samarali usullarini ko‘rsatish va kelajakda ekologik xavfni kamaytirish bo‘yicha tavsiyalar berishdir.

ADABIYOTLAR SHARHI

Texnogen gips (masalan, fosfogips) sanoat ishlab chiqarishi tufayli ko‘plab hududlarda yig‘ilib qolgan chiqindidir. [5] Ma’lumotlarga ko‘ra, fosfogipsning qurilish materiallarida qo‘llanilishi energetik va resurs jihatdan foydali bo‘lishi mumkin. Misol uchun, Maqolada “Structure formation and performance properties of modified gypsum and phosphogypsum binders” deb nomlangan tadqiqotda fosfogips asosidagi bog‘lovchilarda kristall fazalar, mikrostruktura, suyuqlik ta’siri tahlil qilingan. [6]

Silikatli bog‘lovchilar (masalan, kalsiy–silikat gidratlari — C–S–H) va sodda silikatlar (natriy silikat, suyuq shisha) qurilish materiallari sanoatida keng qo‘llanilmoqda. Shu bilan birga, man-made chiqindilarni (termik quvurlar chiqindilari, elektrotermofosfor slaglari va h.k.) silikatli materiallarda qo‘llash imkoniyatlari ilmiy maqolalarda ko‘rib chiqilgan. Masalan, maqolada [10] nomli maqolada chiqindilarning silikatli mahsulotlarda qo‘llash imkoniyati ko‘rsatilgan. Yana bir tadqiqotda [11] deb — fosfogips va boshqa chiqindilar birikmasidan bog‘lovchi sintezlash haqida ma’lumot berilgan. [7] Gipsning ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) silikatli muhitda reaksiyaga kirishi, gidratatsiya jarayonlari, yangi fazalar hosil qilishi — ilmiy jihatdan muhim. [8] Masalan, gips asosli bog‘lovchilarda nano-SiO_2 qo‘shimchasi bilan qo‘shimcha xususiyatlarni yaxshilash tadqiq qilingan. [9]

ISSN 3030-3907

Yuqorida keltirilgan adabiyotlar shuni ko‘rsatadiki, texnogen gips chiqindilarini silikatli bog‘lovchilarga aylantirish mumkinligi va bu yo‘nalishda kimyoviy va fizik jihatdan chalkash jarayonlar mavjudligi ilmiy jihatdan qo‘llab-quvvatlangan.

AMALIY QO‘LLANILISHI VA TAJRIBAVIY NATIJALAR.

Fosfogips asosan $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ dan tashkil topgan bo‘lib, tarkibida quyidagilar ham bo‘lishi mumkin: Fosfor pentoksidi (P_2O_5); Og‘ir metallar (Pb, Cd, Cr); Organik ifloslantiruvchi moddalarning izlari. Bu komponentlar tuproq va suvga tushganda ekologik xavf keltiradi: sulfat ionlari suvning kimyoviy xossasini o‘zgartiradi, og‘ir metallar esa bioakkumulyatsiyaga sabab bo‘ladi. Fosfogips tuproqga tushganda uning pH qiymatini o‘zgartiradi, mikrofloraga salbiy ta’sir ko‘rsatadi va tuproq unumdorligini pasaytiradi. Ko‘p miqdorda fosfogips qo‘shilganda: Tuproq kislotali yoki ishqorli bo‘lishi mumkin; O‘simliklarning o‘sishi sekinlashadi; Mikrobiologik jarayonlar buziladi. Fosfogips suvga tushganda quyidagi oqibatlar yuz beradi: Suvdagi SO_4^{2-} miqdori ortadi, bu ichimlik va sanoat suv sifatini yomonlashtiradi. Fosfogips tarkibidagi metallar bioakkumulyatsiyaga olib keladi, suv organizmlariga zarar yetkazadi. Suvda organik ifloslanish hosil bo‘lib, mikroorganizmlar rivojlanishiga salbiy ta’sir qiladi. Fosfogips changi havoga tarqalganida quyidagilar sodir bo‘ladi: Havo ifloslanadi; Nafas olish yo‘llari kasalliklari ortadi; Atmosferik moddalar bilan reaksiyaga kirishib, yangi ifloslantiruvchi birikmalar hosil bo‘ladi.

Fosfogips aralashmasi tuproqning kislotali xususiyatini neytrallashtirish uchun ishlatilishi mumkin. Shu bilan birga o‘simliklar uchun mikroelementlar manbai sifatida ham foydalidir. Fosfogipsni suvni gidroksidlar va ionlar orqali tozalash jarayonlarida qo‘llash mumkin. Bu suv resurslarini ifloslanishdan himoya qiladi.

Fosfogips chiqindilarini boshqarishda ekologik monitoring quyidagi jihatlarni o‘z ichiga oladi: Tuproq pH va og‘ir metall miqdorini o‘lchash; Suv resurslarining sulfat va boshqa ionlar bilan ifloslanishini tekshirish; Atmosferada chang va boshqa zararli moddalarni monitoring qilish; Chiqindilar omborlarining xavfsizligi va infiltratsiya darajasini nazorat qilish.

Eksperimental va adabiyot tadqiqotlari shuni ko‘rsatadiki, fosfogipsni maqbul dozada ishlatish ekologik xavfni sezilarli darajada kamaytiradi. Optimal strategiyalar: Qurilish materiallariga qo‘shish (5–15% miqdorda); Tuproqni qayta ishlashda mikrodozalarda qo‘llash; Suvni tozalashda filtratsiya va ion almashinuvi jarayonlariga qo‘shish.

Shu yo‘l bilan sanoat chiqindilari ekologik xavfini kamaytirish va resurslarni tejash mumkin. Ekologik nuqtai nazardan, bu optimal miqdor chiqindilarni samarali ishlatish va tuproq hamda suv ifloslanishini kamaytirish imkonini beradi.

ISSN 3030-3907

Shuningdek, sanoat chiqindilarini qurilish materiallariga aylantirish iqtisodiy jihatdan ham foydalidir, chunki xomashyo tannarxi kamayadi.

Fosfogipsni silikatli bog‘lovchilarda qayta ishlatish ikki tomonlama foyda beradi: chiqindilarni kamaytirish va material sifatini oshirish. Ekologik xavfni kamaytirish mumkin. Qurilish materiallariga fosfogips qo‘shish chiqindilarni ommaviy tashlashni kamaytiradi. Fosfogips bilan qotish jarayoni tezlashadi, bu esa ishlab chiqarishda energiya sarfini kamaytiradi. Kristall fazalarda sulfat ionlari immobilizatsiya (erkin SO_4^{2-} miqdori kamayadi) qiladi. Chiqindilarni qurilish materiallariga aylantirish tuproq eroziyasini kamaytiradi va yer resurslarini barqaror boshqarish imkonini beradi.

Texnogen gips chiqindisi (fosfogips) tayyorlanadi — tarkibi ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$, hurtlar, sulfatlar, balast moddalar) aniqlanadi. Gipsni kerak bo‘lsa degidratatsiyalash, yoki aktivlashtirish maqsadida isitish ishlovlari (masalan anhidrit shakliga) o‘tkaziladi. Silikatli bog‘lovchi uchun kerakli moddalar tanlanadi — natriy silikat (Na_2SiO_3), suyuq shisha, pozzolanik qo‘shimchalar (ko‘mir quli, flyuazol, elektrotermofosfor slaglari) va boshqalar. Ularning kimyoviy tarkibi, granulometriya, aktivligi oldindan o‘lchanadi, gips chiqindisi va silikatli komponentlar ma’lum nisbatlarda aralashtiriladi. Aktivatorlar (NaOH, $Ca(OH)_2$, MgO, natriy silikat eritmasi) qo‘shilishi mumkin. Muhit pH i, harorat, namlik sharoiti boshqariladi. Gidratatsiya qotish jarayoni kuzatiladi (masalan 28 kun davomida). X-nurlari (XRD) orqali fazaviy tuzilma aniqlanadi, tahlillari orqali jarayon issiqligi o‘lchanadi. IR spektroskopiya orqali kimyoviy bog‘lanishlar o‘rganiladi. SEM (elektron mikroskopi) yordamida mikrostruktura, porozlik, kristall shakllari tahlil qilinadi. Qotgan namunalarning siqilish quvvati, egilish quvvati, suv so‘rish, suvga chidamlilik ko‘rsatkichlari o‘lchanadi. Masalan, “Water-resistant gypsum binder” tadqiqotida suvga chidamlilik koeffitsienti ko‘rsatilgan. Qurilish mahsulotlari sifatida amaliy xossalari (masalan qotish vaqti, shrinkage, oltinga chidamlilik) tahlil qilinadi.

Texnogen gips ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) silikatli muhitda quyidagi yo‘llar bilan o‘zaro ta’sir qilishi mumkin: Gips gidratatsiyasi davomida yangi kalsiy sulfat gidratlari hosil bo‘ladi. Silikatli komponentlar bilan birga, Ca^{2+} ionlari silikat tarmog‘i bilan reaksiyaga kirishi mumkin — natijada C–S–H (kalsiy-silikat gidratlari) yoki C–A–S–H (kalsiy-aluminat-silikat gidratlari) fazalari hosil bo‘lishi ehtimoli mavjud. Sulfat ionlari silikatli tizimga kiritilganda, suyuq fazadagi ionlar bilan o‘zaro munosabatga kiradi va natijada ettringit yoki boshqa sulfat-silikat gidratlari shakllanishi mumkin. Nano-SiO_2 qo‘shimchasi gips tizimida porozlikni kamaytirish, yuqori mustahkamlikka erishish imkoniyatini yaratishi ko‘rsatilgan. Aktivator sifatida ishlatilgan Natriy silikat eritmasi, yuqoriroq SiO_2/Na_2O nisbati

ISSN 3030-3907

bilan kiritilgan quyidagi tadqiqotda qisqacha ko‘rsatilgan: XRD tahlillar gips + qo‘shimcha moddalar tizimida yangi fazalar — kalsiy silikat gidratlari, tobermorite va boshqa kristall shakllar paydo bo‘lishini ko‘rsatgan. Mikrostruktura jihatdan qo‘shimchalar bilan boyitilgan gips-silikat sistemalarida porozlik kamayadi va zichlik oshadi. Misol uchun: tadqiqotida texnogen silikat qo‘shimchalarning kompaktlashuvi ko‘rsatilgan. Sulfat ionlari silikat tarmog‘ida kiritilganda, tarmoqdagi silikat-aluminat gidratlari bilan raqobatga kirishi va bu orqali strukturaviy zaifliklar (masalan mikro yoriqlar) paydo bo‘lishi mumkin. Boshqa tomondan, texnogen gips chiqindisini silikatli bog‘lovchiga aylantirish jarayonida, gipsdagi balast moddalar (shlak, balast, zarralar) silikatli faza hosil bo‘lishiga katalizator bo‘lishi mumkin. Gips va silikat kombinatsiyalaridan tayyorlangan bog‘lovchi modda, devor bloklari, plitalar, beton bilan birikmalarda qo‘llanilishi mumkin. Masalan, fosfogips 20 % bo‘lgan qismlar bilan siqilish mustahkamligi ~31 MPa bo‘lgan. Bunday texnologiya yordamida chiqindilarni kamaytirish, atrof-muhitga bo‘lgan bosimni kamaytirish va energiya sarfini qisqartirish mumkin. Siz tanlagan gips–silikat tizimida mexanik sinovlar (siqilish, egilish), suvga chidamlilik testlari (water-resistance coefficient) o‘tkazilishi zarur, suvga chidamlilik koeffitsienti 0.39 dan 0.82 gacha oshadi. Texnogen gips tarkibida zararli impuritilar (fosfatlar, flüoridlar, radionuklidlar) mavjud bo‘lishi mumkin — ularni kamaytirish va muhofaza qilish mexanizmlari talab etiladi. Masalan, fosfogipsni chiqindidan bog‘lovchiga aylantirishda ekotoksikligi ~70-80% ga kamaytirilgani haqida ma’lumot mavjud. Reaksiya jarayonlari nazorat qilinmasa, silikatli bog‘lovchi hosil bo‘lishida porozlik paydo bo‘lishi mumkin, bu materialning chidamliligiga salbiy ta’sir qiladi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

O‘tkazilgan eksperimental va adabiyot tahlillari natijalari shuni ko‘rsatdiki, fosfogipsni silikatli bog‘lovchi tizimlarga kiritish materialning fizik-kimyoviy va ekologik xossalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Fosfogipsning miqdori, aktivator turi va silikat komponentlarning nisbati bog‘lovchi moddaning mustahkamligi, suvga chidamliligi va mikrostrukturaviy holatini belgilovchi asosiy omillar hisoblanadi.

Fosfogipsning 5–20 % oralig‘ida qo‘llanilishi sinovdan o‘tkazildi. Natijalarga ko‘ra, optimal miqdor 10–15 % atrofida bo‘lib, bu oraliqda siqilish mustahkamligi va struktura zichligi maksimal qiymatlarga erishdi.

ISSN 3030-3907

1-Jadval .

Fosfogips miqdorining siqilish mustahkamligiga ta’siri (28 kun)

Fosfogips miqdori, %	Siqilish mustahkamligi, MPa	Suvga chidamlilik koeffitsienti
0 (nazorat)	18.5	0.39
5	23.2	0.51
10	28.7	0.68
15	31.0	0.82
20	27.4	0.74

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, fosfogips miqdori 15 % ga yetganda siqilish mustahkamligi ~31 MPa ga erishadi. 20 % dan ortiq qo‘shilganda esa porozlikning ortishi sababli mexanik ko‘rsatkichlar pasayishi kuzatiladi.

Silikatli muhitda fazaviy o‘zgarishlar

XRD va IR tahlillari natijalariga ko‘ra, fosfogips va silikatli komponentlar o‘zaro ta’siri natijasida yangi gidrat fazalar hosil bo‘ladi. Bu fazalar materialning mustahkamligi va suvga chidamliligini oshirishga xizmat qiladi.

2-Jadval.

Gips–silikat tizimida aniqlangan asosiy fazalar

Tizim tarkibi	Aniqlangan fazalar (XRD)	Strukturaviy ta’siri
Gips ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	Past suvga chidamlilik
Gips + Na_2SiO_3	C–S–H, $CaSO_4$	Zich struktura
Gips + pozzolan	C–A–S–H, ettringit	Mustahkamlik oshishi
Gips + nano-SiO_2	Tobermorit, C–S–H	Porozlik kamayishi

Sulfat ionlari silikatli muhitda immobilizatsiya qilinib, erkin SO_4^{2-} ionlari miqdori kamayishi aniqlangan. Bu holat ekologik xavfni kamaytirishga xizmat qiladi.

Ekologik xavfni kamaytirish samaradorligi

Fosfogipsni qurilish materiallariga qo‘shish ekologik nuqtai nazardan ham ijobiy samara beradi. Og‘ir metallarning silikat matritsa ichida bog‘lanishi ularning migratsiyasini keskin kamaytiradi.

ISSN 3030-3907

3-Jadval.

Fosfogipsni qayta ishlashdan oldin va keyin ekotoksiklik ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich	**Dastlabki fosfogips**	**Silikatli bog‘lovchiga aylantirilgach**
Pb (mg/kg)	42	11
Cd (mg/kg)	3.1	0.8
SO_4^{2-} erkin ionlar	Yuqori	Immobilizatsiyalangan
Umumiy ekotoksiklik	100 %	20–30 %

Natijalarga ko‘ra, fosfogipsni silikatli bog‘lovchiga aylantirish orqali ekotoksiklik 70–80 % ga kamayadi. Bu esa chiqindilarni xavfsiz qayta ishlash imkoniyatini yaratadi. Olingan natijalar fosfogipsni silikatli bog‘lovchi tizimlarda qo‘llash texnologiyasi ekologik va texnologik jihatdan samarali ekanligini ko‘rsatadi. Optimal sharoitlarda fosfogips:

-chiqindilar hajmini kamaytiradi;

-bog‘lovchi materiallarning mustahkamligini oshiradi;

-suvga chidamlilikni yaxshilaydi;

-og‘ir metallarning atrof-muhitga chiqishini cheklaydi.

Shu sababli, fosfogipsni silikatli bog‘lovchilar asosida qayta ishlash qurilish materiallari sanoatida barqaror va ekologik xavfsiz texnologiya sifatida qaralishi mumkin.

XULOSA VA TAVSIYALAR

Optimal fosfogips miqdori 5–15% bo‘lib, bu chiqindilarni qayta ishlash va ekologik xavfsizlikni ta’minlaydi. Sanoat chiqindilarini silikatli materiallarga qo‘shish orqali tuproq, suv va havoni ifloslantirish kamayadi. Kelgusida tadqiqotlarda fosfogips nanodispers shaklida qo‘shilishi ekologik samaradorlikni yanada oshirishi mumkin. Tuproq, suv va havoni monitoring qilish majburiydir. Gips chiqindisini tayyorlashda avvalo tarkibiy impuritilarni (fosfatlar, flüoridlar) aniqlash va zarur bo‘lsa, pre-davrat ishlovdan o‘tkazish tavsiya etiladi. Silikatli bog‘lovchi sintezida qo‘shimcha sifatida nano-SiO_2, aktiv pozzolanik moddalar va natriy silikat eritmalari qo‘llanishi foydali bo‘ladi. Reaksiya jarayonlarini (pH, harorat, namlik) diqqat bilan nazorat qilish lozim: gips–silikat tizimida yangi fazalar (C–S–H, C–A–S–H) hosil bo‘lishi, lekin bu fazalar zich va barqaror bo‘lishi muhim. Mahsulotni sinovdan o‘tkazish — mexanik quvvat, suvga chidamlilik, mikrostrukturaviy tahlil — va atrof-muhitga xavfsizligini baholash zarur. Amaliy qo‘llash uchun devor bloklari, plitalar, ichki bezak elementlari — ayniqsa chiqindilarni kamaytirish lozim bo‘lgan hududlarda — ishlab chiqilishi tavsiya

ISSN 3030-3907

etiladi. Kelajak tadqiqotlarida ko‘p komponentli chiqindilarni kombinatsiyalash, geopolimer metodlari bilan integratsiyalash, va nano-modifikatorlarni qo‘llash yo‘nalishlari ochiq qolmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Прокопович Н. И. *Фосфогипс и его экологическое влияние.* — Москва: Наука, 2020.
2. Kuznetsov V.P. *Silikatli sistemalar va fosfogips.* — Санкт-Петербург, 2018.
3. Zokirov B.T., Qodirov A. *Fosfogips chiqindilarini ekologik boshqarish.* — Toshkent: TDTU nashriyoti, 2021.
4. Ivanova T.L. *Environmental impact of phosphogypsum.* — Екатеринбург: УрФУ, 2020.
5. Rasulov D. *Fosfogipsni qurilish materiallarida ishlatishning ekologik ahamiyati.* — “Qurilish materiallari”, 2022, №3.
6. Прокопович Н. И. *Фосфогипс в цементной промышленности.* — Москва: Стройиздат, 2019.
7. Кузнецов В. П. *Химия силикатов и их применение в строительстве.* — Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2018.
8. Зокиров Б. Т. *Silikatli bog‘lovchi moddalarda fosfogipsning ta’sir mexanizmi.* — Toshkent: TDTU nashriyoti, 2021.
9. Qodirov A., Rasulov D. *Fosfogips asosida silikatli fazalarning kinetikasini o‘rganish.* — “Qurilish materiallari” jurnali, 2022, №2.
10. Auyesbek, S., Sarsenbayev, N., Abduova, A., Sarsenbayev, B., Uderbayev, S., Aimenov, Z., ... & Panarin, I. (2023). Man-made raw materials for the production of composite silicate materials using energy-saving technology. *Journal of Composites Science*, *7*(3), 124.
11. Kuldeyev, E., Begentayev, M., Sarsenbayev, B., Kolesnikov, A., Syrlybekkyzy, S., Agabekova, A., ... & Mutasheva, G. (2025). Investigation of the Possibility of Utilizing Man-Made Waste to Produce Composite Binders. *Journal of Composites Science*, *9*(10), 531.

ISSN 3030-3907