

**TOSHKENT ARXITEKTURA-QURILISH UNIVERSITETI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.26/30.12.2019.T.11.01 RAQAMLI
ILMIY KENGASH ASOSIDAGI BIR MARTALIK ILMIY KENGASH**

BERDAQ NOMIDAGI QORAQALPOQ DAVLAT UNIVERSITETI

ERIMBETOV BERDIMURAT KARLIBAEVICH

**UCHSAY BENTONITI VA IKKILAMCHI RESURSLAR ASOSIDA
KERAMZIT ISHLAB CHIQRISHNING ENERGOSAMARADOR
TEXNOLOGIYASI**

**05.09.05- Qurilish materiallari va buyumlari
02.00.15 - Silikat va qiyin eriydigan nometall materiallar texnologiyasi**

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Toshkent – 2025

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
по техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Erimbetov Berdimurat Karlibaevich

Uchsay bentoniti va ikkilamchi resurslar asosida keramzit ishlab chiqarishning energosamarador texnologiyasi.....3

Еримбетов Бердимурат Карлыбаевич

Энергоэффективная технология производства керамзита на основе Учсайского бентонита и вторичных ресурсов.....21

Erimbetov Berdimurat Karlibaevich

Energy-efficient technology for producing expanded clay aggregate using Uchsay bentonite and secondary resources.....41

E'lon qilingan ishlar ro'yxati

Список опубликованных работ

List of published works.....45

**TOSHKENT ARXITEKTURA-QURILISH UNIVERSITETI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.26/30.12.2019.T.11.01 RAQAMLI
ILMIY KENGASH ASOSIDAGI BIR MARTALIK ILMIY KENGASH**

BERDAQ NOMIDAGI QORAQALPOQ DAVLAT UNIVERSITETI

ERIMBETOV BERDIMURAT KARLIBAEVICH

**UCHSAY BENTONITI VA IKKILAMCHI RESURSLAR ASOSIDA
KERAMZIT ISHLAB CHIQRISHNING ENERGOSAMARADOR
TEXNOLOGIYASI**

**05.09.05- Qurilish materiallari va buyumlari
02.00.15 - Silikat va qiyin eriydigan nometall materiallar texnologiyasi**

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Toshkent – 2025

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi qoshidagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2025.1.PhD/T4320 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Doktorlik dissertatsiyasi Qoraqalpoq davlat universitetida bajarilgan.
Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume), ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.taqi.uz) va "ZiyoNet" Axborot-ta'lim portaliga (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbarlar:

Sabirov Baxtiyor Toxtayevich

texnika fanlari doktori (DSc), katta ilmiy xodim

Purxanatdinov Aman Purxanatdinovich

texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Rasmiy opponentlar:

Usmonov Hikmatilla Lutpullaevich

texnika fanlari doktori, professor

Sattorov Zafar Murodovich

texnika fanlari nomzodi, professor

Yetakchi tashkilot:

Farg'ona davlat texnika universiteti

Dissertatsiya himoyasi Toshkent arxitektura-qurilish universiteti huzuridagi DSc.26/30.12.2019.T.11.01 raqamli ilmiy kengashning 2025-yil «26» dekabr soat 10:00 da bosh binoning 3 chi korpusidagi majlislar zalida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100094, Toshkent sh., Yunusobod tumani, Yangishahar ko'chasi 9a uy Tel: (+998 55), faks: (+998 55) 508-02-56 e-mail: (devon@taqi.uz, taqi_atm@edu.uz).

Dissertatsiya bilan Toshkent arxitektura-qurilish universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№ 179 raqami bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 100094, Toshkent sh., Yunusobod tumani, Yangishahar ko'chasi 9a uy. Tel: (+998 55) 508-02-56, faks (+998 55) 508-02-56 e-mail: devon@taqi.uz, taqi_atm@edu.uz).

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil "13" dekabr kuni tarqatildi.
(2025-yil 24-iyundagi 57/2025 reyestr bayonnomasi)



X.A. Akramov

Ilmiy darajalar beruvchi bir martalik ilmiy kengash raisi, t.f.d., professor

I.I. Siddikov

Ilmiy darajalar beruvchi bir martalik ilmiy kengash ilmiy kotibi, t.f.d., professor

N.X. Tolipov

Ilmiy darajalar beruvchi bir martalik ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi t.f.d., professor

KIRISH (falasafa doktori (PhD dissertatsiyasi annotatsiyasi))

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati. Dunyoda energiya manbalariga bo'lgan talab tobora ortib bormoqda. Energiya manbalarining deyarli yarmi bino va inshootlar ekspluatatsiyasi davrida ularni isitish yoki sovutishga sarflanadi. Hozirgi kunda aholi uchun turar-joy, ijtimoiy infrastruktura obyektlari, sanoat tarmoqlari uchun ishlab chiqarish korxonalarini, transport tizimi uchun zamonaviy yo'llar, muhandislik-kommunikatsiya tarmoqlari va boshqa turdagi qurilish obyektlarini qurishda energotejamkor, arzon va yuqori sifat ko'rsatkichlariga ega bo'lgan turli qurilish materiallari bilan ta'minlash yanada dolzarb masala bo'lib qolmoqda.

Jahonda qurilish materiallari ishlab chiqarishda arzon xomashyo manbalarini izlash, ishlab chiqarish jarayonida tabiiy xomashyo resurslarini tejab foydalanish va turli sanoat korxonalarini chiqindilaridan foydalanish, energoresurslarni tejash va mahsulotning narx hamda sifat bo'yicha raqobat bardoshligini saqlab qolish ustivor omillardan hisoblanadi. Boshqa tomondan qurilish materiallari qatorida issiqlikdan himoyalovchi funksional materiallar alohida o'rin tutadi. Bu yo'nalishda qurilish obyektining uzoq yillik ekspluatatsiya davrida yilning sovuq mavsumida uni isitish yoki issiq mavsumida esa sovutish uchun energiya sarfini tejash maqsadida issiqlikdan himoyalovchi materiallardan keng foydalaniladi. Keramzit bentonit, argillit kabi gilli mineral xom ashyolarni ko'pchitish yo'li bilan olinadigan g'ovakli engil keramik granula shaklidagi mahsulotdir. Portlandsement asosida tayyorlanadigan engil beton olishda engil to'ldiruvchi komponent sifatida keramzit granulari yoki ularni maydalab olingan turli fraksiya o'lchamlaridagi keramzit shag'ali qo'llaniladi.

O'zbekistonda keramzit ishlab chiqarish uchun xomashyo zahiralari sifatida 200 dan ortiq turli zahiraga ega bo'lgan bentonit gillarining konlari aniqlangan bo'lib, ularning umumiy miqdori 2,0 mlrd. tonnadan ortadi. O'tgan asrning 1970-1989 yillarida O'zbekistonda keramzit mahsuloti sanoat miqyosida Toshkent, Samarqand, Buxoro, Navoiy, Surxondaryo kabi viloyatlarda hamda Qoraqalpog'istonda bir nechta yirik korxonalarda ishlab chiqarilib, ulardan o'sha davr qurilish obyektlarida keramzitobeton tayyorlashda, binoning yuqori shifti hamda pol qismini issiqlikdan himoyalovchi sochiluvchan izolyatsion to'shama shaklida keng foydalanilgan. Ammo, 1990 yilga kelib, qurilishdagi inqirozli vaziyat davrida eskirgan texnologiyalar va yuqori tabiiy gazdagi energiya sarfi sababli keramzit o'z raqobatbardoshligini vaqtincha boshqa yangi qurilish materiallari foydasiga bo'shatib berdi. Biroq, so'ngi besh yillikda yaqqol namoyon bo'lgan holat, ya'ni global miqyosdagi energetik taqchillik va iqlim o'zgarishlari va yuqori demografik o'sish tendensiyalari, qurilish hajmlarining ortishi sharoitida keramzitga bo'lgan talab yana keskin ravishda ortmoqda.

Yuqorida ko'rsatilgan holatlardan kelib chiqib, keramzitdan foydalanib keramzitli beton tayyorlash hisobiga zamonaviy qurilish ob'ektlarining fundament qismiga tushadigan og'irlik yuklamasini kamaytirish, binolarning issiqlikdan himoyalash ko'rsatkichlarini oshirish maqsadida engil beton tayyorlash uchun maqbul tarkiblarni ishlab chiqish tadqiqotchilar oldidagi dolzarb ilmiy tadqiqot yo'nalishlardandir. Shu maqsadda, mahalliy bentonit gili xomashyosi va

ikkilamchi resurslardan foydalanib, kuydirish (ko'pchitish) jarayonida kam energiya sarfi hisobiga g'ovakli engil keramzit granulalarini ishlab chiqarish uchun maqbul tarkib va zarur maqbul texnologik parametrlarini hamda keramzitli engil betonlar tarkibini ishlab chiqish alohida ahamiyatga egadir.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son «2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot Strategiyasi to'g'risida»gi Farmoni¹, 2019 yil 23 maydagi “Qurilish materiallari sanoatini jadal rivojlantirishga oid qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida” PQ-4335-sonli O'zbekiston Respublikasi Prezidentining Qarori, 2019 yil 4 oktyabrdagi “2019-2030 yillar davrida O'zbekiston Respublikasining «yashil» iqtisodiyotga o'tish strategiyasini tasdiqlash to'g'risida” O'zbekiston Respublikasi Prezidentining PQ-4477-sonli Qarori, 2021 yil 27 maydagi “2021-2022-yillarda Qoraqalpog'iston Respublikasi tabiiy-xomashyo va mineral resurslarini chuqur qayta ishlash bo'yicha xomashyo bazasini kengaytirish hamda shu asosda qo'shilgan qiymat zanjirini yaratishga doir qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida”gi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 327-sonli Qarori, 2019 yil 16-yanvardagi “Qoraqalpog'iston Respublikasining Mo'ynoq tumanini kompleks ijtimoiy-iqtisodiy rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida” gi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 37-sonli Qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli barcha me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiyadagi tadqiqot natijalari muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnikasini rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlariga muvofiqligi. Dissertatsiya tadqiqoti O'zbekiston Respublikasi fan va texnikasini rivojlantirishning ustuvor yo'nalishi bo'lgan II “Energetika, energiya va resurslarni tejash” va VII “Kimyoviy texnologiya va nanotexnologiya” ustivor yo'nalishlariga muvofiq ravishda bajarildi.

Muammoni o'rganilganlik darajasi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha S.P.Onaskiy, B.N.Kaufman, I.A.Gervids, V.A.Beregovoy, V.I.Vereshagin, Yu.V.Selivanov, I.D.Kashcheyev, A.G.Marva, F.M.Mohamed, U.Fahim, S.Hoshim, B.I.No, V.P.Luzin, L.P.Luzina, Yu.A.Shepochkina, Ye.A.Lebedeva, T.V.Xmelenko, O.V.Kononova, V.D.Kotlyar, S.M.Vasilev kabi jahonning etakchi tadqiqotchi olimlari tomonidan tabiiy mineral xomashyolar hamda turli mineral va kimyoviy qo'shimchalar yordamida g'ovakli keramik qurilish materiallari ishlab chiqarish uchun tarkiblar ishlab chiqish va hamda mavjud ishlab chiqarish texnologiyalarini takomillashtirish va yangi texnologiyalarini ishlab chiqish bo'yicha ilmiy olib borilgan maqsadli tadqiqotlar natijasida salmoqli natijalarga erishilgan.

O'zbekiston olimlari qatorida F.X.Tadjiev, L.M.Botvina, N.A.Sirojiddinov, A.A.Ismatov, E.U.Qosimov, B.A.Asqarov, X.A.Akramov, A.A.To'laganov, X.X.Kamilov, U.A.Gaziev, T.T.Shokirov, A.M.Eminov, Z.R.Qodirova, N.H.Tolipov, B.T.Sabirov, I.R.Boyjonov, Z.M.Kuryazov, Z.M.Sattorov, A.P.Purxanatdinov, Sh.M.Niyazova va boshqalar olimlar mahalliy xomashyo va

¹ O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son «2022-2026 yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida»gi Farmoni

texnogen resurslardan foydalanib, turli qo‘shimchalar va usullardan foydalanish hisobiga konstruktiv keramik qurilish materiallarini, shu jumladan, issiqlik izolyatsion materialarni ishlab chiqarish texnologiyasini ishlab chiqishga, ushbu xomashyolar va ular asosida olingan materiallarning xossalarini tadqiq etishda o‘z xissalarini qo‘shdilar.

Bajarilgan taqqiqotlar natijasida bugungi kunda Qoraqalpog‘iston Respublikasining mahalliy bentonit gilli xomashyolari va texnogen resurslaridan ko‘pchitish yo‘li bilan olinadigan keramzit kabi engil g‘ovakli strukturaga ega bo‘lgan mustahkam keramik qurilish materiallarini ishlab chiqarish texnologiyalarini ishlab chiqishga yo‘naltirilgan ilmiy tadqiqotlar etarli darajada amalga oshirilmagan. Shu sababdan ularni yanada kengroq o‘rganish, yangi konlardan olingan bentonit gillarining tarkibi, xossalari, texnologik xususiyatlarni aniqlash, ular asosida keramzit olish uchun shixtalarning yangi maqbul tarkiblarini ishlab chiqish, ishlab chiqarish sharoitida sinovlardan o‘tkazish, olingan yangi materiallarning fizik-texnik va ekspluatatsion xossalarini o‘rganish hamda ularning xomashyo va shixta tarkiblari, shuningdek, texnologik parametrlar o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlik qonuniyatlarini tadqiq etishga ehtiyoj mavjud.

Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya ishi olib borilayotgan tashkilotda olib borilayotgan ilmiy-tadqiqot ishlariga bog‘liqligi. Dissertatsiya ishi O‘zR Vazirlar Maxkamasining “2021-2022-yillarda Qoraqalpog‘iston Respublikasi tabiiy-xomashyo va mineral resurslarini chuqur qayta ishlash bo‘yicha xomashyo bazasini kengaytirish hamda shu asosda qo‘shilgan qiymat zanjirini yaratishga doir qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida” gi 2021 yil 27 maydagi 327-son Qarorining ijtosini ta‘mimlash maqsadida Qoraqalpoq davlat universiteti “Bino va inshootlar qurilishi” kafedrasida olib borilgan ilmiy tadqiqotlar doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi. Mahalliy xomashyo va ikkilamchi resurslar, xususan Uchsay bentonit gili va “Qo‘ng‘irot soda zavodi” MChJ QK chiqindisi hamda Tebinbuloq vermikulitini boyitish jarayonida xosil bo‘lgan qoldiq vermikulitli chiqindilari asosida yangi tarkib ishlab chiqish yo‘li bilan keramzit va engil beton olish texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari: - Uchsay bentonit gilining, “Qo‘ng‘irot soda zavodi” MChJ QK distiller shlam chiqindisining hamda Tebinbuloq vermikulitini boyitish jarayonida xosil bo‘lgan qoldiq vermikulitli chiqindining kimyoviy-mineralogik, granulometrik tarkiblarini va texnologik xossalarini o‘rganish;

- Uchsay bentonit gili va “Qo‘ng‘irot soda zavodi” MChJ QK chiqindisi hamda Tebinbuloq vermikulitini boyitish jarayonida xosil bo‘lgan qoldiq vermikulitli chiqindilarning uch komponentli tarkiblar asosida yuqori haroratlarda sodir bo‘ladigan ko‘pchitish, faza o‘zgarishlari va yangi minerallar hisobiga keramzit strukturasi hosil bo‘lish jarayonlarini tadqiq etish;

- ko‘pchitilgan bentonit granulalarining fizik-mexanik xossalariga komponent tarkibi, termik ishlov berish (ko‘pchitish) harorati, rejimi va g‘ovak hosil qiluvchi qo‘shimchalarning ta‘sirini o‘rganish;

- Uchsay bentonit gili va “Qo‘ng‘irot soda zavodi” MChJ QK chiqindisi hamda Tebinbuloq vermikulitini boyitish jarayonida xosil bo‘lgan qoldiq

vermikulitli chiqindilari asosida yangi asosida olingan keramik materiallarining tajriba namunalarini fizik-kimyoviy, fizik-mexanik va ekspluatatsion xususiyatlarini aniqlash;

- ko'pchitilgan keramik material olish uchun mo'ljallangan kompozitsiyalar asosida keramzit ishlab chiqarish bo'yicha sanoat sharoitida tajriba ishlarini bajarish;

- Uchsay bentonit gili va "Qo'ng'iroq soda zavodi" MChJ QK chiqindisi hamda Tebinbuloq vermikulitini boyitish jarayonida xosil bo'lgan qoldiq vermikulitli chiqindilari asosida olingan keramzit granulari va ularni turli o'lcham fraksiyalaridan foydalanib portlandsement asosidagi keramzitli engil beton tarkiblarini ishlab chiqish va ular asosidagi beton namunalarining fizik-mexanik xususiyatlarini aniqlash.

Tadqiqot ob'ektlari. Qoraqalpog'iston Respublikasi Mo'ynoq tumanidagi Uchsay koni bentonit gili, "Qo'ng'iroq soda zavodi" MChJ QK distiller shلامي, Tebinbuloq vermikulitini boyitish jarayonida hosil bo'lgan qoldiq vermikulitli chiqindi hamda ular asosida tayyorlangan va yuqori haroratda termik ishlov berilgan (ko'pchitilgan) keramik materiallarning laboratoriya va ishlab chiqarish sharoitida olingan betonlarning tajriba namunalari hisoblanadi.

Tadqiqot predmeti sifatida bentonit gili va ikkilamchi resurslaning kimyoviy-mineralogik tarkiblari, ular asosida ishlab chiqilgan tajribaviy tarkiblar, ushbu tarkiblardan tayyorlangan namunalarning fizik-texnik ko'rsatkichlari, yuqori haroratlarda boradigan faza o'zgarish va struktura hosil bo'lish jarayonlari hamda ular orasidagi bog'liqlik qonuniyatlarini ko'rsatish mumkin.

Tadqiqot usullari. Dissertatsiya tadqiqot ishlarini bajarish davomida bentonit gili, ikkilamchi resurslar, keramzit va yengil betonning xossalari, sifat ko'rsatkichlarini o'rganishda zamonaviy fizik-kimyoviy tahlil usullari (kimyoviy, rentgenofazaviy, differensial-termik, IQ-spektroskopik, electron-mikroskopik) tahlil hamda standart sinov usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

Uchsay bentonit gili va ikkilamchi resurslar asosida tayyorlangan tarjiba namunalarga 1000-1070°C yuqori harorat oralig'ida termik zarba berilganda, yuzaga kelgan fazaviy o'tish va yangi kristall fazalar hosil bo'ish jarayonlari natijasida vollastonit, mullit, α -kvars, gematit va qisman anortit minerallarining shakllanishlari aniqlangan;

-keramzitning strukturasi shaklanishining o'ziga xos xususiyatlari hamda asosiy fizik-mexanik, texnologik va ekspluatatsiya xossalari foydanilayotgan asosiy xom ashyo va ikkilamchi reserslarning tarkibi va shixta tarkibidagi ulushiga hamda ko'pchish haroratining ortishib borishiga bog'liq ravishda o'zgarishi isbotlandi;

Uchsay bentonit gili (90 %) va soda ishlab chiqarish distiller shلامي chiqindisi (10 %) hamda vermikulitni bo'yitish chiqindisidan (100% dan tashqari 2 %) foydalanib olingan keramzitning ko'pchitish haroratini 50-60 °C gacha pasaytirish imkoniyati aniqlandi;

Uchsay bentonit gili va soda ishlab chiqarish distiller shلامي chiqindisi hamda vermikulitni bo'yitish chiqindisilari asosida olingan keramzitning to'kma

zichligi $670-690 \text{ kg/m}^3$, siqilishga mustahkamligi $3,5 \text{ MPa}$, ko'pchish koeffitsienti - $3,65\%$ bo'lgan keramzit olish imkoniyatlari isbotlandi;

Uchsay bentonit gili asosida va soda ishlab chiqarish distiller shlamli chiqindisi hamda vermikulitni bo'yitish chiqindilaridan olingan keramzitni yengil beton uchun to'ldiruvchi sifatida foydalanib $0,52 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$, og'irligi 1400 kg/m^3 va siqilishga mexanik mustahkamligi $12,5 \text{ MPa}$ ni tashkil etadigan olingan konstruksion-issiqlik izolyatsiyalovchi engil betonlar olish mumkinligi aniqlandi.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

- Uchsay bentonit gili va ikkilamchi texnogen resurslar kalsinirlangan soda ishlab chiqarishda hosil bo'luvchi distiller shlami va vermikulitni boyitishda hosil bo'lgan chiqindilardan foydalanib qurilish industriyasi ehtiyojlari uchun tayyor keramik mahsulot – keramzit ishlab chiqarishning texnologiyasi ishlab chiqildi;

- Qoraqalpog'iston mahalliy bentonit gili xomashyosi va ikkilamchi texnogen resurslar asosida olingan keramzitdan foydalanib qurilish uchun tayyor material - engil betonlar uchun tarkiblari ishlab chiqildi;

- Olingan keramzit asosida engil betonlar tarkibi ishlab chiqildi va "Nukus TBBZ " MChJ sharoitida tajriba-ishlab chiqarish sinovidan o'tkazildi. Yengil beton tajriba namunalarining asosiy qurilish-texnik xususiyatlarini tadqiq qilishda eng yaxshi natijalar keramzit granulali engil beton UchKB-1 namunasida olinganligi aniqlandi, unda markasi to'kma zichligi bo'yicha M700, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti $0,52 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$, hajmiy massasi 1400 kg/m^3 va siqilishdagi mustahkamligi $12,5 \text{ MPa}$ ni tashkil etdi. Olingan keramzitbetonlar GOST 25820-2021 bo'yicha B12,5 beton sinfi va M150 beton markasi bo'yicha barcha zaruriy talablarga javob berishi isbotlandi;

- Uchsay gili asosida keramzit granulalari ishlab chiqarish uchun maqbul narkib va keramzit olishning ishlab chiqilgan past haroratli texnologiyasini joriy etishdan kutilayotgan iqtisodiy samaradorlik yiliga $95\ 500 \text{ AQSh}$ dollarini tashkil etish xisoblashlar yo'li bilan aniqlandi.

- ishlab chiqilgan usul aslsida olingan keramzit granulalari va ular asosidagi engil beton amaldagi standartning barcha belgilangan talablariga javob beradi va qurilish materiallari sanoatida issiqlik energosamarador qurilish-konstruksion materialllar ishlab chiqarishda qo'llanilishi mumkin.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi tadqiqot ishlarini bajarishda ko'pchitilgan keramik material - keramzit granulalarini olishning zamonaviy laboratoriya usullari hamda ishlab chiqarishdagi sanoat texnologiyalari va texnologik vositalaridan foydalangan holda olib borilganligi, eksperimental natijalar qurilish normalari va qoidalariga asoslanganligi, tajribalar natijasida mantiqiy asoslangan ilmiy xulosalar nazariy qonuniyatlarga mos ravishda chiqarilganligi, shuningdek, ishlab chiqarish sharoitda olingan tajriba-sinov natijalari bilan asoslanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati issiqlikdan himoyalovchi materiallar olish uchun g'ovak hosil qiluvchi qo'shimcha bilan bentonit gili asosida ko'pchitilgan keramik material-keramzit granulalari namunalarining asosiy fizik-kimyoviy, fizik-mexanik va texnologik xususiyatlarining funksional bog'liqligini asoslash va xomashyo turi

va aralashma tarkibidagi ulushi bo'yicha izolyatsion va yakuniy tayyor qirilish materialini hisoblangan – engil betonlarning konstruktiv issiqlik izolyatsion materialini fizik-texnik va ekspluatatsion xossalarini aniqlash bilan belgilanadi. Tadqiqotning amaliy ahamiyati Qoraqalpog'istondagi Uchsay koni bentonit gili xomashyosi va texnogen chiqindilardan foydalanib zarur fizik-texnik va ekspluatatsion ko'rsatkichlarga ega bo'lgan tayyor mahsulot keramzit granularini olishning yangi tarkiblari va texnologik rejimlarini ishlab chiqish bilan hamda ulardan sochiluvchan issiqlikdan himoyalovchi to'shama (granula) material va sement bog'lovchili engil betonlar olish bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarini joriy qilinishi. Uchsay bentonit gili xomashyosi va soda ishlab chiqarish chiqindisidan foydalangan holda energiya tejovchi ko'pchitilgan keramik material keramzit tarkibini ishlab chiqarishga tadbiiq etish bo'yicha olingan ilmiy natijalarga ko'ra:

Yangi tarkibdagi keramzit granularining ishlab chiqilgan maqbul tarkibi Navoiy viloyati Qiziltepa tumanidagi "AZKAMAR" MChJ korxonasi sinovdan o'tkazildi ("AZKAMAR" MChJda o'tkazilgan sinov ishlari yuzasidan 2023 yil 18-19 noyabrda tasdiqlangan Dalolatnoma). Natijada, keramzit granularini ko'pchitish jarayonida kuydirish haroratini 50-60 °C gacha pasaytirish orqali tabiiy gaz sarfini kamaytirishga erishilgan;

Qoraqalpog'iston Respublikasi Nukus shahrida faoliyat ko'rsatuvchi "Nukus TBBZ" MChJ tomonidan keramzitdan foydalanib engil beton ishlab chiqarish texnologiyasi ishlab chiqarishga joriy etilgan ("Nukus TBBZ" MChJda o'tkazilgan sinov ishlari yuzasidan 2025 yil 1 may tasdiqlangan Dalolatnoma). Qoraqalpog'iston qurilish industriyasi ehiyojlari uchun tayyor issiqlikdan himoyalovchi keramzit mahsuloti va ushbu keramzitdan engil to'ldiruvchi sifatida foydalanib engil betonlar ishlab chiqarish imkoniyati aniqlandi.

Tadqiqot natijalarini aprobatsiyasi. Mazkur dissertatsiya ishining tadqiqot natijalari 2 ta xalqaro va 7 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarini nashr etish. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 19 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan, 8 tasi ilmiy maqola, shu jumladan SCOPUS bazasida indekslanuvchi xorijiy ilmiy jurnallarda 1 ta, O'zbekiston Respublikasi OAK tomonidan dissertatsiya asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 7 ta maqola hamda 11 ta ma'ruza tezislarini xalqaro va respublika ilmiy-amaliy konferensiyalarda e'lon qilingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiya hajmi 113 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida hal qilinayotgan muammoning dolzarbligi va dissertatsiya mavzusining zarurati asoslangan, maqsad va vazifalar shakllantirilgan, tadqiqot obyekti va predmeti aniqlangan, tadqiqotning O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyasini rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlariga muvofiqligi belgilangan, ilmiy yangilik va tadqiqotning amaliy natijalari bayon qilingan, tadqiqot natijalarini ishlab chiqarishga joriy etish, dissertatsiya ishi mavzusi bo'yicha

tadqiqot natijalarini aprotatsiyasi va nashr etilgan ilmiy ishlar, shuningdek, dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi haqida ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Bentonit gili va g'ovak hosil qiluvchi ikkilamchi resurslar asosida keramik qurilish materiallari va yengil beton ishlab chiqarish bo'yicha tadqiqotlarning hozirgi holati va istiqbollari”** deb nomlangan **birinchi bobida** qurilish materiallari ishlab chiqarish sohasida bentonit gili asosida keramzit olish usullari, tarkiblari, ishlab chiqarish texnologiyalari, fizik-kimyoviy, fizik-mexanik xossalari bo'yicha olib borilgan ilmiy izlanishlarning batafsil tahliliy sharxi berilgan. Ta'kidlanishicha, jahonda keramzit ishlab chiqarishda yuqori mustah-kamlikka ega, fizik-kimyoviy, fizik-mexanik xossalariga javob beradigan qurilish materiallini olishda mahaliy xom ashyo va ikkilamchi sanoat chiqindilardan foydalanish bo'yicha bir qancha tadqiqotlar amalga oshirilmoqda. Bundan tashqari ushbu bobda keramzitni yengil beton uchun g'ovak, yengil, to'ldiruvchi sifatida foydalansih va keramzitbeton bo'yicha amalga oshirilgan ilmiy izlanishlarning batafsil tahliliy sharxi berilgan.

Dissertatsiyaning **“Gilli xomashyo va ikkilamchi resurslarning kimyoviy-mineralogik tarkiblari, fizik-texnik xususiyatlarini aniqlash va tajriba namunalarini tadqiq etish usullari”** deb nomlangan **ikkinchi bobida** tanlangan ob'ektlar va olingan tajriba namunalarini o'rganish usullari, zamonaviy tadqiqot usullari, qurilmalar va asbob-uskunalar, shunindek, amaldagi standartlarda nazarda tutilgan qurilish materiallarini sinovdan o'tkazish usullari bayon etilgan.

Dissertatsiya ishining **“Bentonit gili, soda ishlab chiqarish chiqindisi va vermikulitini boyitish chiqindilarning fizik-kimyoviy va mineralogik tarkibini aniqlash hamda keramzit olish va uning hossalari tadqiq etish usullari”** deb nomlangan **uchinchi bobida**, zamonaviy tadqiqot usullari va amaldagi standart sinovlardan foydalangan holda, Uchsay konidan olingan bentonit gili, “Qo'ng'iroq soda zavodi” MChJ QK distiller chiqindisi va Tebinbuloq vermikulitni boyitish chiqindilarining kimyoviy-mineralogik tarkibi, differensial-termik, IQ-spektrskopik va mikroskopik tahlil usullari yordamida aniqlangan.

Bundan tashqari keramzit olish uchun maqbul tarkib ishlab chiqilgan va maqbul tarkib asosida olingan keramzitning fizik-mexanik xossalari aniqlangan. Uchsay bentonit koni gillarining kimyoviy tarkibi 1-jadvalda keltirilgan.

1-Jadval

Uchsay bentonit gili namunalarining kimyoviy tarkibi

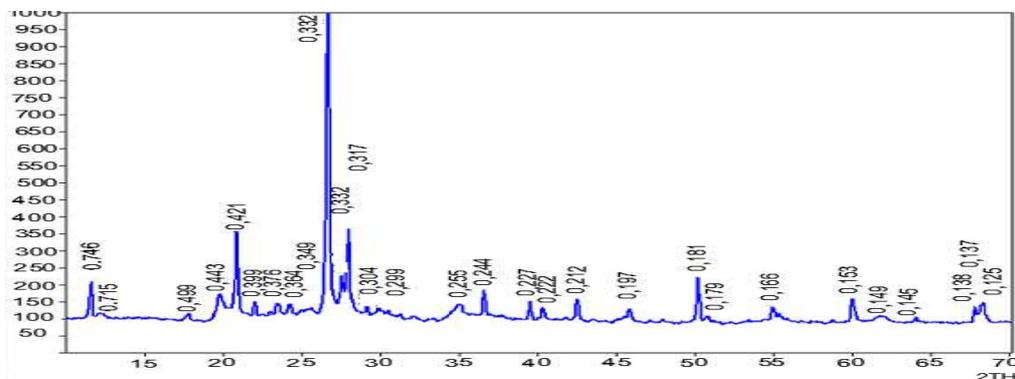
Namuna №	Uchsay koni bentonit gillarining kimyoviy tarkibi,%										KY %
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₅	
Uch-1	60,68	14,25	4,94	0,66	1,59	2,06	2,99	1,49	0,95	0,36	10,04
Uch -2	60,10	14,85	4,75	0,79	1,62	2,01	2,92	1,56	0,98	0,26	10,16
Uch -3	60,25	14,70	4,95	0,59	1,59	1,99	3,09	1,45	0,92	0,22	10,25
Uch o'rt	60,34	14,60	4,88	0,68	1,60	2,02	3,00	1,50	0,95	0,28	10,15
GOST-32026-2012	>70	10-25	2,5-12	0,1-2	>6	>4	1,5-6	>1,5	-	-	-

Izoh: Qizdirishdagi yo'qotishlarga (KY) tarkibiga quyidagilar kiradi: gigroskopik, konstitutsion, kristallangan suv, organik va uchuvchan moddalar hamda uglerod (II) oksidi.

Uchsay bentonit koni gillarining kimyoviy mineralogik tahlillari bo'yicha

olingan ma'lumotlarga ko'ra, kremnezem, glinozem, temir, kalsiy, ishqoriy metallarning oksidlari va karbonatlarning mavjudligi keramzitli issiqlik izolyatsiya materiallari tarkibini ishlab chiqishda qo'llash imkonini beradi.

Tadqiq qilinayotgan xomashyo materiallarining fazaviy tarkibi rentgenografik usul bilan aniqlandi.

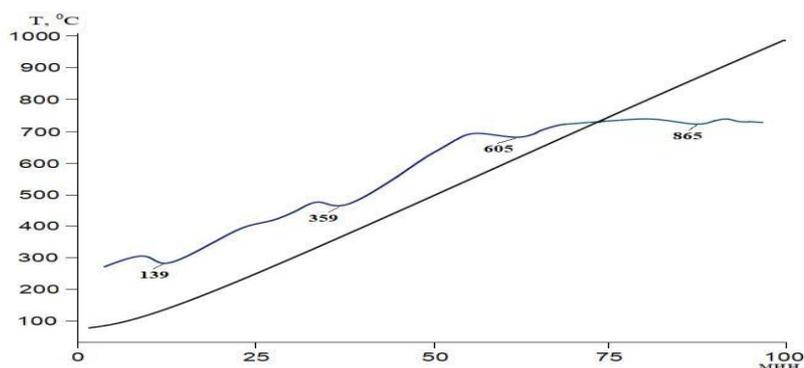


1-Rasm. Uchsay bentonit gilining rentgenogrammasi

Uchsay bentonit gili rentgenogrammasida asosan kvarts kvarts ($d=0,421$; $0,332$; $0,244$; $0,227$; $0,222$; $0,212$; $0,197$; $0,181$; $0,166$; $0,153$; $0,145$; $0,138$; $0,137$ nm), muskovit ($d=0,499$; $0,443$; $0,399$; $0,376$; $0,364$; $0,322$; $0,299$; $0,255$, nm), albit ($d=0,364$; $0,317$; $0,294$; $0,150$ nm), montmorillonit ($d=0,750$; $0,500$; $0,448$; $0,304$; $0,255$; $0,244$), xlorit ($d=0,715$; $0,443$; $0,349$ nm) minerallarga tegishli bo'lgan difraksiya maksimumlari borligi aniqlangan (1-rasm).

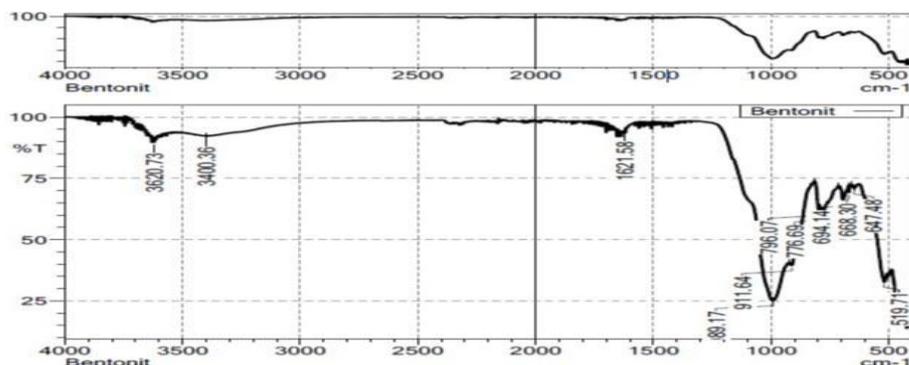
Uchsay bentonit gili namunalarining differensial-termik tahlil natijalari 2-rasmda keltirilgan bo'lib, termik tahlilning qizdirish egri chizig'ining tegishli haroratlarida ekzo va endotermik effektlarning paydo bo'lishiga o'xshash jarayonlar ushbu gil namunalarida kuzatildi.

3-rasmda keltirilgan Uchsay bentonit gil namunasini IQ yutilish spektrlari shunga o'xshash ma'lum qatlamli alyumosilikat minerallarining spektrlariga o'xshashdir.



2-Rasm. Uchsay bentonit gilining DTA-grammasi

Ushbu gil namunalarining IQ-spektrlarida eng yuqori chastotali va intensiv chiziqlar $519,71$; $647,48$; $668,30$; $694,14$; $776,69$; $796,07$; $911,64$; $989,17$; $1621,58$; $3400,36$; $3620,73\text{sm}^{-1}$ sohalarda, Intensivligi $32,79$; $70,84$; $69,30$; $66,25$; $60,50$; $62,02$; $39,45$; $25,21$; $94,52$; $92,35$; $89,80\text{ sm}^{-1}$ ni tashkil qiladi.



3-Rasm. Uchsay bentonit gilining IQ-spektro-grammasi

“Qo‘ng‘irot soda zavodi” MChJ QK distiller chiqindisining kimyoviy va kimyoviy-mineralogik tahlillari bo‘yicha olingan ma‘lumotlar 2-jadvalda keltirilgan.

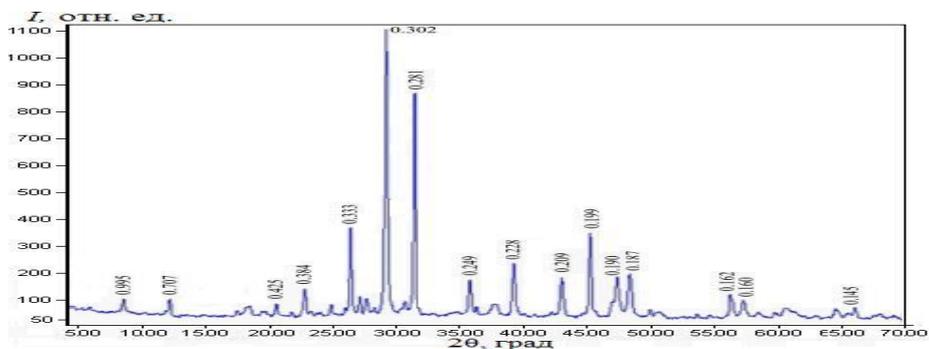
2-Jadval

“Qo‘ng‘irot soda zavodi” MChJ QK distiller chiqindisining kimyoviy tarkibi

Namuna №	Kimyoviy birikmalar miqdori, mass.%						
	NaCl	Na ₂ CO ₃	CaCO ₃	Mg(OH) ₂	H ₂ O	Na ₂ SO ₄	SiO ₂
QS	14,31	0,045	31,05	8,96	40,51	0,13	4,43
QS	15,10	0,049	30,98	8,12	41,37	0,11	5,64
QS	13,9	0,039	31,89	9,03	39,95	0,15	4,03
O‘rtacha	14,4	0,044	31,30	8,70	40,61	0,13	4,7

“Qo‘ng‘irot soda zavodi” MChJ QK distiller chiqindisining rentgenogrammasidan ko‘rish mumkinki, aniqlangan difraksion maksimumlar asosan tekisliklararo masofalari kalsiy karbonat $d=0,302; 0,281; 0,249; 0,209$ nm larda aniqlandi, past haroratli β -kvars uchun $d=0,333; 0,425; 0,187$ nm va α -kvars $d=0,342; 0,185; 0,162$ nm ekanligi aniqlandi. Bunda, past intensivlikka ega difraksion maksimumlar esa dala shpatlariga mansub bo‘lgan minerallarga tegishli ekanligi $d=0,381; 0,324; 0,321$ nm bilan tasdiqlandi (4-rasm).

Shunday qilib, “Qo‘ng‘irot soda zavodi” MChJ QKning kalsinirlangan soda ishlab chiqarish jarayonida katta tonajda, ya‘ni yiligi 40-50 ming tn miqdorda hosil bo‘ladigan shlam holatidagi disteller chiqindisining kimyoviy va mineralogik tarkibi o‘rganildi.



4-Rasm. Qo‘ng‘irot soda zavodi” MChJ QK distiller chiqindisining rentgenogrammasi

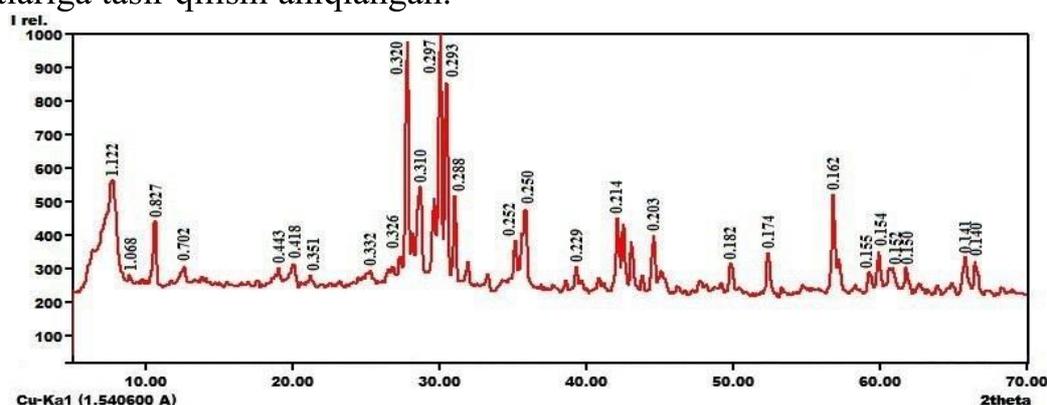
Bundan tashqari Tebinbuloq vermikulitini boytitish jarayonida hosil bo'lgan qoldiq vermikulitli chiqindisi ishlatilgan bo'lib, kimyoviy va kimyoviy-mineralogik tahlillari bo'yicha olingan ma'lumotlar 3-jadvalda keltirilgan.

3-Jadval

Tebinbuloq vermikulitini boytitish jarayonida hosil bo'lgan qoldiq vermikulitli chiqindining kimyoviy tarkiblari

Namuna-lar	Oksidlarning miqdori, mass. %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	KY	Сумма
TB-1	44,03	6,14	10,32	20,37	14,72	0,4	0,98	0,4	4,20	101,56
TB-2	47,96	4,16	9,27	17,34	15,03	0,2	0,69	0,5	3,91	99,06
TB-3	42,85	5,67	11,13	19,67	13,58	0,3	0,78	0,3	3,80	98,08
TB o'rt	44,94	5,32	10,24	19,12	14,47	0,3	0,82	0,4	3,97	99,58

3-jadvalda keltirilgan Tebinbuloq vermikulitini boytitish jarayonida hosil bo'lgan chiqindining kimyoviy tarkibida aniqlangan oksidlar keramzit ishlab chiqarishda ikkilamchi resurs sifatida ko'shilganda uning fizik-mexanik xususiyatlariga ta'sir qilishi aniqlangan.



5-Rasm. Tebinbuloq vermikulitini boytitish jarayonida hosil bo'lgan chiqindisining rentgenogrammasi

5-rasmda Tebinbuloq vermikulitini boytitish jarayonida hosil bo'lgan chiqindining rentgenogrammasi keltirilgan bo'lib, asosan diopsid, sepiolit va kvars minerallari aniqlangan. Diopsidga mos keluvchi effektlar tekisliklar orasidagi masofa quyidagi qiymatlarda kuzatilgan: $d=0,418$; $0,320$; $0,297$; $0,293$; $0,288$; $0,252$; $0,250$; $0,214$; $0,203$; $0,162$; $0,141$ va $0,140$ nm. Sepiolit uchun xos bo'lgan effektlar quyidagi qiymatlarida namoyon bo'lgan: $d=1,122$; $0,827$; $0,702$; $0,443$ va $0,351$ nm. Kvarsga mos keluvchi effektlar esa $d=0,332$; $0,212$; $0,182$; $0,154$ va $0,152$ nm qiymatlarida kuzatilgan.

Olingan natijalarga asosan, ushbu chiqindi Uchsay bentonit gili asosida keramzit ishlab chiqarishni tashkil etish uchun g'ovak hosil qiluvchi ikkilamchi resurs sifatida foydalanish mumkinligini asoslovchi ilmiy farazlarni shakllantirishga hamda ushbu yo'nalishda istiqbolda ilmiy tadqiqotlarni olib borishning afzalliklari bo'yicha xulosalar olishga xizmat qiladi.

Olingan namunalarda, bentonit gilining miqdori 75-95 % va "Qo'ng'irotda soda zavodi" MChJ QK distiller chiqindisi miqdori 5-25, Tebinbuloq vermikulitini boytitish jarayonida hosil bo'lgan qoldiq vermikulitli chiqindisi 1-5 %

miqdorgacha nisbatlarda olinib, keramzit uchun mo'ljallangan tajribaviy shixta tarkiblari ishlab chiqildi (4-jadval). Ushbu uch komponentli kompozitsiyaning tajriba namunalarining erish boshlanishi va tugashi haroratlarini aniqlash natijalari 4-jadvalda keltirilgan.

4- Jadval

Uchsay bentonit gili, "soda ishlab chiqarish distiller chiqindisi va vermikulitini boytitish chiqindisidan foydalanib tayyorlangan tajribaviy massalarning tarkiblari

Shixta nomi	Shixta tarkibidagi, ulush, %			Erish harorati		Harorat oralig'i, °C
	Uchsay bentonit gili	"Qo'ng'iroq soda zavodi" MChJ QK distiller chiqindisi	Tebinbuloq vermikulit chiqindisi	Boshlanishi	To'gashi	
UchK-1	90	10	2	1120	1170	50
UchK-2	95	5	2	1150	1200	50
UchK-3	85	15	2	1115	1165	50
UchK-4	80	20	2	1100	1150	50
UchK-5	75	25	2	1020	1050	30

Uchsay bentonit gili, "Qo'ng'iroq soda zavodi" MChJ QK distiller chiqindisi va Tebinbuloq vermikulitini boytitish jarayonida hosil bo'lgan qoldiq vermikulitli chiqindisi" kompozitsiyalarida bentonit gilining miqdori oshishi bilan kirishish hodisalari kuchayishi kuzatiladi (6-jadval). Qoliplangan tajriba namunalari Matest A010 markali quritish shkafida 100-120 °C oralig'ida 30 minut mobaynida 12-17% qoldiq namlikkacha, so'ngra yana 30 minut davomida 200-250 °C oralig'ida 3,0-0% qoldiq namlikkacha quritildi. Quritilgan namunalar 1050-1250 °C oralig'ida SNOL 30/1100 mufel pechida kuydirildi.

5-jadval ma'lumotlaridan ko'rinib turibdiki, UchK-1, UchK-2, UchK-3 tajriba namunalari fizik-mexanik va texnologik ko'rsatkichlarining me'yoriy qiymati bo'yicha GOST 9759-83 va GOST 32496-2013 talablariga mos kelishi aniqlandi.

Ishlab chiqilgan UchK-1 maqbul tarkibini real ishlab chiqarish sharoitida sinovdan o'tkazish maqsadida Navoiy viloyati, Qiziltepa tumanida faoliyat ko'rsatayotgan "AZKAMAR" MChJning ishlab chiqarish korxonasida sinovdan o'tkazishga qaror qilindi va keramzit donalarini olish uchun qovushqoq usulda qoliplash usuli qo'llanildi. Buning uchun Uchsay bentoniti-90 % va "Qo'ng'iroq soda zavodi" MChJ QK soda ishlab chiqarish chiqindisi-10 % va Tebinbuloq vermikulitini boytitish jarayonida hosil bo'lgan qoldiq vermikulitli chiqindisidan-2 % (100% dan tashqari) iborat UchK-1 maqbul tarkibli shixtadan 15000 kg miqdorida tayyorlandi.

Tayyorlangan shixtadan ishlab chiqarishdagi texnologik uskuna – shnekli gidravlik prees yordamida uzluksiz rejimda diametri 22-26 mm va uzunligi 40-65 mm silindr shaklidagi tajriba namunalari tayyorlandi. Namligi 20-23% bo'lgan tajriba namunalari "AZKAMAR" MChJ korxonasidagi aylanma pechlarida kuydirildi.

Buning uchun tajriba namunalari dastlabki termik ishlov berilgandan so'ng lentali transportyor orqali 400-450°C haroratli birlamchi qizdirilgan aylanma pechga o'tkazildi. Bu yerda namunalar 20-25 daqiqa davomida termik ishlovdan o'tkazildi.

So'ngra termik ishlov berilgan namunalar darhol 950-1000°C haroratli asosiy aylanma pechga o'tkazildi va yakuniy haroratda 7 daqiqa davomida ushlab turildi. Tajriba namunalari amaldagi standartlarning usullariga muvofiq fizik-texnik ko'rsatkichlari aniqlandi (5-jadval).

5-Jadval

Laboratoriya sharoitida ko'pchitilgan keramzit namunalarning fizik-mexanik xossalari

Namuna	To'kma zichlik, kg/m ³	Markasi	Siqilishga mustaxkamlik, MPa	Mustahkamlik bo'yicha markasi	Suv shimuvchanligi, %	G'ovaklik %	
						Chiq	Yopiq
UchK-1	670-690	M700	3,5	II150	18	12,9	73,2
UchK-2	700-730	M800	4,5	II200	18	13,3	73,3
UchK-3	650-680	M700	3,5	II150	19	13,0	73,0
UchK-4	640-660	M700	3,0	II150	15	11,6	71,8
UchK-5	640-650	M700	3,0	II150	15	11,5	71,7
GOST 32496-2013 bo'yicha	150-1000	M150-1000	0,5-8,0	II150-300	Me'yorlanmagan	150-1000	

Shuni ta'kidlash kerakki, eng yaxshi natijalar «Qo'ng'irotda soda zavodi» MChJ QK distiller chiqindisi va Tebinbuloq vermikulitini boytitish jarayonida hosil bo'lgan qoldiq vermikulitli chiqindisi qo'shilgan UchK-1 tajriba shixtasidan olingan bo'lib, bunda ko'pchich koeffitsienti 3,90%, ko'pchich harorati 1070-1100 °C, to'kma zichligi 670-690 kg/m³ ni tashkil etdi (6-jadval).

6-Jadval

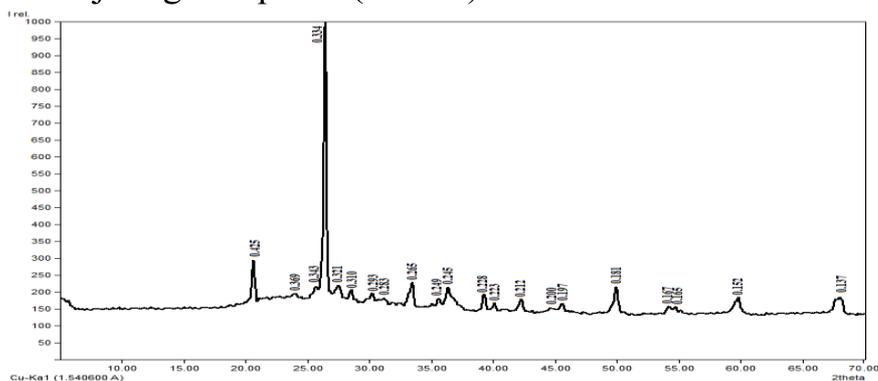
Qo'shimchasiz va qo'shimchalar bilan ishlab chiqilgan tajribaviy tarkiblar asosidagi keramzit granula namunalarning fizik-texnik ko'rsatkichlari

Namunalar	Qo'shimchalar, %	Ko'pshish temperaturasi °C	O'rtacha zichlik, kg/m ³	Suv shimuvchanlik, %	Siqilishga mustaxkamlik, MPa		To'kma zichlik, kg/m ³	Ko'pchish koeffitsienti
							Fraksiya 5-10mm	
Qo'shimchasiz	0	1150	835	15	4,5	P-200	745-765	2,85
UchK-1	10	1100	775	16	3,5	P-150	670-690	3,65
UchK -2	20	1070	710	17	3,0	P-125	625-635	4,80
UchK -3	30	1050	645	19	2,5	P-100	560-585	5,35
GOST 32496-2013			Me'yorlanmaydi	20-30%	0,5...10,0 MPa II15...II300		M 150... M 1000 kg/m³	Me'yorlanmaydi

Xuddi shunday natijalar «Qo'ng'irotda soda zavodi» MChJ QK soda ishlab chiqarish chiqindisi 10% miqdorda qo'shilgan Azk-1 tajriba shixtasidan olingan

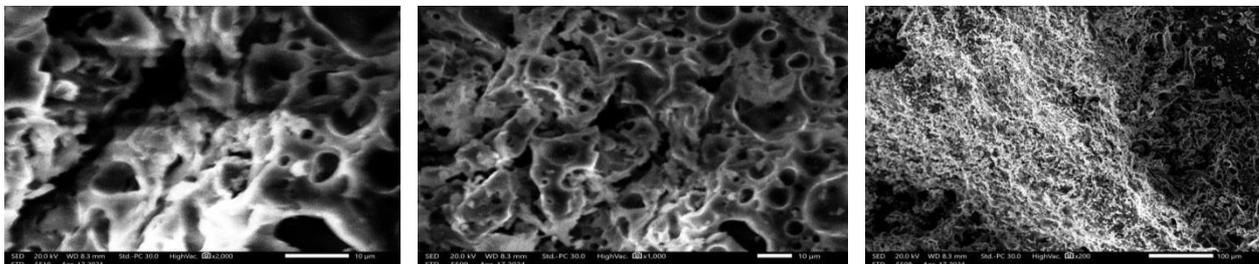
namunalarda ham olindi, bunda ko'pchish koeffitsienti 3,65% ni, ko'pchish harorati 1070-1100 °C ni, to'kma zichligi 650-665 kg/m³ ni tashkil etdi.

UchK-1 tajribaviy keramzit namunasining ushbu rentgenogrammasida vollastonit d=0,293; 0,228; 0,181 nm; mullit d= 0,369; 0,343; 0,293 nm, yuqori haroratli kvarts d= 0,425; 0,334; 0,245; 0,228; 0,223; 0,212; 0,197; 0,181; 0,167; 0,152; 0,137 nm, gematit d=0,369; 0,265; 0,249; 0,181; 0,165 nm va qisman anortit minerallarigategishli d=0,321; 0,310; 0,283; 0,197 nm difraksiyon maksimumlar mavjudligi aniqlandi (6-rasm).



6-Rasm. UchK-1 tarkibdagi ko'pchitilgan keramzit namunasining rentgenogrammasi

UchK-1 tarkbidagi namunalarning fizik-kimyoviy, fizik-mexanik va texnologik xossalari amaldagi GOST 9759-83 va GOST 32026-2012 me'yorlariga muvofiq, gil xomashyosidan olingan keramzit shag'al va qum uchun standart talablarga javob beradigan keramzit donalarini ishlab chiqarish uchun maqbul tarkib deb tanlandi.



7-Rasm. 1070 °C haroratda kuydirilgan UchK-1 tajriba namunasining elektron-mikroskopik tasviri (a – x2000;b-x1000;v - x200)

UchK-1 keramzit granulasi tajribaviy ko'pchitilgan namunasining elektron-mikroskopik tahlil natijalari (7-rasm) shuni ko'rsatdiki, ko'pchitilgan tajribaviy namunalar bir tekis mayda donali kristall tuzilishga ega va yuqorida ko'rsatilgan alyumosilikat minerallarining donalaridan tashkil topgan.

Shunday qilib, o'tkazilgan sinovlar va laboratoriya tadqiqotlari tahlili natijalariga ko'ra, yuqorida ko'rsatib o'tilgan maqbul deb topilgan tarkiblardan UChK-1 va Azk-1 dan tayyorlangan keramzit granulari mayda va yirik donador ko'rinishda mos ravishda mustahkamlik bo'yicha P-150 markali GOST 32496-2013 va g'ovakli to'ldiruvchi-larning to'kma zichligi bo'yicha M-700 markali barcha zarur talablarga javob berishi aniqlandi va keyinchalik yengil beton qorishmalarini tayyorlashda to'ldiruvchi sifatida foydalanish uchun tavsiya etildi.

Dissertatsiyaning “Uchsay bentonit gili va ikkilamchi resurslardan olingan keramzitdan g‘ovakli to‘ldiruvchi sifatida foydalanib yengil betonlar tayyorlash texnologiyasini ishlab chiqish” nomli to‘rtinchi bobida Uchsay bentonit gili va ikkilamchi chiqindilar asosida olingan keramzitni yengil beton uchun yirik to‘ldiruvchi sifatida foydalanish va keramzitbetonning fizik-mexanik xossalari aniqlangan. Olingan energiyatejamkor qurilish materiali hisoblangan keramzitning iqtisodiy samaradorligi hisoblangan. Bundan tashqari keramzitli betonning maqbul tarkibi ishlab chiqilgan bo‘lib sinov ishlari “Nukus TBZ MChJ” da amalga oshirilgan (7-Jadval).

7-Jadval

Olingan yengil betonlarning asosiy qurilish-texnik xususiyatlarini aniqlash natijalari va ularning GOST 25820-2021 talablariga muvofiqligi

Beton namunasining nomi	Betonning o‘rtacha zichligi, kg/m ³	Siqilishga chidamliligi bo‘yicha sinfi	Quruq holatdagi betonning issiqlik o‘tkazuvchanligi, Vt/(m°C)	Sovuqga chidamlilik darajasi
UchKB-1	D1400	B12,5	0,52	F50
UchKB-2	D1300	B7,5	0,49	F50
UchKB-3	D1500	B12,5	0,64	F50
Konstruksiyaviy-issiqlik izolyatsiyali beton	300...1800 gacha;	B1,5 ... B20 gacha;	0,08...0,7 gacha	F35...F100

Uchsay bentonit gili asosida yengil betonlar uchun keramzit donalarini zaruriy g‘ovak hosil qiluvchi qo‘shimchalar bilan birgalikda keramzit issiqlik izolyatsiyalovchi qurilish materiallari ko‘rinishida ishlab chiqarishning iqtisodiy samaradorligi Navoiy viloyati "Azkamar" MChJ korxonalarining ishlab chiqarish sharoitlarida hisoblab chiqildi. Keramzit ishlab chiqarish uchun yaratilgan tarkib va texnologiyani joriy etishdan olinadigan iqtisodiy samaradorlikni hisoblash uchun "Azkamar" MChJ sharoitida quyidagi boshlang‘ich ma’lumotlar qabul qilindi . Bunda iqtisodiy samaradorlik keramzit donalarining ko‘pchilik haroratini pasaytirish (energiya tejash) va chiqindidan foydalanish hisobiga erishildi. Iqtisodiy samaradorlikni taqqoslash uchun "Azkamar" MChJ mahsulotlarini respublikadagi iste’molchilarga bir tonnasi uchun 325-330 ming so‘m miqdorida yetkazib berilayotgani hisobga olindi.

Uchsay bentoniti va Qo‘ng‘irot soda zavodi” MChJ QK distiller chiqindisi va Tebinbuloq vermikulitini boytitish jarayonida hosil bo‘lgan qoldiq vermikulitli chiqindisi uchun 1 m³ keramzit granulari uchun xomashyo materiallari sarfi va boshqa xarajatlar kalkulyatsiyasi 8-jadvalda keltirilgan.

1 m³ keramzit granulari uchun xomashyo materiallari sarfi va boshqa xarajatlar kalkulyatsiyasi

Nomi	O'l-chov bir-ligi	1 tonna xomashyoning narxi, tn/so'm	Shixta tarkibidagi miqdor, massa %	1 m ³ tayyor mahsulot uchun sarf, tn	Narxi, ming so'm
Ishlab chiqarish keramzit granulari	m ³ /sum				380,0
Uchsay bentonit gili	tn.	300 000	90	0,580	174,0
Qo'ng'irotda soda zavodining chiqindisi	tn.	15000	10	0,083	1,250
Tebinbulaq vermikulit chiqindisi, (100% tash.)	tn.	25000	2 (100% dan tashqari)	0,016	0,400
Maqbul UchK-1 tarkib asosida ishlab chiqarilgan shixta narxi	tn/sum				175,650
"Azkamar" MChJ korxonasi ishlab chiqarishdagi boshqa xarajatlari	m ³ /sum				130,350
Ja'mi:					306,00
Farq (380,0 – 306,0)					74,00

Bunda xomashyo sarfini hisoblashda texnologik yo'qotishlar va xomashyoning namligi inobatga olingan. "Azkamar" MChJning sutkalik ishlab chiqarish quvvati 50 tonna bo'lganda: $74000 \times 50 = 3700\ 000$ so'm/kun, yoki $3700\ 000 \times 310$ kun = $1\ 147\ 000\ 000$ so'm/yil yoxud 95 500 AQSh dollarini tashkil etadi. Shunday qilib, "Azkamar" MChJ korxonasi sharoitida yengil beton ishlab chiqarish uchun keramzit granularining ishlab chiqilgan maqbul tarkibini joriy etishdan kutilayotgan iqtisodiy samara yiliga 1,147 mlrd. so'm yoki 95 500 AQSh dollarini tashkil etadi.

XULOSA

Dissertatsiya ishini bajarishda quyidagi asosiy ilmiy va amaliy natijalar olingan:

1. Uchsay koni xomashyosi va g'ovak hosil qiluvchi qo'shimchalar asosida keramik massalarning xomashyo va kuydirilgan namunalarining kimyoviy-mineralogik, fizik-kimyoviy xususiyatlari o'rganildi va zamonaviy fizik-kimyoviy tahlil usullarini qo'llagan holda keramzit granulasini olish uchun xomashyo komponentlariga termik ishlov berish jarayonlari o'rganildi.

2. Keramzit texnologiyalari uchun klassik tadqiqot usullaridan foydalangan holda 1000-1150°C haroratda kuydirilgan xomashyo komponentlarining asosiy fizik-mexanik va texnologik xususiyatlari hamda keramik massalarning kuydirilgan tajriba namunalari, ularning me'yorlangan standart talablariga muvofiqligi aniqlangan. Belgilangan xususiyatlarga ega bo'lgan keramzit granularini olish uchun yaroqliligi aniqlandi. Keramzit namunalarning ko'pchilik koeffitsientini oshirish uchun qo'shimcha ravishda g'ovak hosil qiluvchi komponentlar qo'shilganligi ko'rsatilgan.

3. Kuydirish jarayonida gil xomashyosining ko'pchishiga g'ovak hosil qiluvchi hamda ko'pchituvchi qo'shimchalarning ta'siri o'rganildi. "Bentonit gili-soda zavodi chiqindisi-vermikulitni boyitishdagi chiqindisi" uchlamchi kompozitsiyasi asosida keramzit granulari uchun g'ovak hosil qiluvchi qo'shimchalar qo'shilgan kermik massaning ko'pchish harorat sohasi aniqlandi. Kuydirish jarayonida dastlabki xomashyo minerallarining fazaviy o'zgarishi va kuydirilgan keramzit donalarida mullit, vollastonit minerallari, α -kvars, shuningdek, oz miqdorda anortit va amorf shishasimon faza shaklida hosil bo'lishi aniqlandi, bu esa tayyor materialga zarur fizik-mexanik va ekspluatatsion xususiyatlarni beradi.

4. Maqbul tarkiblar ishlab chiqilib, 1070-1080°C haroratda kuydirilgan tajriba namunalarining fizik-kimyoviy va fizik-mexanik xususiyatlari, shuningdek Qoraqalpog'iston xomashyolari va ikkilamchi resurslari asosida keramzit olishning texnologik rejimlari o'rganildi.

5. Keramzit granulari uchun ishlab chiqilgan massa tarkiblari "AZKAMAR" MChJ sharoitida tajriba-ishlab chiqarish sinovidan o'tkazildi. Ishlab chiqilgan tarkiblar fizik-mexanik va texnologik ko'rsatkichlari bo'yicha yuqori ko'pchuvchanlikka ega bo'lgan, nisbatan past kuydirish haroratida (1070°C), amaldagi GOST 9757-90 va GOST 32496-2013 talablariga javob beradigan qurilish-texnik xususiyatlarga ega bo'lgan keramzit granularini olish uchun yaroqli ekanligi aniqlandi. Bunda eng yuqori texnologik ko'rsatkichlar tarkibida mass.% da: bentonit gili - 90; soda zavodi chiqindisi - 10 va vermikulitni boyitishdagi chiqindisi - 2 (100% dan yuqori) bo'lgan tarkib ekanligi aniqlandi.

6. Uchsay gilining ko'pchish ko'rsatkichini yaxshilash uchun kerakli qo'shimchalar bilan keramzit tarkibi va olish texnologiyasi ishlab chiqildi. Keramzit granularini olishning ishlab chiqilgan texnologiyasini joriy etishdan olingan iqtisodiy samaradorlik yiliga 95 500 ming AQSh dollarini tashkil etadi.

7. Olingan keramzit asosida yengil betonlar tarkibi ishlab chiqildi va "Nukus TBBZ " MChJ sharoitida tajriba-ishlab chiqarish sinovidan o'tkazildi. Yengil beton tajriba namunalarining asosiy qurilish-texnik xususiyatlarini tadqiq qilishda eng yaxshi natijalar keramzit granulari yengil beton UChKB-1 tajribaviy beton namunasining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti 0,52 W/(m·K) ni tashkil qildi hajmiy massasi 1400 kg/m³ va siqilishdagi mustahkamligi 12,5MPa ni tashkil etdi. Olingan mayda va yirik donali keramzitbetonlar GOST 25820-2021 bo'yicha B12,5 beton sinfi va M150 beton markasi bo'yicha barcha amaldagi talablarga javob berishi aniqlandi.

8. Tadqiqotlar natijasida olingan ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, ishlab chiqilgan keramzit va ular asosidagi yengil beton amaldagi standartning barcha zarur talablariga javob beradi va qurilish materiallari ishlab chiqarish sanoatida konstruksion materiallar (blok va panellar) ishlab chiqarish uchun to'ldiruvchi - g'ovakli keramzit komponenti sifatida foydalanishi mumkin.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.26/30.12.2019.Т.11.01
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

КАРАКАЛПАКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЕРИМБЕТОВ БЕРДИМУРАТ ҚАРЛЫБАЕВИЧ

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА
КЕРАМЗИТА НА ОСНОВЕ УЧСАЙСКОГО БЕНТОНИТА И
ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ**

**05.09.05 – Строительные материалы и изделия
02.00.15 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов**

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

Ташкент – 2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за номером В2025.1.PhD/Т4320.

Диссертация выполнена в Каракалпакском государственном университете Республики Узбекистан.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский и английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.tdu.uz) и Информационно-образовательном портале "ZiyoNet" (www.ziynet.uz).

Научный руководитель:

Сабиров Бахтиёр Тохтаевич

доктор технических наук, старший научный сотрудник

Пурханатдинов Аман Пурханатдинович

доктор философии (PhD) по техническим наукам, доцент

Официальные оппоненты:

Усманов Хикматилла Лутпиллаевич

доктор технических наук, профессор

Сатторов Зафар Муродович

кандидат технических наук, профессор

Ведущая организация:

**Ферганский государственный
технический университет**

Защита диссертации состоится «26» декабря 2025 года в 10:00 часов на заседании разового Научного совета DSc.26/30.12.2019.T.11.01 при Ташкентском архитектурно-строительном университете. (Адрес: 100206, г. Ташкент, Юнусабадский район, улица Янгишахар, 9а 3-е здание. Тел.: (+998 55) 508-02-56; факс: (+998 55) 508-02-56, e-mail: devon@taqu.uz, taqi_atm@edu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского архитектурно-строительного университета (зарегистрирована за № 179). (Адрес: 100206, г. Ташкент, Юнусабадский район, улица Янгишахар, 9а. Тел.: (+998 55) 508-02-56; факс: (+998 55) 508-02-56. e-mail: taqi_atm@edu.uz).

Автореферат диссертации разослан «13» декабря 2025 года.

(реестр Протокола рассылки за № 57/2025 от «24-июня» 2025 года).



Х.А. Акрамов

Председатель разового Научного совета по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

И.И. Сиддиқов

Учёный секретарь разового Научного совета по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

Н.Х. Галипов

Председатель разового Научного семинара при Научном совете по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Спрос на источники энергии в мире постоянно растет. Почти половина энергоносителей расходуется на отопление или кондиционирование зданий и сооружений в период их эксплуатации. При строительстве жилья для населения, объектов социальной инфраструктуры, производственных предприятий для отраслей промышленности, современных дорог для транспортной системы, инженерно-коммуникационных сетей и других видов строительных объектов все более актуальным остается вопрос обеспечения различными энергосберегающими, недорогими и имеющими высокие качественные показатели строительными материалами.

В мире приоритетными факторами являются поиск дешевых источников сырья в производстве строительных материалов, экономное использование природных сырьевых ресурсов в производственном процессе и отходов различных промышленных предприятий, а также экономия энергоресурсов и поддержание конкурентоспособности продукции по цене и качеству. Особое место среди строительных материалов занимают теплоизоляционные функциональные материалы. В этом направлении широко используются теплоизоляционные материалы для экономии энергозатрат на отопление в холодное время года либо на охлаждение в теплое время года в течение длительного периода эксплуатации строительного объекта. Для получения легкого бетона на основе портландцемента в качестве легкого заполнителя используются керамзитовые гранулы или измельченный керамзитовый гравий различных фракций. Керамзит представляет собой пористую легкую керамическую гранулу, получаемую вспучиванием глинистого минерального сырья, например бентонита и аргиллита.

В Узбекистане в 1970–1989 г. керамзитовая продукция в производилась в промышленных масштабах на нескольких крупных предприятиях в таких областях, как Ташкентская, Самаркандская, Бухарская, Навоийская, Сурхандарьинская, а также в Каракалпакстане. Она широко использовалась при производстве керамзитобетона на строительных объектах того периода в виде теплоизоляционного сыпучего изоляционного покрытия верхнего потолка и пола здания. Однако к 1990-м годам, в период кризисной ситуации в строительстве, керамзит временно уступил свою конкурентоспособность другим новым строительным материалам из-за устаревших технологий и высокого энергопотребления природного газа. В последние годы спрос на керамзит вновь резко возрос в условиях глобального дефицита энергии, изменения климата и высоких тенденций демографического роста, а также увеличения объемов строительства. В частности, в качестве сырьевых запасов для производства керамзита выявлено более 200 месторождений бентонитовых глин с различными количественными запасами, общий объем которых превышает 2,0 млрд т.

Исходя из вышеуказанных обстоятельств, одним из актуальных направлений научных исследований является разработка оптимальных

составов для приготовления легкого бетона с целью снижения нагрузки на фундамент современных строительных объектов и повышения теплозащитных показателей зданий за счет приготовления керамзитобетона с использованием керамзита. Особое значение имеет разработка оптимального состава керамзита и необходимых оптимальных технологических параметров, а также состава керамзитовых легких бетонов для производства пористых легких керамзитовых гранул за счет низких энергозатрат в процессе обжига (вспенивания) с использованием местного бентонитового глинистого сырья и вторичных ресурсов.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 г. № УП-60 "О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы", Постановлениях Президента Республики Узбекистан от 23 мая 2019 г. №ПП-4335 "О дополнительных мерах по ускоренному развитию промышленности строительных материалов", от 4 октября 2019 г. № ПП-4477 "Об утверждении Стратегии перехода Республики Узбекистан на "зеленую" экономику на период 2019–2030 годов", Постановлениях Кабинета Министров Республики Узбекистан от 16 января 2019 г. № 37 "О мерах по комплексному социально-экономическому развитию Муйнакского района Республики Каракалпакстан" от 27 мая 2021 г. № 327 "О дополнительных мерах по расширению сырьевой базы по глубокой переработке природно-сырьевых и минеральных ресурсов Республики Каракалпакстан в 2021–2022 годах и созданию на этой основе цепочки добавленной стоимости", а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики Узбекистан II. "Энергетика, энерго- и ресурсосбережение" и VII. "Химическая технология и нанотехнология".

Степень изученности проблемы. В результате целенаправленных научных исследований по разработке составов для производства пористых керамических строительных материалов с использованием природного минерального сырья и различных минеральных и химических добавок, а также по совершенствованию существующих и разработке новых технологий производства ведущими мировыми учеными-исследователями, такими как С.П.Онацкий, Б.Н.Кауфман, И.А.Гервидс, В.А.Береговой, В.И.Верещагин, Ю.В.Селиванов, И.Д.Кашеев, А.Г.Марва, Ф.М.Мохамед, У.Фахим, С.Хашим, Б.И.Но, В.П.Лузин, Л.П.Лузина, Ю.А.Шепочкина, Е.А.Лебедева, Т.В.Хмеленко, О.В.Кононова, В.Д.Котляр, С.М.Васильев, достигнуты значительные результаты.

Среди ученых Узбекистана Ф.Х.Таджиев, Л.М.Ботвина, Н.А.Сирождидинов, А.А.Исмаатов, Э.У.Касимов, Б.А.Аскарлов, Х.А.Акрамов, А.А.Тулаганов, Х.Х.Камилов, У.А.Газиев, Т.Т.Шокиров, А.М.Эминов, З.Р.Кадырова, Н.Х.Толипов, Б.Т.Сабиров, И.Р.Бойжонов, З.М.Курязов,

З.М.Сатторов, А.П.Пурханатдинов, Ш.М.Ниязова и др. внесли определенный вклад в разработку технологий производства конструктивных керамических строительных материалов, в том числе теплоизоляционных, с использованием местного сырья и техногенных ресурсов за счет применения различных добавок и методов при исследовании свойств этих сырьевых материалов.

Между тем, несмотря на то, что в результате проведенных исследований достигнуты значительные результаты, на сегодняшний день недостаточно проведено научных исследований по разработке технологий производства прочных керамических строительных материалов с легкой пористой структурой, таких как керамзит, получаемый вспучиванием из местного бентонитового глинистого сырья и техногенных ресурсов Республики Каракалпакстан. Это предопределяет необходимость более широкого изучения состава, свойств, технологических характеристик бентонитовых глин, полученных из новых месторождений, физико-технических и эксплуатационных свойств созданных новых материалов, разработки новых оптимальных составов шихты для получения керамзита на их основе, проведения испытаний в производственных условиях, а также исследования закономерностей взаимосвязи между их сырьевым и шихтовым составами и технологическими параметрами.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ проводимыми в организации, где выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в рамках научных исследований, задач, намеченных в Постановлении Кабинета министров РУз №327 от 27 мая 2021 г. “О дополнительных мерах по расширению сырьевой базы по глубокой переработке природно-сырьевых и минеральных ресурсов Республики Каракалпакстан в 2021–2022 годах и созданию на этой основе цепочки добавленной стоимости” на кафедре "Строительство зданий и сооружений" Каракалпакского государственного университета.

Цель исследования – разработка технологии получения керамзита и легкого бетона путем создания новой рецептуры на основе местного сырья и вторичных ресурсов, в частности Учсайской бентонитовой глины и отходов СП ООО «Кунгиратский содовый завод», а также остаточных вермикулитовых отходов, образующихся при обогащении вермикулита Тебинбулакского месторождения.

Задачи исследования:

изучить химико-минералогический, гранулометрический состав и технологические свойства Учсайской бентонитовой глины, отходы дистиллерного шлама СП ООО "Кунградский содовый завод," а также остаточный вермикулитовый отход, образующийся в процессе обогащения Тебинбулакского вермикулита;

исследовать процессы образования керамзитовой структуры за счет вспучивания, фазовых превращений и новых минералов, происходящих при высоких температурах на основе трехкомпонентных составов на основе Учсайской бентонитовой глины, отхода СП ООО "Кунградского содового

завода”, остаточных вермикулитовых отходов, образующихся в процессе обогащения вермикулита Тебинбулакского месторождения;

выявить влияние компонентного состава, температуры, режима термической обработки (вспучивания) и порообразующих добавок на физико-механические свойства вспученных гранул бентонита;

определить физико-химические, физико-механические и эксплуатационные свойства опытных образцов керамических материалов, полученных на основе Учсайской бентонитовой глины и отходов СП ООО "Кунградский содовый завод," а также остаточных вермикулитовых отходов;

провести опытные работы в промышленных условиях по производству керамзита на основе оптимальных композиций, предназначенных для получения вспученного керамического материала;

разработать составы керамзитсодержащего легкого бетона на основе портландцемента с использованием керамзитовых гранул, полученных на основе Учсайской бентонитовой глины и отходов СП ООО "Кунградский содовый завод," а также остаточных вермикулитовых отходов и их различных фракций, и определить физико-механические свойства образцов бетона на их основе.

Объектом исследования являются экспериментальные образцы, полученные в лабораторных и производственных условиях – бентонитовая глина Учсайского месторождения в Муйнакском районе Республики Каракалпакстан, дистиллерный шлам СП ООО "Кунградский содовый завод", остаточный вермикулитовый отход, образующийся в процессе обогащения вермикулита Тебинбулак, а также керамические материалы, изготовленные на их основе и подвергнутые термической обработке (вспучиванию) при высоких температурах, и опытные образцы легких бетонов.

Предмет исследования – химико-минералогические составы бентонитовой глины и вторичных ресурсов, свойства опытных образцов на основе лабораторных и производственных опытных составов, физико-технические показатели образцов, полученных из этих составов, процессы, протекающие с изменением фазового состава и формирования структуры при высоких температурах, а также закономерности взаимосвязи между влияющими на них факторами.

Методы исследования. В ходе диссертационного исследования были использованы современные физико-химические методы анализа (химический, рентгенофазовый, дифференциально-термический, ИК-спектроскопический, электронно-микроскопический) и стандартные методы испытаний для изучения свойств и показателей качества бентонитовой глины, вторичных сырьевых ресурсов, керамзита и легких бетонов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

обнаружено формирование минералов волластонита, муллита, α -кварца, гематита и частично анортита при термическом ударе опытных образцов, изготовленных на основе Учсайской бентонитовой глины и вторичных

ресурсов, в интервале высоких температур 1000–1070 °С в результате процессов фазового перехода и образования новых кристаллических фаз;

доказано, что особенности формирования структуры керамзита, а также основные физико-механические, технологические и эксплуатационные свойства изменяются в зависимости от состава и доли используемого основного сырья и вторичных ресурсов в составе шихты, а также от повышения температуры вспучивания;

установлена возможность снижения температуры вспучивания керамзита на 50–70 °С при использовании Учсайской бентонитовой глины (90%), отхода дистиллерного шлама содового производства (10%) и отхода обогащения вермикулита (2% сверх 100%);

доказана возможность получения керамзита с насыпной плотностью 670–690 кг/м³, прочностью на сжатие 3,5 МПа, коэффициентом вспучивания – 3,65% на основе Учсайской бентонитовой глины и отходов дистиллерного шлама содового производства, а также отходов обогащения вермикулита;

установлена возможность получения конструкционно-теплоизоляционных легких бетонов с теплопроводностью 0,52 Вт/м·°С, плотностью 1400 кг/м³ и прочностью на сжатие 12,5 МПа на основе использования в качестве заполнителя керамзита, полученного на базе Учсайской бентонитовой глины, отходов дистиллерного шлама содового производства и отходов обогащения вермикулита.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

-разработана технология производства готового керамического изделия – керамзита для нужд строительной индустрии с использованием Учсайской бентонитовой глины и вторичных техногенных ресурсов – дистиллерного шлама, образующейся при производстве кальцинированной соды и отхода обогащения вермикулита;

- разработаны составы легких бетонов – готового материала для строительства с использованием керамзита, полученного на основе сырья Каракалпакстана – бентонитовой глины и вторичных техногенных ресурсов;

- на основе полученного керамзита разработан состав легких бетонов и проведены опытно-производственные испытания в условиях ООО "Нукус ТББЗ." При исследовании основных строительно-технических характеристик опытных образцов конструкционно-теплоизоляционного легкого бетона с пористыми добавками установлено, что наилучшие результаты были получены на образце керамзитового гранулированного легкого бетона УчкБ-1, у которого марка по насыпной плотности – М700, коэффициент теплопроводности – 0,52 W/м°С, объемная масса – 1400 и прочность на сжатие – 12,5 МПа;

- доказано, что полученные мелкозернистые и крупнозернистые керамзитобетоны соответствуют всем необходимым требованиям по классу бетона В12,5 и марке бетона М150 по ГОСТу 25820-2021;

На основе использования керамзитовых гранул и теплоизоляционного наполнителя (керамзита) в виде мелкого гравия, полученных на базе природного сырья и вторичных техногенных ресурсов Каракалпакстана,

разработаны новые составы и технологии производства сыпучих теплоизоляционных материалов для потолков и полов зданий и сооружений, а также готовых строительных материалов в виде конструктивного легкого бетона с несколько более низкой теплопроводностью, чем у обычного бетона, и научно обоснованы возможности полного удовлетворения потребностей строительной индустрии региона с рациональным использованием существующей сырьевой базы на территории Республики Каракалпакстан, расположенной в относительно отдаленном и северном регионе.

Достоверность результатов исследования обосновывается использованием при выполнении исследовательских работ современных лабораторных методов получения гранул вспученного керамического материала – керамзита, а также промышленных технологий и технологических средств производства, базированием экспериментальных результатов на строительных нормах и правилах, логическим обоснованием научных выводов экспериментов в соответствии с теоретическими законами, а также хорошей согласованностью результатов экспериментов с результатами, полученными в производственных условиях.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования определяется обоснованием функциональной зависимости основных физико-химических, физико-механических и технологических свойств образцов керамзитовых гранул керамического материала на основе бентонитовой глины с порообразующей добавкой для получения теплоизоляционных материалов и определением физико-технических и эксплуатационных свойств конструкционного теплоизоляционного материала легких бетонов, являющегося изоляционным и конечным готовым строительным материалом в зависимости от вида сырья и содержания их в шихте.

Практическая значимость исследования заключается в разработке новых составов и технологических режимов получения керамзитовых гранул готового продукта с необходимыми физико-техническими и эксплуатационными показателями на основе использования бентонитового глинистого сырья и техногенных отходов Учсайского месторождения Каракалпакстана, а также получением из них сыпучих теплоизоляционных настильных (гранулированных) материалов и легких бетонов с цементным вяжущим.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по внедрению в производство керамзитового состава энергосберегающего вспученного керамического материала с использованием сырья Учсайской бентонитовой глины и отхода содового производства:

разработан оптимальный состав керамзитовых гранул нового состава и апробирован на предприятии ООО "AZKAMAR" в Кызылтепинском районе Навоийской области (Акт, утвержденный 18–19 ноября 2023 г., по результатам испытаний, проведенных в ООО "AZKAMAR"). В результате

внедрения нового состава достигнуто снижение расхода природного газа за счет снижения температуры обжига до 50–60 °С в процессе вспучивания гранул керамзита;

разработана технология производства легкого бетона с использованием полученного керамзита и внедрена в производство ООО "Нукус ТББЗ," действующее в Нукусе Республики Каракалпакстан (Акт, утвержденный 1 мая 2025 г., по результатам испытаний в ООО "Нукус ТББЗ"). В результате внедрения определена возможность производства готового теплоизоляционного керамзита для нужд строительной индустрии Каракалпакстана с использованием вторичных ресурсов на основе местного природного сырья и легких бетонов с применением полученного керамзита в качестве легкого заполнителя.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования данной диссертационной работы обсуждались на 2 международных и 9 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 19 научных работ, из них 8 научных статей, в том числе 1 в журнале, входящем в базу данных SCOPUS, 7 статей – в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации доктора философии (PhD), а также 11 тезисов докладов на международных и республиканских научно-практических конференциях.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 113 страниц.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность решаемой проблемы и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, выявлены объект и предмет исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследования, приведены сведения о внедрении результатов исследования в производство, апробации результатов исследования по теме диссертационной работы и опубликованных научных работах, а также о структуре и объеме диссертации.

В первой главе диссертации под названием "**Современное состояние и перспективы исследования по производству керамических строительных материалов и легкого бетона на основе бентонитовой глины и порообразующих вторичных ресурсов**" представлен подробный аналитический обзор научных исследований, проведенных в области производства строительных материалов по способам получения керамзита на основе бентонитовой глины, составам, технологиям производства, физико-химическим, физико-механическим свойствам. Отмечается, что в мире

проводится ряд исследований по использованию местного сырья и вторичных промышленных отходов в производстве керамзита для получения строительного материала с высокой прочностью, отвечающего физико-химическим и физико-механическим свойствам. Кроме того, в данной главе представлен подробный аналитический обзор научных исследований по использованию керамзита в качестве пористого, легкого заполнителя для легкого бетона и керамзитобетона.

Во второй главе диссертации под названием «**Методы определения химического и минералогического состава, физико-технических свойств глинистого сырья и вторичных ресурсов и исследования экспериментальных образцов**» описаны методы исследования выбранных объектов и полученных экспериментальных образцов, современные методы исследования, приборы и оборудование, а также методы испытаний строительных материалов, предусмотренные действующими стандартами.

В третьей главе диссертации под названием "**Определение физико-химического и минералогического состава бентонитовой глины, отходов содового производства и отходов обогащения вермикулита, а также методы получения керамзита и исследования его свойств**" посредством методов дифференциально-термического, ИК-спектроскопического, оптического и электронно-микроскопического анализа и действующих стандартных испытаний определен химико-минералогический состав бентонитовой глины Учсайского месторождения, дистиллерного шлама СП ООО "Кунградский содовый завод" и отхода обогащения Тебинбулакского вермикулита.

В главе разработан оптимальный состав для получения керамзита и установлены физико-механические свойства керамзита, полученного на основе оптимального состава УчК-1. Химический состав образцов глин бентонитового месторождения Учсай представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав образцов глин бентонитового месторождения Учсай

№ образца	Химический состав бентонитовых глин месторождения Учсай, %										п.п.п
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₅	
Уч-1	60,68	14,25	4,94	0,66	1,59	2,06	2,99	1,49	0,95	0,36	10,04
Уч -2	60,10	14,85	4,75	0,79	1,62	2,01	2,92	1,56	0,98	0,26	10,16
Уч -3	60,25	14,70	4,95	0,59	1,59	1,99	3,09	1,45	0,92	0,22	10,25
Среднее	60,34	14,60	4,88	0,68	1,60	2,02	3,00	1,50	0,95	0,28	10,15
По ГОСТу 32026-2012	>70	10-25	2,5-12	0,1-2	>6	>4	1,5-6	>1,5	-	-	-

Примечание: Потери при нагревании (ПН) включают: гигроскопические, конституционные, кристаллизационную воды, органические и летучие вещества, а также оксид углерода (II).

Согласно полученным данным химического и химико-минералогического анализа бентонитовой глины Учсайского месторождения, наличие в её составе кремнезема, глинозема, оксидов железа, кальция,

щелочных металлов и карбонатов позволяет использовать их при разработке составов керамзитовых теплоизоляционных материалов.

Фазовый состав исследуемых сырьевых материалов определен рентгенографическим методом.

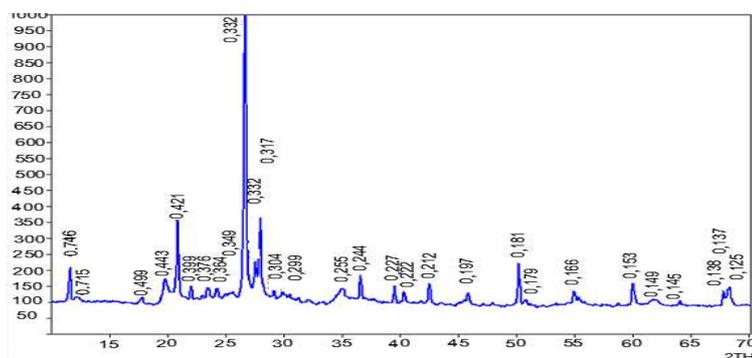


Рис.1. Рентгенограмма Учсайской бентонитовой глины

На рентгенограмме Учсайской бентонитовой глины, где, в основном, присутствуют кварц ($d=0,421; 0,332; 0,244; 0,227; 0,222; 0,212; 0,197; 0,181; 0,166; 0,153; 0,145; 0,138; 0,137$ нм), мусковит ($d=0,499; 0,443; 0,399; 0,376; 0,364; 0,322; 0,299; 0,255$, нм), альбит ($d=0,364; 0,317; 0,294; 0,150$ нм), монтмориллонит ($d=0,750; 0,500; 0,448; 0,304; 0,255; 0,244$), хлорит ($d=0,715; 0,443; 0,349$ нм), обнаружены дифракционные максимумы, характерные для минералов (рис.1).

Результаты дифференциально-термического анализа образцов Учсайской бентонитовой глины представлены на рис.2, в которых наблюдались процессы, аналогичные возникновению экзо-и эндотермических эффектов при соответствующих температурах кривой нагрева термического анализа.

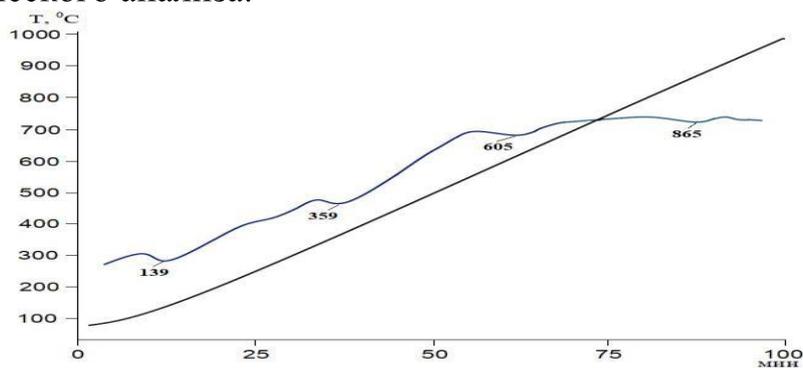


Рис.2. ДТА-грамма Учсайской бентонитовой глины

ИК-спектры поглощения образца бентонитовой глины Учсай, представленной на рис. 3, аналогичны спектрам известных слоистых алюмосиликатных минералов. В ИК-спектрах этих глин наиболее частотные и интенсивные полосы наблюдаются в $519,71; 647,48; 668,30; 694,14; 776,69; 796,07; 911,64; 989,17; 1621,58; 3400,36; 3620,73\text{см}^{-1}$, Интенсивность – $32,79; 70,84; 69,30; 66,25; 60,50; 62,02; 39,45; 25,21; 94,52; 92,35; 89,80\text{ см}^{-1}$.

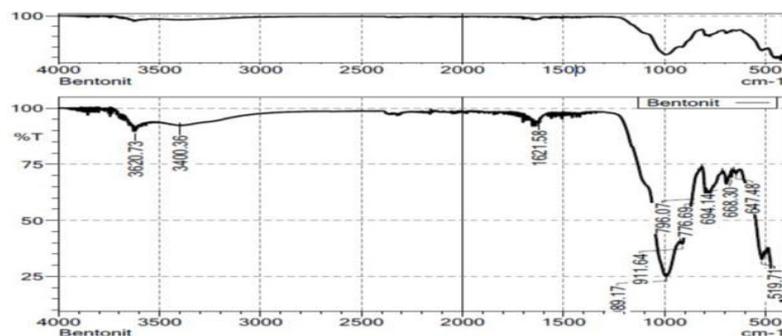


Рис.3. ИК-спектрограмма Учсайской бентонитовой глины

Полученные данные по химическому анализу дистиллерного отхода СП ООО "Кунградский содовый завод" приведены в табл.2.

Таблица 2

**Химический состав дистиллерного шламового отхода
СП ООО "Кунградский содовый завод"**

Образец	Содержание химических соединений, масс.%						
	NaCl	Na ₂ CO ₃	CaCO ₃	Mg (OH) ₂	H ₂ O	Na ₂ SO ₄	SiO ₂
КС	14,31	0,045	31,05	8,96	40,51	0,13	4,43
КС	15,10	0,049	30,98	8,12	41,37	0,11	5,64
КС	13,9	0,039	31,89	9,03	39,95	0,15	4,03
Средний	14,4	0,044	31,30	8,70	40,61	0,13	4,7

Из рентгенограммы дистиллерного отхода СП ООО "Кунградский содовый завод" видно, что обнаруженные дифракционные максимумы, в основном, имеют межплоскостные расстояния карбоната кальция $d=0,302$; $0,281$; $0,249$; $0,209$ нм, для низкотемпературного β -кварца $d=0,333$; $0,425$; $0,187$ нм и α -кварца $d=0,342$ $0,185$ $0,162$ нм. При этом низкоинтенсивные дифракционные максимумы подтверждены минералами, относящимися к полевым шпатам при $d=0,381$ $0,324$ $0,321$ нм (рис.4).

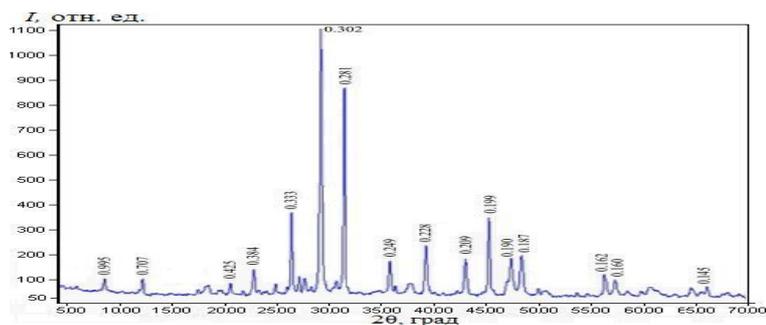


Рис.4. Рентгенограмма дистиллерного шлама СП ООО "Кунградский содовый завод"

Таким образом, в процессе производства кальцинированной соды СП ООО "Кунградский содовый завод" изучен химический и минералогический составы дистеллерного шламового отхода, образующего в количестве 40–50 тыс. т в год. Кроме того, использовался остаточный вермикулитовый отход, образующийся в процессе обогащения Тебинбулакского вермикулита. Полученные данные по химическому анализу представлены в табл.3.

Химический состав остаточного вермикулитового отхода, образующегося в процессе обогащения Тебинбулакского вермикулита

Образец	Содержание оксидов, масс.%									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	п.п.п	сумма
ТВ-1	44,03	6,14	10,32	20,37	14,72	0,4	0,98	0,4	4,20	101,56
ТВ-2	47,96	4,16	9,27	17,34	15,03	0,2	0,69	0,5	3,91	99,06
ТВ-3	42,85	5,67	11,13	19,67	13,58	0,3	0,78	0,3	3,80	98,08
ТВ ср	44,94	5,32	10,24	19,12	14,47	0,3	0,82	0,4	3,97	99,58

Установлено, что оксиды, имеющиеся в составе вермикулитового отхода (см. табл.3), положительно влияют на его физико-механические свойства при его добавлении в качестве вторичного ресурса при производстве керамзита.

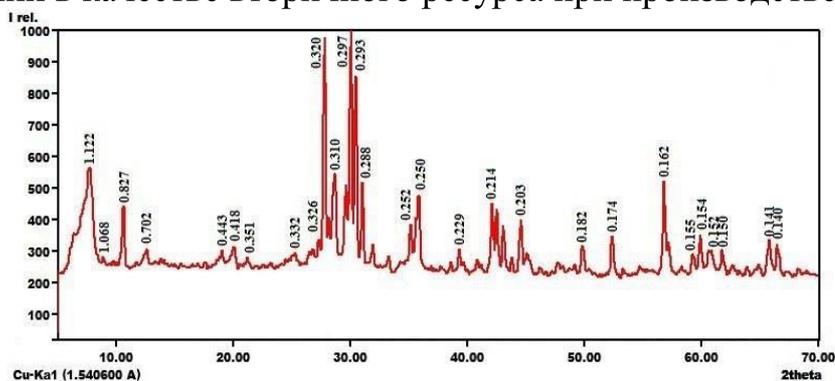


Рис.5. Рентгенограмма отхода, образующегося в процессе обогащения Тебинбулакского вермикулита

На рис.5 представлена рентгенограмма отходов, образующихся в процессе обогащения вермикулита Тебинбулака, в основном, выявлены минералы диопсида, сепиолита и кварца. Эффекты, соответствующие диопсиду, наблюдались при следующих значениях расстояния между плоскостями: $d=0,418$; $0,320$; $0,297$; $0,293$; $0,288$; $0,252$; $0,250$; $0,214$; $0,203$; $0,162$; $0,141$ и $0,140$ нм. Эффекты, характерные для сепиолита, проявлялись при следующих значениях: $d=1,122$; $0,827$; $0,702$; $0,443$ и $0,351$ нм. Эффекты, соответствующие кварцу: $d=0,332$; $0,212$; $0,182$; $0,154$ и $0,152$ нм.

На основании полученных результатов можно сформулировать научные гипотезы, обосновывающие возможность использования данного отхода в качестве порообразующего вторичного ресурса для организации производства керамзита на основе Учсайской бентонитовой глины, а также сделать выводы о преимуществах дальнейших научных исследований в этом направлении.

В полученных керамзитовых образцах содержание бентонитовой глины составляет 75–95%, количество дистиллерного отхода СП ООО "Кунградский содовый завод" – 5–25%, количество остаточного вермикулитового отхода, образующегося в процессе обогащения

Тебинбулакского вермикулита, – 1–5%. В табл. 4 приведены разработанные составы опытных шихт, предназначенных для получения керамзита.

Таблица 4

Опытные составы масс с использованием Учсайской бентонитовой глины, дистиллерного отхода содового производства и отхода обогащения вермикулита

Обозначение массы	Доля в составе шихты, %			Температура плавления, °С		Интервал температур, °С
	Учсайская бентонитовая глина	дистиллерный отход содового производства	вермикулитовый отход тебинбулака	начало	окончание	
УчК-1	90	10	2	1120	1170	50
УчК-2	95	5	2	1150	1200	50
УчК-3	85	15	2	1115	1165	50
УчК-4	80	20	2	1100	1150	50
УчК-5	75	25	2	1020	1050	30

Результаты определения температуры начала и конца плавления опытных образцов в данной трехкомпонентной композиции представлены в табл.4. Установлено, что температура обжига сырья в композиции влияет на физико-механические свойства и химико-минералогический (фазовый) состав керамзита.

В композициях "Учсайская бентонитовая глина" отмечается дистиллерный отход содового производства, т.е. отход обогащения вермикулита. Здесь наблюдается усиление усадки с увеличением содержания бентонитовой глины. Формованные опытные образцы сушили в сушильном шкафу марки Matest A010 в интервале 100–120 °С в течение 30 мин до остаточной влажности 12–17% и далее в течение 30 мин в интервале 200–250 °С до остаточной влажности 3,0–0%. Высушенные образцы обжигали в муфельной печи СНОЛ 30/1200 при температуре 1050–1150°С.

Из данных табл.5 видно, что опытные образцы УчК-1, УчК-2, УчК-3 по нормативным значениям физико-механических и технологических показателей соответствуют требованиям ГОСТа 9759-83 и ГОСТа 32496-2013.

С целью испытания разработанного оптимального состава УчК-1 в реальных производственных условиях было принято решение о проведении испытаний на производственном предприятии ООО "AZKAMAR," действующем в Кызылтепинском районе Навоийской области. Для получения керамзитовых зерен был использован метод пластической формовки. Для этого из шихты оптимального состава УчК-1, состоящей на 90% из Учсайского бентонита и на 10% из отхода содового производства СП ООО "Кунградский содовый завод", а также на 2% (кроме 100%) из остаточного вермикулитового отхода, образующегося в процессе обогащения Тебинбулакского вермикулита, было изготовлено 15 000 кг.

**Физико-механические свойства образцов керамзита, вспученного
в лабораторных условиях**

Образец	Насыпная плотность, кг/м ³	Марка	Прочность на сжатие, МПа	Марка по прочности	Водопоглощение, %	Пористость, %	
						открытая	закрытая
УчК-1	670-690	M700	3,5	P150	18	12,9	73,2
УчК-2	700-730	M800	4,5	P200	18	13,3	73,3
УчК-3	650-680	M700	3,5	P150	19	13,0	73,0
УчК-4	640-660	M700	3,0	P150	15	11,6	71,8
УчК-5	640-650	M700	3,0	P150	15	11,5	71,7
По ГОСТу 32496-2013	150-1000	M150-1000	0,5-8,0	P150-300	Не нормирован	150-1000	

Из подготовленной шихты с помощью производственного технологического оборудования – шнекового гидравлического прессы в непрерывном режиме были изготовлены опытные образцы цилиндрической формы диаметром 22–26 мм и длиной 40–65 мм. Опытные образцы с влажностью 20–23% обжигали во вращающихся печах ООО "AZKAMAR."

Опытные образцы после предварительной термической обработки были перенесены ленточным транспортером в предварительно нагретую вращающуюся печь при температуре 400–450°С. Здесь образцы подвергались термической обработке в течение 20–25 мин. Затем термически обработанные образцы немедленно переносили в основную вращающуюся печь с температурой 950–1000°С и выдерживали при конечной температуре в течение 7 мин. Через 7 мин опытные образцы извлекали из печи и охлаждали до комнатной температуры. Затем были определены показатели в соответствии с методиками действующих стандартов (табл.6).

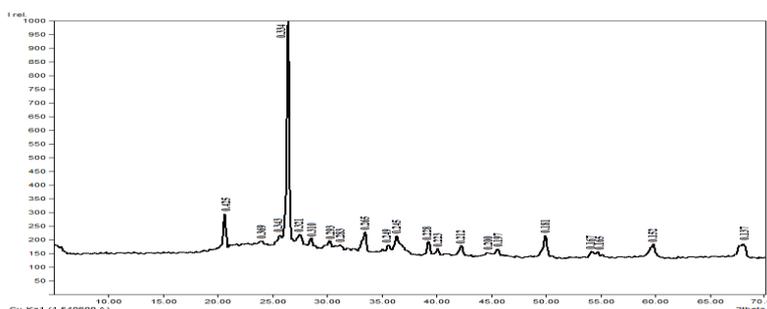
Следует отметить, что наилучшие результаты получены из опытной шихты УчК-1 с добавлением дистиллерного отхода СП ООО "Кунградский содовый завод" и остаточного вермикулитового отхода, образующегося в процессе обогащения Тебинбулакского вермикулита. При этом коэффициент вспучивания составил 3,90%, температура вспучивания – 1070–1100 °С, насыпная плотность – 670–690 кг/м³.

Такие же результаты получены в образцах из опытной шихты УчК-1 с добавлением 10% отхода содового производства СП ООО "Кунградский содовый завод," при этом коэффициент вспучивания составил 3,65%, температура вспучивания – 1070–1100 °С, насыпная плотность – 650–665 кг/м³.

**Физико-технические показатели опытных образцов различных видов
горючих керамзитовых гранул с добавками и без них**

Образец	Добавка, %	Температура вспучивания, °С	Средняя плотность, кг/м ³	Водопоглощение, %	Прочность на сжатие, МПа		Насыпная плотность, кг/м ³	Коэффициент набухания
							фракция 5-10 мм	
Без добавки	0	1150	835	15	4,5	П-200	745-765	2,85
УчК-1	10	1100	775	16	3,5	П-150	670-690	3,65
УчК-2	20	1070	710	17	3,0	П-125	625-635	4,80
УчК-3	30	1050	645	19	2,5	Р-100	560-585	5,35
ГОСТ 32496-2013			Не нормируется	20-30%	0,5–10,0 МПа Р15–Р300		М 150–1000	Не нормируется

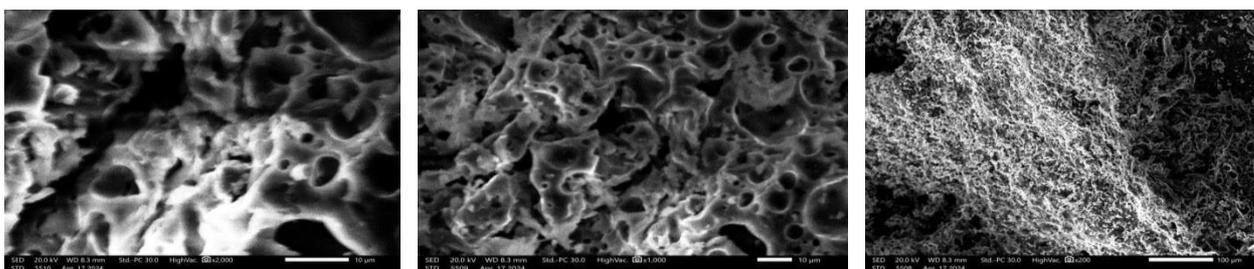
На рентгенограмме (рис.6) опытного образца керамзита УчК-1 представлены волластонит $d=0,293; 0,228; 0,181$ нм; муллит $d = 0,369; 0,343; 0,293$ нм, высокотемпературный кварц $d= 0,425; 0,334; 0,245; 0,228; 0,223; 0,212; 0,197; 0,181; 0,167; 0,152; 0,137$ нм, гематит $d=0,369; 0,265; 0,249; 0,181; 0,165$ нм и частично анортитовые минералы $d=0,321; 0,310; 0,283$. Установлено наличие дифракционных максимумов, равных $0,197$ нм.



**Рис.6. Рентгенограмма образца вспученного керамзита
состава УчК-1**

Физико-химические, физико-механические и технологические свойства образцов в составе УчК-1 были выбраны в соответствии с действующими ГОСТом 9759-83 и ГОСТом 32026-2012 в качестве оптимального состава для производства керамзитовых гранул, отвечающих стандартным требованиям для гравия и песка.

Результаты электронно-микроскопического анализа экспериментального образца гранул керамзита УчК-1 (рис.7) показали, что опытные образцы керамического материала имеют однородную мелкозернистую кристаллическую структуру и состоят из гранул вышеуказанных алюмосиликатных минералов.



a
б
в

Рис.7. Электронно-микроскопическое изображение опытного образца УчК-1, обожженного при температуре 1070 °С
(*a* – x2000; *б* – x1000; *в* – x200)

Таким образом, по результатам проведенных испытаний и анализа лабораторных исследований установлено, что керамзитовые гранулы из вышеуказанного оптимального состава УчК-1 в мелкозернистом и крупнозернистом виде отвечают всем необходимым требованиям по прочности ГОСТа 32496-2013 марки Р-150 и насыпной плотности пористых заполнителей М-700 соответственно и в дальнейшем рекомендованы для использования в качестве заполнителя при приготовлении легких бетонных смесей.

В четвертой главе диссертации под названием "**Разработка технологии изготовления легких бетонов с использованием Учсайской бентонитовой глины и керамзита из вторичных ресурсов в качестве пористого заполнителя**" изучены возможности использования керамзита, полученного на основе Учсайской бентонитовой глины и вторичных отходов в качестве крупного заполнителя для легких бетонов и физико-механические свойства керамзитобетона (табл.7). Рассчитана экономическая эффективность полученного керамзита, являющегося энергосберегающим строительным материалом. Кроме того, разработан оптимальный состав керамзитобетона в условиях ООО "Нукус ТБЗ."

Таблица 7

Результаты определения основных строительно-технических характеристик полученных легких бетонов и их соответствие требованиям ГОСТа 25820-2021

Обозначение образца бетона	Средняя плотность бетона, кг/м ³	Класс по прочности на сжатие	Теплопроводность бетона в сухом состоянии, Вт/(м°С)	Морозостойкость
УчКБ-1	D1400	B12,5	0,52	F50
УчКБ-2	D1300	B7,5	0,49	F50
УчКБ-3	D1500	B12,5	0,64	F50
Конструкционно-теплоизоляционный бетон	300–1800	B1,5–20	0,08–0,7	F35–F100

Рассчитана экономическая эффективность производства керамзитовых гранул для легких бетонов на основе Учсайской бентонитовой глины в виде

керамзитовых теплоизоляционных строительных материалов с необходимыми порообразующими добавками в производственных условиях ООО "Азкамар" Навоийской области. Для расчета экономической эффективности от внедрения разработанного состава и технологии производства керамзита в условиях ООО "Азкамар" были приняты для расчета исходные данные, приведенные в табл.8.

Таблица 8

**Калькуляция расхода сырья и прочих затрат на 1 м³
керамзитовых гранул**

Название расходов	Ед. изм.	Стоимость 1 т сырья, сум.	Содержание в шихте, масс. %	Расход на 1 т готовой продукции*, т	Цена, тыс. сум.
Стоимость производственных керамзитовых гранул	м ³				380,0
Учсайская бентонитовая глина	тн.	300 000	90	0,580	174,0
Отходы Кунградского содового завода	тн.	15000	10	0,083	1,250
Вермикулитовый отход обогащения, сверх масс. 100%	тн.	25000	2	0,016	0,400
Стоимость шихты из оптимального состава	тн/сум				175,650
Другие расходы ООО "Azkamar" МСhJ при производстве керамзита	м ³ /сум				130,350
Итого					306,00
Разница (380,0 – 306,0)					74,00

При этом экономическая эффективность была достигнута за счет снижения температуры вспучивания гранул керамзита (энергосбережение) и использования отходов. Для сравнения и расчета экономической эффективности были выбраны цены на поставку аналогичного вида продукции ООО "Азкамар." Эти цены предлагаются потребителям республики по 325–330 тысяч сумов за тонну.

Калькуляция расхода сырья и прочих затрат на 1 м³ керамзитовых гранул из Учсайской бентонитовой глины, дисиллерного отхода СП ООО "Кунградский содовый завод" и отхода обогащения Тебинбулакского вермикулита, приведена в табл.8.

При этом при расчете расхода сырья учитывались технологические потери, влажность сырья. При суточной производственной мощности ООО "Азкамар" 50 т: 74 000 х 50 = 3 700 000 сум/день, или 3 700 000 х 310 дней = 1 147 000 000 сум/год или 95 500 долларов США. Таким образом, ожидаемый экономический эффект от внедрения разработанного оптимального состава керамзитовых гранул для производства легкого бетона в условиях предприятия ООО "Азкамар" составляет 1,147 млрд. сумов или 95 500 долларов США в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении диссертационной работы получены следующие основные научные и практические результаты:

1. Проанализированы химико-минералогические составы, физико-химические свойства сырья и обожженных (вспученных) образцов керамических масс на основе бентонитовой глины Учсайского месторождения и порообразующих добавок, а также изучены процессы термической обработки сырьевых компонентов для получения керамзитовых гранул с применением современных физико-химических методов анализа.

2. Определены основные физико-механические и технологические свойства сырьевых компонентов, обожженных при температуре 1000–1150°C, с использованием классических методов исследования керамзитовых технологий, а также обожженных опытных образцов керамических масс, их соответствие требованиям нормируемого стандарта. Установлена пригодность использования сырьевых компонентов для получения керамзитовых гранул с заданными свойствами. Показано, что добавление порообразующих компонентов способствует повышению коэффициента вспучивания образцов керамзита.

3. Изучено влияние порообразующих добавок на набухание глинистого сырья в процессе вспучивания. Определена температурная область вспучивания керамзитовой массы с внесением порообразующих добавок для керамзитовых гранул на основе тройной композиции "отход бентонитового глино-содового завода-отход обогащения вермикулита". В процессе обжига выявлено фазовое превращение исходных сырьевых минералов и образование в вспученных гранулах керамзита минералов муллита, волластонита, α -кварца, а также небольшого количества анортита и аморфной стекловидной фазы, что способствует формированию у готового материала необходимых физико-механических и эксплуатационных свойств.

4. Разработаны оптимальные составы и изучены физико-химические и физико-механические свойства опытных образцов, обожженных при температуре 1070–1080°C, а также технологические режимы получения керамзита на основе сырья и вторичных ресурсов Каракалпакстана.

5. Разработанные составы масс для гранул керамзита прошли опытно-производственные испытания в условиях ООО "AZKAMAR." Установлено, что разработанные составы пригодны для получения керамзитовых гранул с высокой набухаемостью по физико-механическим и технологическим показателям, при относительно низкой температуре вспучивания (1070°C), имеющих строительно-технические свойства, отвечающие требованиям действующих ГОСТа 9757-90 и ГОСТа 32496-2013. При этом установлено, что наиболее высокими технологическими показателями являются составы, содержащие: бентонитовую глину – 90 масс. %; отходы содового завода – 10 масс. % и отходы обогащения вермикулита – 2 масс. % (более 100%).

6. Разработаны состав и технология получения керамзита с необходимыми добавками для улучшения набухаемости глины Учсай.

Экономическая эффективность от внедрения разработанной технологии получения керамзитовых гранул составляет 95,5 тыс. долларов США в год.

7. Разработан состав легких бетонов на основе полученного керамзита и проведены опытно-промышленные испытания в условиях ООО «Нукусский ТББЗ». Получены наилучшие результаты по исследованию основных строительно-технических характеристик опытных образцов легких бетонов: коэффициент теплопроводности опытного образца бетона УчКБ-1 на основе керамзитозернистого легкого бетона составил 0,52 Вт/(м·К), насыпная плотность – 1400 кг/м³, прочность на сжатие – 12,5 МПа. Установлено, что полученные мелко- и крупнозернистые керамзитобетоны соответствуют всем требованиям, предъявляемым к бетону класса В12,5 и марки М150 по ГОСТу 25820-2021.

8. Данные, полученные в результате исследования, показывают, что разработанный керамзит и легкий бетон на их основе соответствуют всем необходимым требованиям действующего стандарта и могут быть использованы в качестве заполнителя – пористого керамзитового компонента для производства конструкционных материалов (блоков и панелей) в промышленности строительных материалов.

**SINGLE SCIENTIFIC COUNCIL DSc.26/30.12.2019.T.11.01 AT
TASHKENT UNIVERSITY OF ARCHITECTURE AND CIVIL
ENGINEERING ON GRADUATION OF DOCTOR OF SCIENCE**

KARAKALPAK STATE UNIVERSITY

ERIMBETOV BERDIMURAT KARLIBAEVICH

**ENERGY-EFFICIENT TECHNOLOGY FOR PRODUCING EXPANDED
CLAY AGGREGATE USING UCHSAY BENTONITE AND SECONDARY
RESOURCES**

**05.09.05 – Construction materials and products
02.00.15 - Technology of silicate and refractory non-metallic materials**

**DISSERTATION ABSTRACT of the doctor of philosophy (PhD) on
TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2025

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work The aim is to develop a technology for producing expanded clay (keramzit) by creating a new composition based on local raw materials and secondary resources of the Republic of Karakalpakstan, specifically utilizing Uchsay bentonite clay, waste from "Kungrad Soda Plant" LLC JV, and residual vermiculite waste generated during the enrichment of Tebinbulak vermiculite. Additionally, the goal includes obtaining lightweight concrete using this expanded clay.

The objects of the research work The experimental samples consist of bentonite clay from the Uchsay deposit in the Muynak district of the Republic of Karakalpakstan, distillery slurry from "Kungrad Soda Plant" LLC JV, residual vermiculite waste produced during the enrichment of Tebinbulak vermiculite, as well as ceramic materials prepared from these components and thermally treated (expanded) at high temperatures. These samples were obtained under both laboratory and production conditions.

The scientific novelty of the research is as follows: - The formation of wollastonite, mullite, α -quartz, hematite, and partially anorthite minerals has been observed as a result of phase transitions and new crystalline phase formation processes when experimental samples prepared from Uchsoy bentonite clay and secondary resources were subjected to thermal shock in the temperature range of 1000-1070°C;

It has been proven that the specific features of expanded clay aggregate structure formation, as well as its main physical-mechanical, technological, and operational properties, change depending on the composition and proportion of the primary raw materials and secondary resources used in the mixture, as well as the increase in swelling temperature;

The possibility of reducing the expansion temperature of expanded clay by 50-60°C has been determined when using Uchsoy bentonite clay (90%), distiller sludge waste from soda production (10%), and vermiculite enrichment waste (2% in addition to 100%);

Uchsoy bentonite clay and distiller sludge waste from soda production, as well as verm

Implementation of the research results. According to the scientific results obtained on implementing energy-efficient expanded ceramic material (expanded clay) production using Uchsay bentonite clay raw materials and soda production waste:

The developed optimal composition of new expanded clay granules was tested at "AZKAMAR" LLC in the Kyzyltepa district of Navoi region (Act of testing work carried out at "AZKAMAR" LLC, approved on November 18-19, 2023). As a result, a reduction in natural gas consumption was achieved by lowering the firing temperature to 50-60°C during the expansion process of expanded clay granules.

"Nukus TBBZ" LLC, operating in Nukus city, Republic of Karakalpakstan, has implemented a technology for producing lightweight concrete using expanded clay (Act of testing conducted at "Nukus TBBZ" LLC, approved on May 1, 2025).

Consequently, the possibility of manufacturing finished heat-insulating expanded clay products for the construction industry needs of Karakalpakstan was determined, utilizing secondary resources based on local natural raw materials. Additionally, the potential for producing lightweight concrete using this expanded clay as a lightweight aggregate was identified.

The structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of used literature and applications. The volume of the dissertation is 113 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS
I bo'lim (I часть; part I)

1. Еримбетов Б.К., Пурханатдинов А.П. Керамзит ишлаб чиқаришда иккиламчи ресурсларни тадқиқ этиш // “JizPI XABARNOMASI”. –2025 yil. – №3 son. ISSN: 3060-4966. –188–193 b. (05.00.00).

2. Erimbetov B.K., Sabirov B.T., Purkhanatdinov A.P., Hojabergenov B.M. Technology for producing lightweight concrete from clay obtained from Uchsay bentonite clay // AIP Conference Proceedings. Vol. 3347. 11 September. –2025. –P. 020065-1-6 (№ 3. Scopus, IF=0.50).

3. Purkhanatdinov A.P., Erimbetov B.K. The basis of local heat-insulating building materials and their technologies // Science and Education in Karakalpakstan. –2024. –№4/2 (45). –P.309–313 (05.00.00.№27).

4. Sabirov B.T., Erimbetov B.K. Учсай бентонит гилининг физик-кимёвий тадқиқотлари // Development Of Science. Vol. 6. –2025. –10 Issue 10. – P.21–28 (02.00.00).

5. Sabirov B.T., Erimbetov B.K. Improving the technology for production of energy-efficient expanded clay aggregate based on bentonite clay and secondary waste // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. – 2025. –№ 10(139). – С. 36–40. DOI: 10.32743 / UniTech.2025.139.10.21043 (02.00.00.№1).

6. Sabirov B.T., Purkhanatdinov A.P., Erimbetov B.K., Aytjanov O.D., Kalbaev B.A., Reymov B.Q. Study of the chemical-mineralogical composition and properties of the Ushsay bentonite-like clay of Karakalpakstan for obtaining ceramic heat-insulating materials // Science and Education in Karakalpakstan. – 2023. – №2/2. ISSN 2181-9203. – P.105–108 (05.00.00.№27).

7. Sabirov B.T., Purkhanatdinov A.P., Erimbetov B.K. Analysis of the mineral - raw material base of bentonite clays in the Republic of Karakalpakstan // Science and Education in Karakalpakstan. – 2023. –№4/2 ISSN 2181-9203. – P.171–175 (05.00.00.№27).

8. Sabirov B.T., Purkhanatdinov A.P., Erimbetov B.K., Aitzhanov O.D. Исследование и анализ местного глинистого сырья для производства керамзита // Журнал «Universum: технические науки». –2025. –1(130). DOI - 10.32743/UniTech. 130.1. – С.20–25 (02.00.00.№1).

II bo'lim (II часть; part II)

9. Еримбетов Б.К., Сабиров Б.Т., Пурханатдинов А.П. Учсай бентонит гили асосида керамзит олиши учун макбул таркибни ишлаб чиқиш // «Инновационные разработки и перспективы развития химической технологии силикатных и высокотемпературных материалов»//Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 95-летию лаборатории «Химия и химическая технология силикатов» ИОХХ АН РУз. – Ташкент. 2025. 10–11 апреля. –Ташкент, 2025. – С.35–37.

10. Purkhanatdinov A.P., Erimbetov B.K. Uchsay bentoniti tiykarinda ekologiyaliq taza qurilis materialin aliw // Materials II-International Scientific

Conferences on the topic “Innovative solutions to current problems of the Chemical and Mining industry”. –Nukus sh. –Nukus Mining Institute. –17 may. – 2024 y. – P. 46–49.

11. Purkhanatdinov A.P., Erimbetov B.K. Энергия тежамкор материаллар учун Учсой бентонитини тадқиқ қилиш // International scientific journal «Endless light in Science». –Астана, Қазақстан. –2024. –№4. –С.45–48.

12. Пурханатдинов А. П., Еримбетов Б.К. Конструкцион-иссиқлик изоляцияловчи енгил бетон ва физик-механик хоссаларини тадқиқ этиш //«Qurılıs hám injenerlik: innovaciya, texnika hám tehnologiya, tarawlar integraciyası» Respublika ilimiy-ámeliy konferenciya materiyalları toplamı. – Nókis, QMU. –2025 jil. –112–115 b.

13. Purkhanatdinov A.P., B.K Erimbetov. Mahalliy xomashyolar asosida keramzitbeton uchun yirik to‘ldiruvchilar ishlab chiqish va ularning ilmiy asoslari // Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi sohasida yangicha yondashuvlar mavzusida o‘tkazilgan respublika ilmiy-amaliy konferensiya maqolalar to‘plami. – Toshkent: «Ilm-fan va innovatsiya», 2025y. –179–181b.

14. Пурханатдинов А.П., Айтжанов О.Д., Еримбетов Б.К. Исследование глинистых сырьевых ресурсов Каракалпакстана и процессов их спекания // “Yangi O‘zbekiston: ILM QALDIRG‘OCHLARI-2023” II -Respublika ko‘rik tanlovi hamda talabaning ilmiy-amaliy konfrensiyasi materiallari. JizPI. –Jizzax sh. –20 may. –2023 y. –309–311 b.

15. Пурханатдинов А.П, Еримбетов Б.К., Даулетмуратов Қ.Т. Махаллий хом ашё асосида енгил бетон олиш технологиялари //“Yangi o‘zbekiston: ilm qaldirg‘ochlari-2024” talabalarning III-xalqaro anjumani, JizPI. –Jizzax sh. –18 may. –2024. –226–228 b.

16. Purkhanatdinov A.P., Erimbetov B.K., Amatov A.M., Abatbaev I.S. Keramzitbetonning fizik-mexanik xossalari. // “Yangi O‘zbekiston: ilm qaldirg‘ochlari - 2025” Talabalarning IV-xalqaro anjumanini materiallari, JizPI. – Jizzax sh. – 2025 y. –496–498 b.

17. Пурханатдинов А. П., Еримбетов Б.К., Калыкназарова А.Р // Махаллий хомашёлар ва иккиламчи ресурслар асосида энергия тежамкор материаллар олиш истиқболлари // Республиканская научно-практическая конференция “Инновационные идеи, интеграция и экономика в области строительства и архитектуры”. –Ургенч, 2025й. –С.431–436.

18. Sabirov B.T., Purkhanatdinov A.P., Aitzhanov O.D., Erimbetov B.K., Alimov B.B. Energy-saving thermal insulation Materials based on local raw materials // Science and world International Scientific Journal”. –Volgograd, Russiya. –2024 y. –№ 2 (126). –P.43–47.

19. Sabirov B.T., Purkhanatdinov A.P., Erimbetov B.Q., Aytjanov O.D., Turganbaev B.B., Hojabergenov B.M. Keramik energiyatejamkor qurilish materiallarini olish uchun Ushsay bentonit gilini o‘rganish // “Қурилишда инновациялар, бинолар ва ншоотларнинг сейсмик хавфсизлиги” Халқаро илмий-техник конференцияси материаллари. –Наманган ш. –14 декабрь. – 2023 й. – 606-608 б.

Avtoreferat “Arxitektura. Qurilish. Dizayn” ilmiy-amaliy jurnal tahririyatidan
o'tkazildi va matnlar mosligi tekshirildi
(26.11.2025 y.)

Bosishga ruxsat etildi: 26.11.2025-yil.
Bichimi 60x84^{1/16}, “Times New Roman”
Garniturada raqamli bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog'i 3. Adadi: 100. Buyurtma: № 10.
Tel (90) 327-82-02.
Guvohnoma reyestr № 219951
“Max Pristil” MCHJ nashriyotida bosildi.
Toshkent sh., Olmazor tumani, Ziyo ko'chasi, 6-uy.