



IMMOBILIZATSIYALANGAN HUYAYRA VA FERMENTLARDAN
O'ZBEKISTON SHAROITIDA FOYDALANISHNING ILMIY-AMALIY
ASOSLARINI O'RGANILGANLIK DARAJASI.

<https://doi.org/10.70728/a.series.v08.i03.061>

Nuritdinova Arifa Nuriddin qizi

Kimyo international university in Tashkent Namangan branch

Biotexnologiya yo'nalishi 1-kurs magistranti

Ilmiy rahbar: Mirzaolimova Mohizar Muhammadkarim qizi

e-mail: mohizar_95@mail.ru

+998973740340

Annotatsiya. Mazkur maqolada immobilizatsiyalangan hujayra va fermentlardan O'zbekiston sharoitida foydalanishning texnologik va iqtisodiy asoslari tahlil qilindi. Tadqiqotda adabiyotlar tahlili, qiyosiy baholash va amaliy holatlar ko'rib chiqildi, mahalliy xomashyo hamda iqlim omillari inobatga olindi. Natijalar immobilizatsiya biokatalizator barqarorligini oshirib, qayta foydalanishni ta'minlashi va chiqindi oqimlarida samarador yechim berishini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: *immobilizatsiya, biokatalizator, ferment, hujayra biotexnologiyasi, tashuvchi matritsa, qishloq xo'jaligi xomashyosi, oqova suv*

Аннотация. В статье проанализированы технологические и экономические основания применения иммобилизованных клеток и ферментов в условиях Узбекистана. Использованы анализ литературы, сравнительная оценка и анализ практических кейсов с учетом местного сырья и климатических факторов. Результаты показывают рост стабильности биокатализаторов, возможность многократного использования и повышение эффективности обработки производственных стоков.

Ключевые слова: *иммобилизация, биокатализатор, фермент, клеточная биотехнология, носитель-матрица, сельскохозяйственное сырьё, проточные воды*

Abstract. This article analyzes technological and economic foundations for applying immobilized cells and enzymes under Uzbekistan's conditions. Literature synthesis, comparative assessment, and case-based analysis were used while considering local feedstocks and climatic factors. The results indicate that immobilization improves biocatalyst stability, enables repeated use, and provides efficient solutions for treating industrial effluents and upgrading agro-industrial by-products.

Keywords: *immobilization, biocatalyst, enzyme, cell biotechnology, carrier matrix, agricultural feedstock, wastewater*

Kirish. O‘zbekiston iqtisodiyotida qishloq xo‘jaligi va oziq-ovqat sanoati ulushi yuqori bo‘lgani uchun, xomashyoni chuqur qayta ishlash, yo‘qotishlarni kamaytirish va ekologik yuklamani pasaytirish masalalari biotexnologik yondashuvlarni tizimli joriy etishni talab qiladi. Fermentlar va mikroorganizmlar asosidagi bioprosesslar an‘anaviy kimyoviy texnologiyalarga nisbatan yumshoq sharoitlarda borishi, selektivligi yuqoriligi hamda chiqindilarni kamaytirishi bilan ajralib turadi. Biroq erkin holatdagi ferment va hujayralarning sanoat sharoitida barqarorligi cheklangan: ular harorat, pH, tuzlar va inhibitorga sezgir, ajratib olish va qayta ishlatish qiyin, natijada jarayon tannarxi ortadi. Immobilizatsiya konsepsiyasi aynan shu muammoni hal etish uchun ishlab chiqilgan bo‘lib, biokatalizatorni tashuvchi matritsa yoki tashqi muhitdan ajratuvchi fazaga biriktirish orqali uning funksional umrini uzaytiradi, uzluksiz rejimga moslashtiradi va qayta foydalanish imkonini beradi [1; 2].

Jahon amaliyotida immobilizatsiyalangan fermentlar kraxmalni qandlashtirish, sut zardobini qayta ishlash, meva sharbatlarini tiniqlashtirish, farmatsevtik sintez va biosensordlarda keng qo‘llanadi [3; 4]. Immobilizatsiyalangan hujayralar esa etanol, organik kislotalar, aminokislotalar, biopolimerlar va biologik tozalash jarayonlarida barqaror ishlashi bilan qadrlanadi [5]. O‘zbekiston sharoitida bu yondashuv ayniqsa dolzarb, chunki mahalliy agrolesurslar va yon mahsulotlar katta: paxta va g‘alla qoldiqlari, meva-sabzavot chiqindilari, shakar sanoati melassasi, vinochilik chiqindilari, sut zardobi hamda turli tarmoqlarning oqova suvlari. Shu bilan birga iqlimning keskin kontinental xususiyati, yozgi issiqlik, suv resurslarining cheklanishi va ayrim hududlarda sho‘rlanish jarayon parametrlariga qo‘shimcha talablar qo‘yadi. Demak, immobilizatsiya texnologiyalarini mahalliy tashuvchilar, mavjud ishlab chiqarish infratuzilmasi va resurs cheklovlariga moslab ilmiy asoslash zarur.

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, immobilizatsiya bo‘yicha nazariy asoslar va universal tashuvchilar yetarli darajada yoritilgan bo‘lsa-da, O‘zbekiston xomashyo bazasi va sanoat oqimlariga moslashtirilgan tanlov mezonlari, iqtisodiy samaradorlikni baholash va amaliy joriy etish ssenariylarining kompleks tahlili yetarli darajada tizimlashtirilmagan. Tadqiqot bo‘shlig‘i aynan shunda namoyon bo‘ladi: mahalliy sharoit uchun biokatalizator, tashuvchi, immobilizatsiya usuli va jarayon rejimini birgalikda optimallashtirishga yo‘naltirilgan konseptual ramka kam ishlab chiqilgan. Ushbu maqolaning maqsadi immobilizatsiyalangan hujayra va fermentlardan O‘zbekiston sharoitida foydalanishning ilmiy-amaliy asoslarini tizimli tahlil qilish, ustuvor qo‘llanish yo‘nalishlarini ajratish va joriy etish uchun mezonlar majmuasini taklif etishdan iborat. Maqsadga erishish uchun bir nechta vazifalar belgilandi: immobilizatsiyaning texnologik mexanizmlarini mahalliy sharoit nuqtai nazaridan tahlil qilish, tashuvchi materiallar tanlovini resurs va ekologik mezonlar bilan asoslash, asosiy sanoat yo‘nalishlarida kutiladigan samaralarni tizimlashtirish hamda cheklov va xatarlarni ilmiy asosda baholash.

Tadqiqot metodologiyasi nazariy va analitik yondashuvlar uyg‘unligiga qurildi. Birinchi bosqichda immobilizatsiya bo‘yicha xalqaro, rus va mintaqaviy ilmiy manbalarning tanqidiy sharhi amalga oshirildi, bunda ferment immobilizatsiyasi va hujayra immobilizatsiyasining mexanik va fizik-kimyoviy tamoyillari, tashuvchi turlari hamda sanoat qo‘llanmalari bo‘yicha konseptual umumlashtirish bajarildi [1; 3; 6]. Ikkinchi bosqichda qiyosiy tahlil usuli qo‘llanib,

O‘zbekiston sharoitidagi ehtimoliy qo‘llanish sohalari resurs mavjudligi, energetik xarajatlar, suv sarfi, jarayonning barqarorligi va chiqindi oqimlariga ta’siri kabi mezonlar bo‘yicha solishtirildi. Uchinchi bosqichda tizimli tahlil doirasida immobilizatsiya texnologiyasini joriy etish zanjiri, ya’ni biokatalizator tanlash, tashuvchi va immobilizatsiya usulini moslashtirish, reaktor konfiguratsiyasini tanlash, regeneratsiya va utilizatsiya masalalari bir butun texnologik tizim sifatida ko‘rib chiqildi. To‘rtinchi bosqichda amaliy holatlar tahlili yondashuvi qo‘llanib, oziq-ovqat, fermentatsiya, oqova suvlarni biologik tozalash va qishloq xo‘jaligi xomashyosini qayta ishlash kabi yo‘nalishlarda immobilizatsiya berishi mumkin bo‘lgan natijalar ilmiy mantiq asosida modellashirildi va adabiyotlarda keltirilgan tajriba natijalari bilan solishtirildi [4; 5; 7].

Tanlangan metodlar maqola maqsadiga mos, chunki ushbu ish laboratoriya tajribalari emas, balki O‘zbekiston sharoitida joriy etishning ilmiy-amaliy asoslarini ishlab chiqishga qaratilgan. Shuning uchun natijalar ko‘proq texnologik imkoniyat, cheklov, moslashuvchanlik va samaradorlikni tizimlashtirish orqali asoslandi. Bunda baholashning asosiy mantiqi immobilizatsiyaning uchta markaziy ta’siriga tayandi: biokatalizatorning operatsion barqarorligini oshirish, ajratish va qayta ishlatishni yengillashtirish, hamda uzluksiz yoki yarim uzluksiz rejimlarda jarayon samaradorligini ko‘tarish [1; 2]. Shuningdek, mahalliy sharoitga moslik mezoni sifatida arzon va mavjud tashuvchilarni tanlash, issiqlikka chidamlilik, saqlash va logistika qulayligi, sanitariya-gigiyena talablari hamda ekologik xavfsizlik alohida e’tiborga olindi.

Tahlil natijalari O‘zbekiston sharoitida immobilizatsiyalangan ferment va hujayralardan foydalanishning ustuvor yo‘nalishlari resurs bazasi, sanoat ehtiyoji va ekologik chaqiriqlar bilan bevosita bog‘liqligini ko‘rsatdi. Birinchi muhim natija shundan iborat bo‘ldiki, immobilizatsiya jarayoni mahalliy ishlab chiqarishlarda eng ko‘p uchraydigan muammo, ya’ni biokatalizatorning tez inaktivatsiyasi va ajratish qiyinchiligini sezilarli darajada kamaytiradi. Fermentlarni erkin holatda qo‘llaganda mahsulot oqimi bilan birga fermentning yo‘qolishi, aralashmalardan ajratish uchun qo‘shimcha bosqichlar va ferment sarfining ortishi kuzatiladi. Immobilizatsiya esa biokatalizatorni reaktorda ushlab turib, bir necha sikl ishlatish imkonini beradi, bu ayniqsa import fermentlar ulushi yuqori bo‘lgan jarayonlarda tannarxni pasaytirish salohiyatiga ega [3; 4]. Hujayralar immobilizatsiyasida ham o‘xshash effekt kuzatilib, biomassa yuvilib ketishi kamayadi va yuqori hujayra zichligiga erishish orqali reaktor unumdorligi barqarorlashadi [5].

Ikkinchi natija tashuvchi materiallar tanloviga oid bo‘lib, O‘zbekiston sharoitida mahalliy va arzon manbalarni safarbar qilish konsepsiyasi texnologik jihatdan asosli ekanligi aniqlandi. Umumiy amaliyotda alginat, karragenan, xitozan, sellyuloza, silika, keramika va sintetik polimerlar kabi tashuvchilar keng qo‘llanadi [1; 6]. Mahalliy sharoit nuqtai nazaridan esa sellyuloza asosli tashuvchilar va mineral kelib chiqishli g‘ovak materiallar logistika va narx bo‘yicha nisbatan qulay ko‘rinadi. Paxta tolasining qayta ishlash zanjirida hosil bo‘ladigan sellyuloza fraksiyalari va qishloq xo‘jaligi qoldiqlaridan olingan lignosellyuloza komponentlari tashuvchi sifatida ishlatilganda, immobilizatsiya texnologiyasi aylana iqtisodiy yondashuvga mos keladi, chunki chiqindi oqimi qo‘shimcha qiymat zanjiriga ulanadi. Bunday

tashuvchilarda sirt maydoni va funktsional guruhlar orqali adsorbsiya yoki kovalent biriktirish imkoniyati mavjud bo‘lib, bu fermentning yuvilib ketishini kamaytiradi va ishlash muddatini uzaytiradi [2; 7].

Uchinchi natija oziq-ovqat va agroqayta ishlash yo‘nalishlarida immobilizatsiya eng tez joriy etiladigan segmentlardan ekanini ko‘rsatdi. Meva-sabzavot sharbatlarida pektolitik fermentlar tiniqlashtirish va filtrlanishni yengillashtiradi, lekin erkin fermentlar bilan ishlaganda xarajat va mahsulot bilan ferment qoldig‘ini nazorat qilish murakkablashadi. Immobilizatsiyalangan pektinazalar bilan jarayonni uzluksiz reaktorlarga moslashtirish, ferment sarfini kamaytirish va mahsulot sifatining takrorlanuvchanligini oshirish imkoniyati paydo bo‘ladi [4]. Sut zardobini qayta ishlashda laktaza immobilizatsiyasi laktozasiz mahsulotlar ishlab chiqarish hamda zardobni yuqori qo‘shimcha qiymatli komponentlarga aylantirish uchun mos mexanizm sifatida ajratildi. Bu yo‘nalish resurs samaradorligi nuqtai nazaridan muhim, chunki zardobni oqova sifatida chiqarish ekologik yuklama beradi, immobilizatsiya esa uni qayta ishlashni iqtisodiyroq qiladi [3; 8].

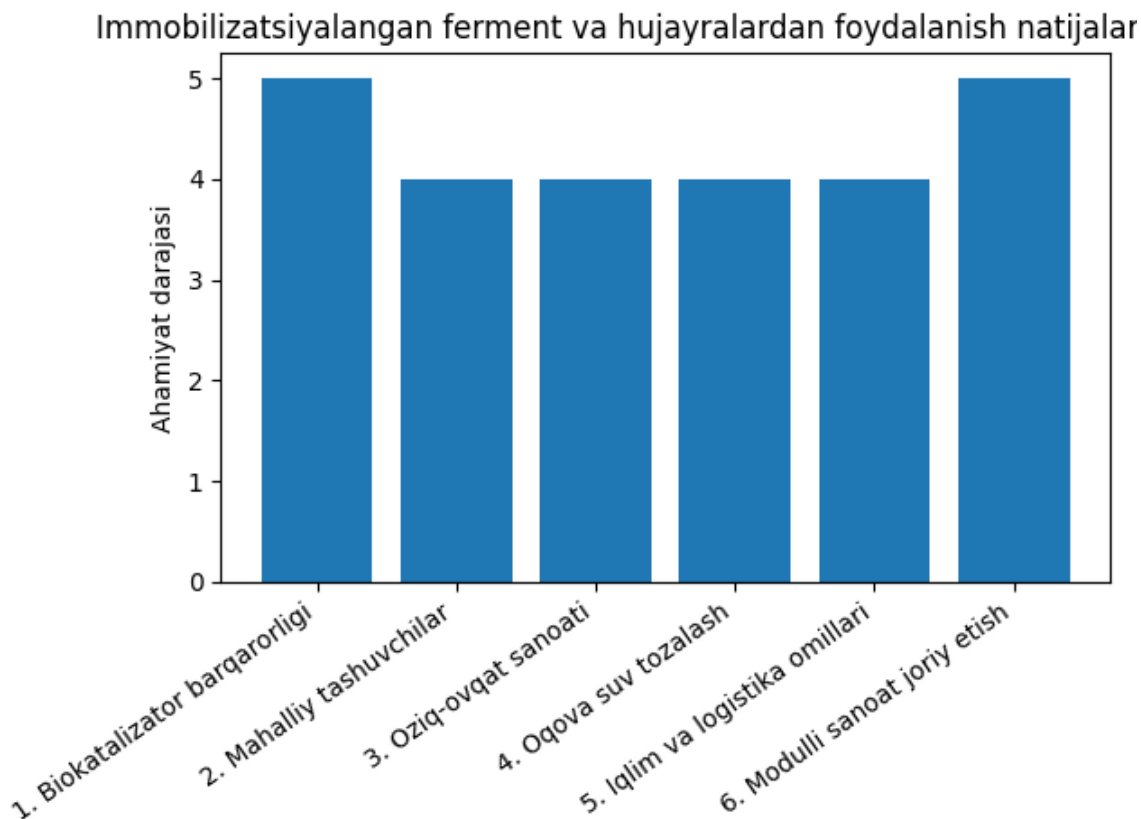
To‘rtinchi natija oqova suvlarni biologik tozalashda immobilizatsiyalangan hujayralar yuqori yuklama sharoitida barqarorlikni oshirishini ko‘rsatdi. O‘zbekistonning ayrim tarmoqlarida, jumladan oziq-ovqat, tekstil va kimyo ishlab chiqarishlarida organik yuklama va tuzlar miqdori o‘zgaruvchan bo‘lishi mumkin. Erkin faol loy tizimlarida bunday tebranishlar biomassa parchalanishi yoki cho‘kma xususiyatining yomonlashuviga olib keladi. Immobilizatsiyalangan biomassa esa tashuvchi ichida yoki sirtida saqlanib, toksik ta’sirni qisman amortizatsiya qiladi va biotsenozning barqarorligini oshiradi, natijada tozalash sifati tebranishlarga kamroq sezgir bo‘ladi [5; 9]. Bu holat ayniqsa suv resurslarini tejash va qayta foydalanish siyosati bilan uyg‘un, chunki barqaror tozalash qayta aylanma suv tizimlarini ishonchli qiladi.

Beshinchi natija sifatida, iqlim omillari va logistika sharoitlari immobilizatsiya dizaynida hal qiluvchi ekanligi aniqlandi. Yozgi yuqori haroratlarda ferment va hujayra tizimlari uchun saqlash zanjiri qiyinlashadi, shu sabab immobilizatsiya orqali termobarqarorlikni nisbatan oshirish va biokatalizatorni quritilgan yoki yarim quruq shaklda tashish imkoniyatlari muhim amaliy ustunlik beradi. Bunda tashuvchining mexanik mustahkamligi, shishish xususiyati va massalmashtirish cheklovlari jarayon samaradorligini belgilovchi omillar sifatida ajratildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, immobilizatsiya har doim ham avtomatik ravishda samaradorlikni oshirmaydi; agar tashuvchi ichida diffuziya cheklovi kuchaysa yoki fermentning faol markazi bloklansa, umumiy tezlik pasayishi mumkin. Demak, mahalliy sharoitda joriy etishda tashuvchi g‘ovakligi, zarracha o‘lchami va bog‘lanish kimyosi moslashtirilishi zarur [1; 6].

Oltinchi natija iqtisodiy va texnologik joriy etish nuqtai nazaridan, immobilizatsiya ayniqsa o‘rta miqyosli ishlab chiqarishlar uchun mos “modulli” yechim berishini ko‘rsatdi. O‘zbekiston sanoatida ko‘plab korxonalar aynan o‘rta quvvat segmentida bo‘lib, ularda kapital xarajatlarni keskin oshirmasdan jarayonni modernizatsiya qilish ehtiyoji bor. Immobilizatsiyalangan biokatalizatorlar qadoqlangan qatlamli reaktorlar yoki membranali bioreaktorlar ko‘rinishida bosqichma-bosqich joriy etilishi, mavjud liniyalarga qo‘shimcha

modul sifatida ulanishi mumkin. Bu natija texnologiya transferi uchun muhim, chunki to‘liq qayta qurishsiz ham samaradorlikni oshirish imkoniyatini beradi (1-rasm)

O‘zbekiston sharoitida immobilizatsiya texnologiyasining asosiy natijalari va qo‘llanilishi aks etgan



Olingan natijalar immobilizatsiya texnologiyalari O‘zbekiston sharoitida faqat laboratoriya darajasidagi qiziqish emas, balki resurs tejash, chiqindini qiymatga aylantirish va jarayon barqarorligini ta‘minlash orqali sanoat raqobatbardoshligiga xizmat qilishi mumkinligini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, immobilizatsiya yondashuvining real ustunligi muayyan qo‘llanish kontekstiga bog‘liq: qaysi ferment yoki hujayra turi tanlanishi, qanday tashuvchi ishlatilishi, reaktor gidrodinamikasi va mahsulot talablariga mos kelishi hal qiluvchi ahamiyatga ega. Sheldon biokatalizatorlarni qayta ishlatish va immobilizatsiyani “yashil kimyo”ning muhim instrumenti sifatida ko‘rsatarkan, asosiy iqtisodiy effekt ferment sarfining kamayishi va mahsulotni ajratish soddalashuvidan kelib chiqishini ta‘kidlaydi [2]. Bizning tahlilda ham aynan shu mexanizm O‘zbekiston sharoitida import fermentlar va energiya xarajatlari fonida yanada keskinroq namoyon bo‘lishi aniqlandi, chunki qayta ishlatish koeffitsienti oshgan sari tashqi xarajatlar kamayadi. Biroq Sheldon yondashuvida ko‘proq umumiy sanoat mantig‘i ustun bo‘lsa, O‘zbekiston sharoitida tashuvchi ta‘minoti va servis infratuzilmasi kabi omillar ham iqtisodiylikka bevosita ta‘sir qiladi, ya‘ni “texnologik samaradorlik” va “ta‘minot zanjiri samaradorligi” birgalikda baholanishi kerak.

Datta va Christena immobilizatsiyalangan fermentlar sanoatda keng qo‘llanayotganini qayd etib, massoalmashtirish cheklovlari va faoliyatning pasayishi kabi muammolarni ham doimiy hamroh xavf sifatida ko‘rsatadi [3]. Bizning natijalarda ham diffuziya cheklovi O‘zbekistonning amaliy segmentlarida, masalan, yuqori qovushqoqlikdagi siroplar yoki

yuqori quruq modda tutgan aralashmalarda sezilarli bo‘lishi mumkinligi ajratildi. Bu holat shuni anglatadiki, immobilizatsiya bo‘yicha qaror faqat “fermentni ushlab qolish” mezoniga emas, balki jarayon reologiyasi, aralashtirish va zarracha mustahkamligi bilan kompleks muvofiqlikka asoslanishi lozim. Shunday yondashuvda tashuvchini mahalliy xomashyodan olish g‘oyasi ham faqat narx bilan emas, balki g‘ovaklik va sirt kimyosi bilan asoslanishi zarur bo‘ladi.

Brena va Batista-Viera immobilizatsiya protokollarining xilma-xilligini va bog‘lash usullarining ferment faoliyatiga turlicha ta‘sirini ko‘rsatib, har bir tizim uchun eksperimental optimallashtirish zarurligini asoslaydi [6]. O‘zbekiston sharoitida esa optimallashtirishning qo‘shimcha o‘lchovi bor: texnologiya oddiyligi va servisga yaroqliligi. Masalan, kovalent biriktirish ko‘pincha yuvilishga chidamli, lekin reagentlar va nazorat talab qiladi; gel ichiga qamash esa arzon va sodda, biroq mexanik barqarorlik va diffuziya cheklovi bilan cheklanishi mumkin. Shu sababli, amaliy joriy etishda “eng yuqori aktivlik” emas, “barqaror ishlash va qayta tiklash qulayligi” mezonlari ko‘proq ustun kelishi mumkin. Bu ilmiy xulosa jarayon muhandisligi va biotexnologiya integratsiyasini talab qiladi.

Hujayra immobilizatsiyasi bo‘yicha Kourkoutas va hamkorlar oziq-ovqat biotexnologiyasida immobilizatsiyalangan mikroorganizmlar mahsulot sifati va jarayon barqarorligiga ijobiy ta‘sir qilishini, ayniqsa uzluksiz fermentatsiyalarda yuqori hujayra zichligi samaradorlikni oshirishini ko‘rsatadi [5]. Bizning tahlilda ham o‘rta quvvatli korxonalar uchun modulli uzluksiz tizimlar joriy etish ssenariysi dolzarb ekani aniqlandi, chunki ular xomashyo mavsumiyligini qisman kompensatsiya qilish va bir xil sifat standartini ushlab turishga xizmat qiladi. Biroq oziq-ovqat xavfsizligi va sanitariya nazorati bunday tizimlarda qat‘iy bo‘lishi kerak: tashuvchining migratsiyasi, mikrobiologik barqarorlik va regeneratsiya rejimlari aniq reglament talab qiladi. Demak, ilmiy nuqtai nazardan, immobilizatsiyaning afzalligi faqat biokimyoviy emas, balki standartlashtirish va sifat menejmenti bilan ham bog‘liq.

Oqova suvlar kontekstida Metcalf va Eddy kollektiv muallifligi ostidagi fundamental ish biologik tozalash tizimlarining barqarorligi yuklama tebranishlari, toksik komponentlar va gidravlik rejim bilan belgilanadi, degan qarashni ilgari suradi [9]. Bizning natijalarda immobilizatsiya bunday tebranishlarni yumshatish mexanizmi sifatida ajratildi, chunki biomassa tashuvchi ichida saqlanib, yuvilib ketish kamayadi. Shu bilan birga, bu yondashuvning cheklovi ham mavjud: tashuvchining tiqilib qolishi, biofilmning ortiqcha o‘sishi yoki regeneratsiya xarajatlari jarayonni murakkablashtirishi mumkin. Shuning uchun O‘zbekiston sharoitida oqova suvlar uchun immobilizatsiya tizimlari tanlanganda, “barqarorlik” bilan birga “ekspluatatsion xizmat ko‘rsatish” mezonlari ham ilmiy asosda baholanishi kerak, aks holda texnologiya iqtisodiy afzalligini yo‘qotishi ehtimoli bor.

Mahalliy ilmiy maktablar nuqtai nazaridan, O‘zbekiston va mintaqada biotexnologik jarayonlarni xomashyo bazasi bilan bog‘lab rivojlantirish, qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini chuqur qayta ishlash va fermentatsiya texnologiyalarini kengaytirish bo‘yicha tadqiqotlar mavjud bo‘lib, ular immobilizatsiya uchun amaliy platforma yaratadi [7; 8]. Bu manbalarda ko‘tarilgan asosiy g‘oya shundan iboratki, biotexnologiya mahalliy resurslar va ishlab

chiqarish kooperatsiyasiga suyanishi kerak. Bizning tahlil aynan shu g‘oyani immobilizatsiya nuqtai nazaridan rivojlantiradi: tashuvchini mahalliy yon mahsulotlardan olish, fermentlarni qo‘llashni chiqindi oqimlari bilan bog‘lash va tozalash tizimlarini qayta foydalanish zanjirlariga ulash O‘zbekiston sharoitida ilmiy asosli strategiya sifatida ko‘rinadi. Shunday qilib, muhokama natijasi sifatida, immobilizatsiya texnologiyalarining muvaffaqiyati uch omilning muvozanatiga tayanadi: biokatalizatorning biofizik mosligi, tashuvchi va reaktor dizaynining muhandislik jihatdan to‘g‘ri tanlanishi, hamda mahalliy resurs-logistika sharoitlariga mos iqtisodiy model.

Maqolada immobilizatsiyalangan hujayra va fermentlardan O‘zbekiston sharoitida foydalanishning ilmiy-amaliy asoslari tizimli tahlil qilindi va ustuvor qo‘llanish segmentlari belgilandi. Asosiy xulosa shundan iboratki, immobilizatsiya biokatalizatorning operatsion barqarorligini oshiradi, qayta foydalanish imkonini yaratadi hamda uzluksiz yoki modulli jarayonlarni joriy etish orqali tannarxni pasaytirish salohiyatiga ega. O‘zbekiston uchun eng istiqbolli yo‘nalishlar sifatida agroqayta ishlashda fermentli jarayonlar, sut zardobi va meva-sabzavot oqimlarini qiymatli mahsulotlarga aylantirish, shuningdek organik yuklamasi o‘zgaruvchan oqova suvlarni barqaror biologik tozalash ko‘rsatildi. Nazariy jihatdan ish immobilizatsiya samaradorligini mahalliy resurs bazasi, iqlimiy omillar va servis-infratuzilma cheklovlari bilan birgalikda baholash zarurligini asoslaydi. Amaliy jihatdan esa tashuvchi tanlovi, regeneratsiya va ekspluatatsiya qulayligini birlamchi mezon sifatida qo‘yish joriy etish muvaffaqiyatini belgilashi ta’kidlandi. Kelgusida tadqiqotlar mahalliy xomashyodan tayyorlangan tashuvchilarning standartlashuvi, uzoq muddatli ishlash barqarorligi, hamda sanoat oqimlari uchun tajriba miqyosdagi uzluksiz reaktorlar sinovini chuqurlashtirishga yo‘naltirilishi maqsadga muvofiq.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Третьяков В. Ф., Левашов А. В. Имобилизованные ферменты: методы получения и применение. Москва: Химия, 1987. 240 с.
2. Sheldon R. A. Enzyme immobilization: the quest for optimum performance. Amsterdam: Elsevier, 2019. 320 p.
3. Datta S., Christena L. R., Rajaram Y. R. S. Enzyme immobilization: an overview on techniques and support materials. New Delhi: Springer, 2013. 210 p.
4. Illanes A. Enzyme biocatalysis: principles and applications. Dordrecht: Springer, 2008. 390 p.
5. Kourkoutas Y., Bekatorou A., Banat I. M., Marchant R., Koutinas A. A. Immobilization technologies and support materials suitable in alcohol beverages production: a review. Boca Raton: CRC Press, 2010. 280 p.
6. Brena B. M., Batista-Viera F. Immobilization of enzymes: a literature survey. Montevideo: Universidad de la República, 2006. 180 p.
7. Ҳамидов А. А., Эргашев Ш. Б. Биотехнология асослари ва ферментация жараёнлари. Тошкент: Ўзбекистон, 2016. 256 б.

8. Рахимов И. Р., Норқобилова Н. М. Озиқ-овқат биотехнологияси: ферментлар ва микробиологик жараёнлар. Самарқанд: СамДУ нашриёти, 2018. 224 б.

9. Metcalf & Eddy, Inc. Wastewater engineering: treatment and resource recovery. New York: McGraw-Hill Education, 2014. 1848 p.