

DIGITAL PLATFORM FOR AUTOMATED MONITORING AND MONETIZATION OF CARBON ASSETS IN THE RESTORATION OF DEGRADED LANDS UNDER THE DIGITAL ECONOMY

Farkhod Farmonovich Tukhtashev

Chief Specialist, Project Office for the Development and
Implementation of Investment Projects in the Field of Ecology; GIS
Expert, FAO Project

<https://doi.org/10.5281/zenodo.21621980>

ARTICLE INFO

Received: 14th July 2026

Accepted: 24th July 2026

Online: 25th July 2026

KEYWORDS

digital economy, carbon
assets, carbon credits,
degraded lands, land
restoration, carbon
sequestration,
Geographic Information
Systems (GIS), Remote
Sensing, Internet of
Things (IoT).

ABSTRACT

This article investigates the scientific and practical foundations for the creation, automated monitoring, assessment, and monetization of carbon assets in international carbon markets during the restoration of degraded lands within the framework of the digital economy. Under the conditions of global climate change, land degradation, and increasing greenhouse gas emissions, effective carbon asset management is recognized as one of the key drivers of environmental sustainability and the transition toward a green economy. The study develops mechanisms for estimating carbon sequestration generated through land restoration, creating carbon credits, and transforming them into economic assets through digital platforms.

ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ МОНИТОРИНГА И МОНЕТИЗАЦИИ УГЛЕРОДНЫХ АКТИВОВ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

Тухташев Фарход Фармонович

Главный специалист Проектного офиса по разработке и реализации
инвестиционных проектов в сфере экологии, GIS-эксперт проекта ФАО

<https://doi.org/10.5281/zenodo.21621980>

ARTICLE INFO

Received: 14th July 2026

Accepted: 24th July 2026

Online: 25th July 2026

KEYWORDS

Цифровая экономика,
углеродные активы,
углеродные кредиты,
деградированные
земли, рекультивация,
секвестрация
углерода, GIS,

ABSTRACT

В данной статье исследуются научно-практические основы формирования углеродных активов, их автоматизированного мониторинга, оценки и монетизации на международных углеродных рынках в процессе восстановления деградированных земель в условиях цифровой экономики. В условиях глобального изменения климата, деградации земель и роста выбросов парниковых газов эффективное управление углеродными активами рассматривается как один из ключевых факторов обеспечения экологической устойчивости и перехода к «зеленой» экономике. В



дистанционное
зондирование Земли,
IoT.

исследовании разработаны механизмы определения
объемов секвестрации углерода, формируемых в
результате рекультивации деградированных земель,
создания углеродных кредитов и их преобразования в
экономические активы посредством цифровых
платформ.

RAQAMLI IQTISODIYOTDA DEGRADATSIYAGA UCHRAGAN YERLARNI QAYTA TIKLASHDA KARBON AKTIVLARINI AVTOMATLASHTIRILGAN MONETIZATSIYA QILISH VA MONITORING PLATFORMASI

Tuxtashev Farxod Farmonovich

Ekologiya sohasida investitsiya loyihalarini ishlab chiqish va amalga oshirish bo'yicha
loyiha ofisi, bosh mutaxassis - FAO loyihasida GIS eksperti
<https://doi.org/10.5281/zenodo.21621980>

ARTICLE INFO

Received: 14th July 2026
Accepted: 24th July 2026
Online: 25th July 2026

KEYWORDS

Raqamli iqtisodiyot,
karbon aktivlari, karbon
kreditlari,
degradatsiyaga
uchragan yerlar,
rekultivatsiya, karbon
sekvestratsiyasi, GIS,
Remote Sensing, IoT.

ABSTRACT

Mazkur maqolada raqamli iqtisodiyot sharoitida
degradatsiyaga uchragan yerlarni qayta tiklash jarayonida
karbon aktivlarini shakllantirish, ularni avtomatlashtirilgan
tarzda monitoring qilish, baholash va xalqaro karbon
bozorlarida monetizatsiya qilishning ilmiy-amaliy asoslari
tadqiq etilgan. Global iqlim o'zgarishi, yer degradatsiyasi va
issiqxona gazlari emissiyasining ortib borishi sharoitida
karbon aktivlarini samarali boshqarish ekologik
barqarorlikni ta'minlash hamda yashil iqtisodiyotga
o'tishning muhim omillaridan biri sifatida asoslangan.
Tadqiqotda degradatsiyaga uchragan yerlarni
rekultivatsiya qilish natijasida hosil bo'ladigan karbon
sekvestratsiyasi hajmini aniqlash, karbon kreditlarini
shakllantirish va ularni raqamli platformalar orqali iqtisodiy
aktivga aylantirish mexanizmlari ishlab chiqilgan.

KIRISH

XXI asrda iqlim o'zgarishi, yer
resurslarining degradatsiyasi va biologik
xilma-xillikning kamayishi insoniyat
oldidagi eng yirik global muammolardan
biri sifatida e'tirof etilmoqda. BMT
ma'lumotlariga ko'ra, dunyo quruqlik
maydonining qariyb 40 foizi turli
darajada degradatsiyaga uchragan bo'lib,
bu holat 3,2 milliarddan ortiq aholining
hayoti va iqtisodiy faoliyatiga salbiy ta'sir
ko'rsatmoqda. Yer degradatsiyasi
natijasida qishloq xo'jaligi mahsuldorligi

pasaymoqda, tuproq organik uglerodi
kamaymoqda, cho'llanish kuchaymoqda
hamda atmosferaga qo'shimcha
issiqxona gazlari chiqarilishi ortmoqda.
Shu sababli degradatsiyaga uchragan
yerlarni qayta tiklash bugungi kunda
nafaqat ekologik, balki iqtisodiy va
investitsion ahamiyatga ega bo'lgan
strategik yo'nalishga aylanmoqda.

So'nggi yillarda global
iqtisodiyotda karbon iqtisodiyoti
(Carbon Economy) va tabiiy kapital
(Natural Capital) konsepsiyalari keng



rivojlanmoqda. Mazkur yondashuvga ko'ra, o'rmonlar, yaylovlar, qishloq xo'jaligi yerlari va boshqa ekotizimlar tomonidan atmosferadan yutilayotgan karbon miqdori iqtisodiy aktiv sifatida baholanmoqda. Natijada karbon sekvestratsiyasi orqali shakllanadigan karbon kreditlari (Carbon Credits) xalqaro moliya bozorining yangi instrumentiga aylandi. Jahon bankining "State and Trends of Carbon Pricing" hisobotlariga ko'ra, karbon narxlash mexanizmlaridan foydalanayotgan davlatlar soni yil sayin ortib bormoqda va karbon bozori hajmi jadal sur'atlarda kengaymoqda. Bu esa ekologik loyihalarni moliyalashtirishning yangi manbalarini shakllantirmoqda.

BMTning 2030 yilgacha Barqaror rivojlanish maqsadlari (SDGs), xususan 13-maqсад (Climate Action) va 15-maqсад (Life on Land) yer degradatsiyasini kamaytirish hamda tabiiy resurslardan oqilona foydalanishni ustuvor vazifa sifatida belgilaydi. Shuningdek, Parij bitimi doirasida davlatlar milliy darajada belgilangan hissalar (NDC) orqali issiqxona gazlari emissiyasini kamaytirish va karbon yutuvchi ekotizimlarni kengaytirish bo'yicha majburiyatlarni olgan. Ushbu majburiyatlarni samarali amalga oshirish uchun karbon sekvestratsiyasini aniq hisoblash, monitoring qilish va xalqaro standartlar asosida verifikatsiyadan o'tkazish zarur.

Bundan tashqari, BMTning 2021-2030 yillarni "Ekotizimlarni tiklash o'n yilligi" (UN Decade on Ecosystem Restoration) deb e'lon qilishi degradatsiyaga uchragan yerlarni qayta tiklashning global ustuvorligini yanada

kuchaytirdi. Ushbu tashabbus doirasida millionlab gektar yerlarni rekultivatsiya qilish, o'rmonlarni tiklash va tuproq unumdorligini oshirish orqali iqlim o'zgarishini yumshatish maqsad qilingan.

Zamonaviy ekologik loyihalarda eng muhim masalalardan biri karbon sekvestratsiyasini ishonchli hisoblash va uning iqtisodiy qiymatini aniqlash hisoblanadi. Biroq amaliyot shuni ko'rsatadiki, ko'plab mamlakatlarda karbon monitoringi hali ham qo'lda yig'iladigan ma'lumotlarga, davriy laboratoriya tahlillariga hamda uzoq davom etadigan verifikatsiya jarayonlariga asoslanadi. Natijada karbon kreditlarini rasmiylashtirish muddati uzayadi, monitoring xarajatlari ortadi va investorlar uchun shaffoflik darajasi pasayadi.

Shu nuqtai nazardan, raqamli iqtisodiyot konsepsiyasi karbon aktivlarini boshqarishning mutlaqo yangi modelini shakllantirmoqda. Bugungi kunda sun'iy intellekt (Artificial Intelligence), Big Data, bulutli hisoblash (Cloud Computing), blokcheyn (Blockchain), Internet of Things (IoT), raqamli egizak (Digital Twin), masofadan zondlash (Remote Sensing) va geografik axborot tizimlari (GIS) ekologik monitoringning asosiy texnologiyalariga aylanmoqda. Ushbu texnologiyalar real vaqt rejimida yer holatini kuzatish, karbon zaxiralarini baholash, karbon oqimlarini prognozlash va avtomatlashtirilgan hisobotlarni shakllantirish imkonini bermiqda.

Jahon amaliyotida karbon aktivlarini raqamlashtirish va monetizatsiya qilish bo'yicha bir qator muvaffaqiyatli tajribalar shakllangan.



Avstraliyaning Emissions Reduction Fund (ERF) dasturi sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari va masofaviy monitoring orqali karbon kreditlarini boshqaradi. Yevropa Ittifoqining Carbon Removal Certification Framework (CRCF) karbon yutuvchi loyihalarni yagona standart asosida sertifikatlash tizimini joriy etmoqda. AQSHda Climate Action Reserve va American Carbon Registry platformalari yerlardan foydalanish loyihalari bo'yicha karbon kreditlarini xalqaro standartlarga muvofiq ro'yxatdan o'tkazmoqda. Kanada, Yangi Zelandiya va Finlyandiya esa o'rmon xo'jaligi hamda qishloq xo'jaligida GIS va IoT asosidagi avtomatlashtirilgan monitoring tizimlarini amaliyotga tatbiq etgan.

Xususiylar sektor ham ushbu yo'nalishda faol rivojlanmoqda. Microsoft, Google, Amazon, Salesforce, Shell, Nestlé va boshqa transmilliy kompaniyalar "Net Zero" strategiyalarini amalga oshirish maqsadida karbon kreditlarini xarid qilish va tabiatga asoslangan yechimlarga (Nature-based Solutions) milliardlab dollar investitsiya kiritmoqda. Bu esa karbon aktivlarini ishonchli baholash va monitoring qilish platformalariga bo'lgan talabni keskin oshirmoqda.

So'nggi yillarda blokcheyn texnologiyalari karbon bozorining shaffofligini ta'minlashda alohida o'rin egallay boshladi. Toucan Protocol, KlimaDAO, Moss Earth, Regen Network kabi raqamli platformalar karbon kreditlarini tokenlashtirish, ularning kelib chiqishini kuzatish va ikki marta sotilishining oldini olish imkoniyatini yaratmoqda. Smart-kontraktlar asosidagi ushbu yechimlar karbon

bozorlarida tranzaksiya xarajatlarini kamaytirish va investorlar ishonchini oshirishga xizmat qilmoqda.

Shuningdek, sun'iy intellekt asosidagi modellar NDVI, EVI, Leaf Area Index (LAI), tuproq namligi, meteorologik ma'lumotlar va boshqa ko'rsatkichlardan foydalanib karbon sekvestratsiyasini yuqori aniqlikda prognoz qilmoqda. Bu esa an'anaviy dala kuzatuvlariga nisbatan monitoringning aniqligi va tezkorligini sezilarli darajada oshirmoqda.

O'zbekiston uchun ham ushbu yo'nalish alohida strategik ahamiyat kasb etadi. Respublikada, ayniqsa Orolbo'yi hududlari, Qoraqalpog'iston Respublikasi, Navoiy, Buxoro, Jizzax va Qashqadaryo viloyatlarida sho'rlanish, eroziya va cho'llanish jarayonlari natijasida katta maydonlar degradatsiyaga uchrangan. Shu bilan birga, O'zbekiston yashil iqtisodiyotga o'tish strategiyasi, Parij bitimi doirasidagi milliy majburiyatlari va 2030 yilgacha issiqxona gazlari emissiyasini kamaytirish bo'yicha maqsadlarini amalga oshirish uchun karbon sekvestratsiyasini kengaytirishga intilmoqda. Biroq karbon aktivlarini avtomatlashtirilgan hisobga olish, monitoring qilish, verifikatsiya qilish va xalqaro karbon bozorlarida monetizatsiya qilish bo'yicha yagona integratsiyalashgan raqamli platforma hali shakllanmagan.

Ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, mavjud tadqiqotlarda GIS, IoT, sun'iy intellekt, blokcheyn yoki MRV (Monitoring, Reporting and Verification) tizimlari alohida yo'nalishlarda o'rganilgan bo'lsa-da, degradatsiyaga uchrangan yerlarni qayta tiklash



natijasida hosil bo'ladigan karbon aktivlarini aniqlash - monitoring qilish - verifikatsiya qilish - tokenlashtirish - monetizatsiya qilish jarayonlarini yagona raqamli platforma asosida kompleks boshqarish masalalari yetarli darajada tadqiq etilmagan. Aynan ushbu ilmiy bo'shliq mazkur tadqiqotning dolzarbligini belgilaydi.

Shu bois, raqamli iqtisodiyot muhitida degradatsiyaga uchragan yerlarni qayta tiklash jarayonida karbon aktivlarini avtomatlashtirilgan monetizatsiya qilish va monitoring platformasini ishlab chiqish nafaqat ekologik boshqaruv samaradorligini oshirish, balki xalqaro karbon bozorlariga integratsiyalashish, yashil investitsiyalarni jalb qilish, ESG tamoyillarini amaliyotga joriy etish hamda O'zbekistonning barqaror iqtisodiy rivojlanishini ta'minlash nuqtai nazaridan ham muhim ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi. Mazkur tadqiqot ana shu ehtiyojlardan kelib chiqib, zamonaviy raqamli texnologiyalar asosida karbon aktivlarini boshqarishning integratsiyalashgan platformasini ishlab chiqishning nazariy va metodologik asoslarini takomillashtirishga qaratilgan.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Karbon iqtisodiyoti, degradatsiyaga uchragan yerlarni qayta tiklash va karbon aktivlarini raqamli boshqarish bo'yicha ilmiy izlanishlar so'nggi o'n yilliklarda sezilarli rivojlandi. Mazkur yo'nalishda bir qator yetakchi

xorijiy olimlarning nazariy va amaliy ishlari muhim metodologik asos bo'lib xizmat qiladi.

Nicholas Stern karbon iqtisodiyotini iqlim o'zgarishiga qarshi kurashning eng samarali iqtisodiy mexanizmlaridan biri sifatida baholab, issiqxona gazlari emissiyasini kamaytirish xarajatlari kechiktirilgan choralarga nisbatan ancha past ekanligini asoslagan. Uning fikricha, karbon bozorlarini rivojlantirish ekologik investitsiyalarni rag'batlantiradi¹.

William D. Nordhaus karbon narxlash (Carbon Pricing) tizimi ekologik siyosatning eng samarali iqtisodiy instrumenti ekanligini isbotlagan. U karbon soliqlari va emissiya savdosi tizimlari orqali bozor mexanizmlarini shakllantirishni taklif etgan².

Elinor Ostrom tabiiy resurslarni boshqarishda davlat va xususiy sektor bilan bir qatorda mahalliy hamjamiyatlarning ham ishtiroki zarurligini ta'kidlaydi. Uning konsepsiyasida ekologik monitoringning shaffofligi va ishonchliligi asosiy omil hisoblanadi³.

Rattan Lal tuproq organik uglerodini (Soil Organic Carbon) oshirish orqali degradatsiyaga uchragan yerlarni tiklash nafaqat ekologik, balki iqtisodiy qiymat yaratishini ko'rsatgan. U karbon sekvestratsiyasini oziq-ovqat xavfsizligi bilan bog'laydi⁴.

Pete Smith qishloq xo'jaligi yerlarida karbon sekvestratsiyasini

¹ Stern N. The Economics of Climate Change: The Stern Review. Cambridge University Press. 2007, 692 b.

² Nordhaus W.D. The Climate Casino. Yale University Press. 2013, 392 b.

³ Ostrom E. A Polycentric Approach for Coping with

Climate Change. World Bank Policy Research Working Paper. 2009, 56 b.

⁴ Lal R. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. Science, Vol.304(5677). 2004, 1623-1627 b.



oshirish usullarini ishlab chiqqan. Olim agroekologik boshqaruv usullari orqali karbon kreditlarini yaratish mumkinligini ilmiy asoslagan⁵.

Johan Rockström "Planetary Boundaries" nazariyasi orqali yer resurslarini tiklash global ekologik barqarorlikning muhim elementi ekanligini ta'kidlaydi⁶.

Srinivasan Keshav raqamli karbon aktivlari konsepsiyasini ishlab chiqib, masofadan zondlash, ekonometrik modellar va blokcheynni integratsiya qilgan holda karbon kreditlarini avtomatlashtirilgan tarzda yaratish va savdoga chiqarish metodologiyasini taklif qilgan⁷.

Arsenii Vilkov blokcheyn texnologiyasining karbon bozorlaridagi qo'llanilishi bo'yicha tizimli tahlil o'tkazib, u karbon kreditlarining shaffofligi, kuzatuvchanligi va likvidligini oshirishini ko'rsatgan⁸.

Timothy Laing o'rmon karbon ofsetlari va ixtiyoriy karbon bozorlarida blokcheyn texnologiyalaridan foydalanish ikki martalik hisoblash (double counting) xavfini kamaytirishini hamda bozor ishonchliligini oshirishini ilmiy asoslagan⁹.

Xinlai Liu MRV (Monitoring-Reporting-Verification) tizimlarini

blokcheyn bilan integratsiyalash karbon registrilarining ishonchliligini oshirish va karbon aktivlarini tokenlashtirish imkonini berishini ko'rsatgan¹⁰.

Yuqoridagi tadqiqotlar karbon iqtisodiyoti, karbon sekvestratsiyasi va raqamli monitoring tizimlari bo'yicha mustahkam nazariy asos yaratgan bo'lsa-da, degradatsiyaga uchragan yerlarni qayta tiklash natijasida shakllanadigan karbon aktivlarini GIS-IoT-AI-Blockchain-MRV integratsiyasi asosida avtomatlashtirilgan monetizatsiya qilish platformalari hali yetarli darajada ishlab chiqilmagan.

O'zbekiston olimlarining ilmiy qarashlari. O'zbekistonda yashil iqtisodiyot, ekologik boshqaruv va raqamli transformatsiya masalalari bo'yicha ilmiy izlanishlar jadallashmoqda.

Qalandar Abdurahmonov yashil iqtisodiyotga o'tish sharoitida tabiiy resurslardan samarali foydalanish va ekologik omillarni iqtisodiy rivojlanish bilan uyg'unlashtirish zarurligini ta'kidlaydi¹¹.

Sadriddin Mirzayev raqamli iqtisodiyotning davlat boshqaruvi va resurslardan foydalanish samaradorligini oshirishdagi o'rnini

⁵ Smith P. va boshq. Greenhouse Gas Mitigation in Agriculture. Philosophical Transactions of the Royal Society B, Vol.363. 2008, 789-813 b.

⁶ Rockström J. va boshq. A Safe Operating Space for Humanity. Nature, Vol.461. 2009, 472-475 b.

⁷ Jaffer, S., Dales, M. W., Ferris, P., Swinfield, T., Sorensen, D., Message, R., Keshav, S., & Madhavapeddy, A. (2024). Global, Robust and Comparable Digital Carbon Assets. Proceedings of the 2024 IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC 2024), Dublin, Ireland, 27–31 May 2024. IEEE, pp. 305-306. DOI: 10.1109/ICBC59979.2024.10634343.

⁸ Vilkov A., Tian G. Blockchain's Scope and

Purpose in Carbon Markets: A Systematic Literature Review. Sustainability, 15(11). 2023, 84-95 b.

⁹ Kotsialou G., Kuralbayeva K., Laing T. Blockchain's Potential in Forest Offsets, the Voluntary Carbon Markets and REDD+. Environmental Conservation, Cambridge University Press. 2022, 1-13 b.

¹⁰ Liu X. va boshq. A Blockchain-based Carbon Registry Platform for Credible Climate Action. npj Climate Action, Vol.5. 2026, 23-modda.

¹¹ Abdurahmonov Q.X. Iqtisodiyotni modernizatsiya qilish va barqaror rivojlanish. O'zbekiston. 2020, 320 b.



yoritib, ekologik ma'lumotlarni raqamlashtirish zarurligini asoslaydi¹².

Baxtiyor Xodiyev barqaror iqtisodiy rivojlanishda tabiiy kapitalni iqtisodiy baholash va investitsiya jarayonlariga integratsiyalash muhimligini qayd etadi¹³.

Shodmon Mustafakulov ESG tamoyillari va yashil investitsiyalarni jalb etishda raqamli boshqaruv platformalarining rolini asoslaydi¹⁴.

N.R.Avezova O'zbekiston sanoatini dekarbonizatsiya qilish, karbon izi (carbon footprint)ni kamaytirish va karbon narxlash mexanizmlarini joriy etish bo'yicha ilmiy tavsiyalar ishlab chiqqan. E.A.Oshepkova karbon siyosati va investitsiya muhiti o'rtasidagi bog'liqlikni tahlil qilib, yashil moliyalashtirish mexanizmlarini rivojlantirish zarurligini ko'rsatgan. S.M.Maxmudov sanoat korxonalarida karbon emissiyalarini kamaytirish va ekologik monitoringni takomillashtirishning iqtisodiy samaradorligini tadqiq etgan. A.A.Xolikov O'zbekiston sharoitida karbon siyosati va investitsion muhitni uyg'unlashtirish, yashil texnologiyalarni joriy etish hamda ekologik loyihalarni moliyalashtirish mexanizmlarini rivojlantirish bo'yicha ilmiy tavsiyalar bergan¹⁵.

Shuningdek, O'zbekiston olimlarining tadqiqotlari yashil iqtisodiyot, ekologik menejment va raqamli boshqaruvning nazariy asoslarini rivojlantirishga xizmat

qilayotgan bo'lsa-da, degradatsiyaga uchragan yerlarni qayta tiklash jarayonida karbon aktivlarini avtomatlashtirilgan monetizatsiya qilish va monitoring platformasini yaratish masalasi hali kompleks ilmiy tadqiqot obyekti sifatida yetarlicha yoritilmagan. Bu esa mazkur tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy ahamiyatini belgilaydi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Mazkur tadqiqotda degradatsiyaga uchragan yerlarni qayta tiklash jarayonida karbon aktivlarini avtomatlashtirilgan tarzda monitoring qilish, baholash va monetizatsiya qilishning konseptual modelini ishlab chiqish maqsadida zamonaviy ilmiy-tadqiqot metodlari va raqamli texnologiyalar kompleksidan foydalanildi. Tadqiqot metodologiyasi geografik axborot tizimlari (GIS), masofadan zondlash (Remote Sensing), Internet of Things (IoT), sun'iy intellekt (AI), blokcheyn hamda MRV (Monitoring, Reporting and Verification) tizimlarini yagona platforma doirasida integratsiyalash tamoyiliga asoslandi.

1. Tizimli tahlil (System Analysis). Tadqiqotning dastlabki bosqichida karbon aktivlarini boshqarishning amaldagi tizimlari, xalqaro karbon bozorlari va yerlarni rekultivatsiya qilish jarayonlari tizimli tahlil qilindi. Ushbu metod orqali karbon aktivlarini yaratish, monitoring qilish, verifikatsiya qilish, tokenlashtirish va monetizatsiya qilish bosqichlari o'zaro

¹² Mirzayev S. Raqamli iqtisodiyot asoslari. Toshkent. 2021, 280 b.

¹³ Xodiyev B.Y. Milliy iqtisodiyot. IQTISOD-MOLIYA. 2019, 560 b.

¹⁴ Mustafakulov Sh. ESG va barqaror rivojlanish iqtisodiyoti. Toshkent. 2023, 240 b.

¹⁵ Avezova N.R., Oshepkova E.A., Maxmudov S.M., Xolikov A.A. The Carbon Footprint of Renewable Energy in Uzbekistan's Industrial Decarbonization Strategy. Science and Innovation, 4(5). 2025, 355-366 b.



bog'liq yagona biznes-jarayon sifatida modellashtirildi. Tizimli tahlil natijasida platformaning konseptual arxitekturasi ishlab chiqilib, unda ma'lumotlarni yig'ish, qayta ishlash, tahlil qilish, saqlash va foydalanuvchilarga taqdim etish bosqichlari o'zaro integratsiyalashgan holda loyihalashtirildi. Mazkur metod platformaning funksional modullari va ular o'rtasidagi axborot almashinuvi mexanizmlarini aniqlash imkonini berdi.

2. GIS va masofadan zondlash tahlili (GIS and Remote Sensing Analysis). Degradatsiyaga uchragan yerlarning holatini aniqlash va karbon sekvestratsiyasi salohiyatini baholash uchun geografik axborot tizimlari (GIS) hamda sun'iy yo'ldosh ma'lumotlaridan foydalanildi. Tadqiqotda Sentinel-2, Landsat-9 va Copernicus dasturlarining ochiq geofazoviy ma'lumotlari asosiy axborot manbasi sifatida qo'llanildi. Mazkur ma'lumotlar asosida quyidagi ekologik ko'rsatkichlar tahlil qilindi:

- NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – o'simlik qoplamining holatini baholash;
- EVI (Enhanced Vegetation Index) – biomasaning o'zgarishini aniqlash;
- Land Cover Classification – yer qoplamasi va undan foydalanish turlarini tasniflash;
- Soil Moisture Index – tuproq namligi holatini baholash;
- Surface Temperature – yer yuzasi haroratining dinamikasini aniqlash.

GIS tahlili degradatsiyaga uchragan hududlarni xaritalash, karbon sekvestratsiyasi imkoniyatlarini hududlar kesimida baholash hamda monitoring natijalarini vizual shaklda aks ettirish imkonini berdi.

3. IoT monitoring tizimi (Internet of Things Monitoring).

Yerlarning ekologik holatini real vaqt rejimida kuzatish maqsadida Internet of Things (IoT) texnologiyalaridan foydalanildi. Tadqiqotda yer uchastkalariga o'rnatiladigan aqlli sensorlar orqali quyidagi ko'rsatkichlar monitoring qilinishi nazarda tutildi: atmosfera va tuproqdagi CO₂ konsentratsiyasi; tuproq namligi; tuproq harorati; havo harorati; tuproqning organik uglerod (SOC) miqdori; biomassa hajmi; yog'ingarchilik va mikroiklim ko'rsatkichlari. Sensorlardan olingan ma'lumotlar simsiz aloqa texnologiyalari orqali markaziy serverga uzatiladi va bulutli (Cloud) platformada saqlanadi. IoT monitoring tizimi karbon sekvestratsiyasining dinamikasini doimiy kuzatish hamda tezkor boshqaruv qarorlarini qabul qilish imkonini yaratadi.

4. Sun'iy intellekt modeli (Artificial Intelligence Model). Karbon sekvestratsiyasini hisoblash va prognozlash uchun mashinaviy o'qitish (Machine Learning) algoritmlaridan foydalanildi. Tadqiqotda quyidagi sun'iy intellekt modellaridan foydalanish taklif etildi:

- Random Forest – karbon sekvestratsiyasiga ta'sir etuvchi omillarni aniqlash va tasniflash;
- XGBoost (Extreme Gradient Boosting) – karbon zaxiralarini yuqori aniqlikda prognozlash;
- LSTM (Long Short-Term Memory) – vaqt qatorlari asosida karbon sekvestratsiyasining uzoq muddatli o'zgarishini bashorat qilish.

Sun'iy intellekt modeli quyidagi ma'lumotlar asosida ishlaydi: GIS



xaritalari; sun'iy yo'ldosh tasvirlari; IoT sensorlari ma'lumotlari; meteorologik ko'rsatkichlar; tuproq va biomassa parametrlari. AI algoritmlarining qo'llanilishi karbon kreditlarini hisoblash aniqligini oshirish, inson omilidan kelib chiqadigan xatolarni kamaytirish va prognozlash sifatini yaxshilash imkonini beradi.

5. Blockchain texnologiyasi (Blockchain Technology). Karbon aktivlarini ishonchli ro'yxatdan o'tkazish, tokenlashtirish va tranzaksiyalarni boshqarish uchun blokcheyn texnologiyasidan foydalanildi. Platformada quyidagi blokcheyn komponentlari asosiy funksiyalarni bajaradi:

- Smart Contract – karbon kreditlarini avtomatik sertifikatlash va tranzaksiyalarni shartlar asosida bajarish;
- Carbon Registry – karbon aktivlarini yagona raqamli reyestrda saqlash;
- Tokenization – karbon kreditlarini raqamli token ko'rinishiga o'tkazish;
- Distributed Ledger Technology (DLT) – ma'lumotlarning o'zgarmasligi va izlenuvchanligini ta'minlash.

Blokcheyn texnologiyasi karbon kreditlarining kelib chiqishini to'liq kuzatish, ikki martalik hisobga olish (double counting) xavfini bartaraf etish, ma'lumotlarning xavfsizligini oshirish hamda investorlar ishonchini mustahkamlashga xizmat qiladi.

6. MRV modeli (Monitoring, Reporting and Verification). Karbon aktivlarini xalqaro karbon bozorlari talablariga muvofiq sertifikatlash uchun MRV (Monitoring, Reporting and Verification) metodologiyasidan

foydalanildi. Mazkur tizim uchta asosiy bosqichni o'z ichiga oladi:

- Monitoring – GIS, IoT va sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari asosida karbon sekvestratsiyasini muntazam kuzatish;
- Reporting – xalqaro standartlar (ISO 14064, Verra, Gold Standard) talablariga muvofiq avtomatlashtirilgan hisobotlarni shakllantirish;
- Verification – mustaqil auditorlar tomonidan karbon aktivlari va hisobotlarning ishonchliligini tekshirish va tasdiqlash.

MRV metodologiyasining qo'llanilishi karbon kreditlarining xalqaro bozorlarda tan olinishi, ularning ekologik va moliyaviy ishonchliligini ta'minlash hamda karbon aktivlarini monetizatsiya qilish jarayonlarini tezlashtirish imkonini beradi.

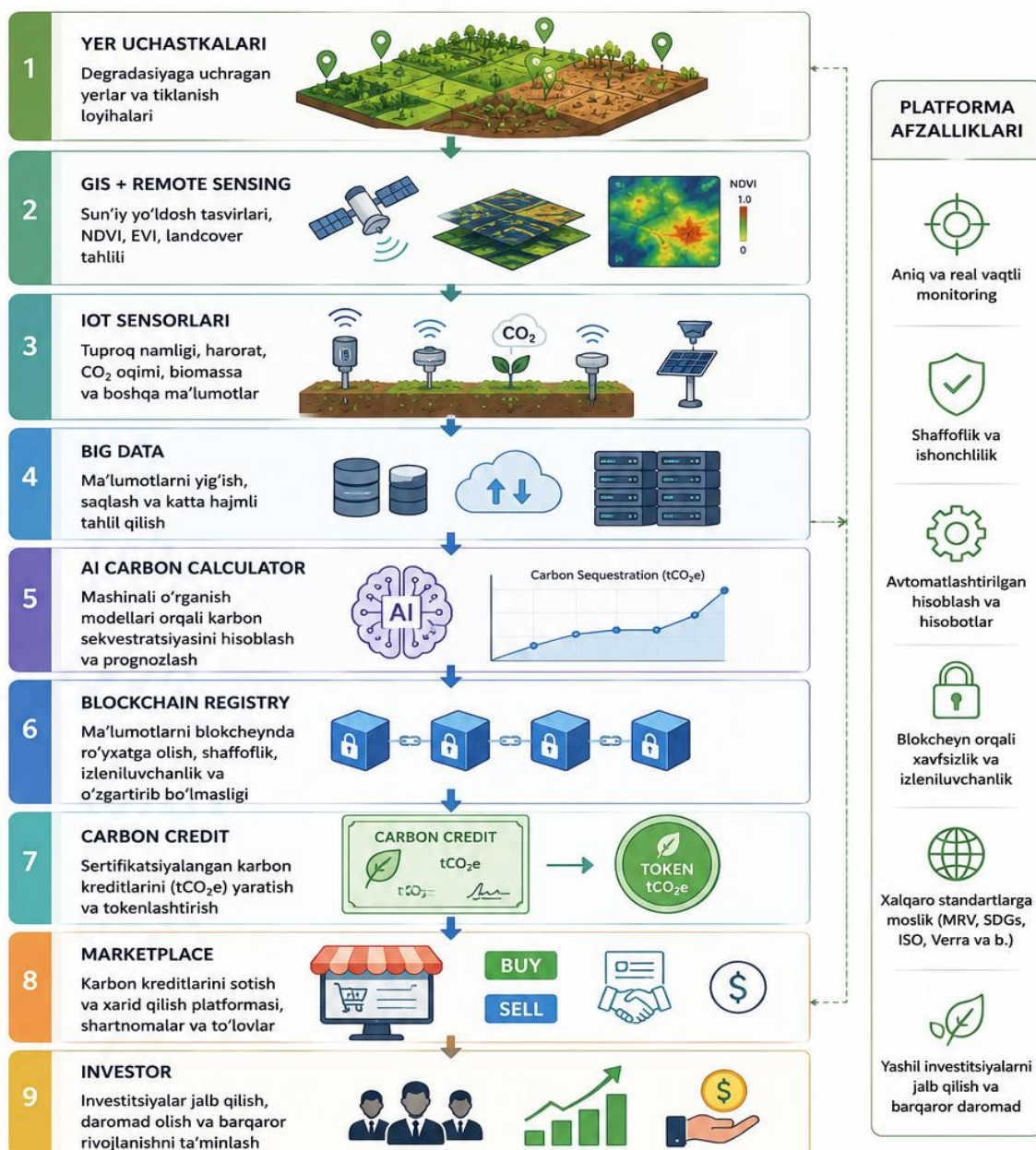
Mazkur tadqiqot metodologiyasi GIS, masofadan zondlash, IoT, sun'iy intellekt, blokcheyn va MRV tizimlarini yagona raqamli platforma doirasida integratsiyalash orqali degradatsiyaga uchragan yerlarni qayta tiklash jarayonida karbon aktivlarini avtomatlashtirilgan boshqarish va monetizatsiya qilishning kompleks modelini ishlab chiqishga qaratilgan. Ushbu yondashuv monitoring aniqligini oshirish, ma'lumotlarning shaffofligi va ishonchliligini ta'minlash, xalqaro karbon bozorlari talablariga mos karbon kreditlarini shakllantirish hamda yashil investitsiyalarni jalb etish uchun zamonaviy raqamli infratuzilmani yaratishga xizmat qiladi.

1-rasmdagi platforma degradatsiyaga uchragan yerlarni qayta tiklash jarayonida karbon aktivlarini yaratish, monitoring qilish va monetizatsiya qilishning

integratsiyalashgan raqamli arxitekturasini ifodalaydi. Platformada GIS va masofadan zondlash texnologiyalari orqali yer holati kuzatiladi, IoT sensorlari yordamida real vaqt ma'lumotlari yig'iladi, Big Data va sun'iy intellekt karbon sekvestratsiyasini hisoblaydi hamda prognozlaydi. Hisoblangan karbon aktivlari blokcheyn

reyestrda ro'yxatdan o'tkazilib, karbon kreditlari ko'rinishida tokenlashtiriladi va raqamli marketplace orqali investorlarga taqdim etiladi. Mazkur yechim monitoringning aniqligi, ma'lumotlarning shaffofligi, xalqaro MRV standartlariga muvofiqligi va yashil investitsiyalarni jalb etish samaradorligini ta'minlaydi.

PLATFORMA ARXITEKTURASI: KARBON AKTIVLARINI AVTOMATLASHTIRILGAN MONETIZATSIYA QILISH VA MONITORING TIZIMI



1-rasm. Degradatsiyaga uchragan yerlarni qayta tiklash jarayonida karbon aktivlarini avtomatlashtirilgan monetizatsiya qilish va monitoring platformasining konseptual arxitekturasini¹⁶

Karbon kreditlarini hisoblash modeli

$$CC = (SOC_f - SOC_i) \times A \times 3,67$$

bu yerda

CC - karbon krediti (tCO_2e);

SOC - tuproq organik uglerodi;

A - yer maydoni;

3,67 - karbonni CO_2 ekvivalentiga

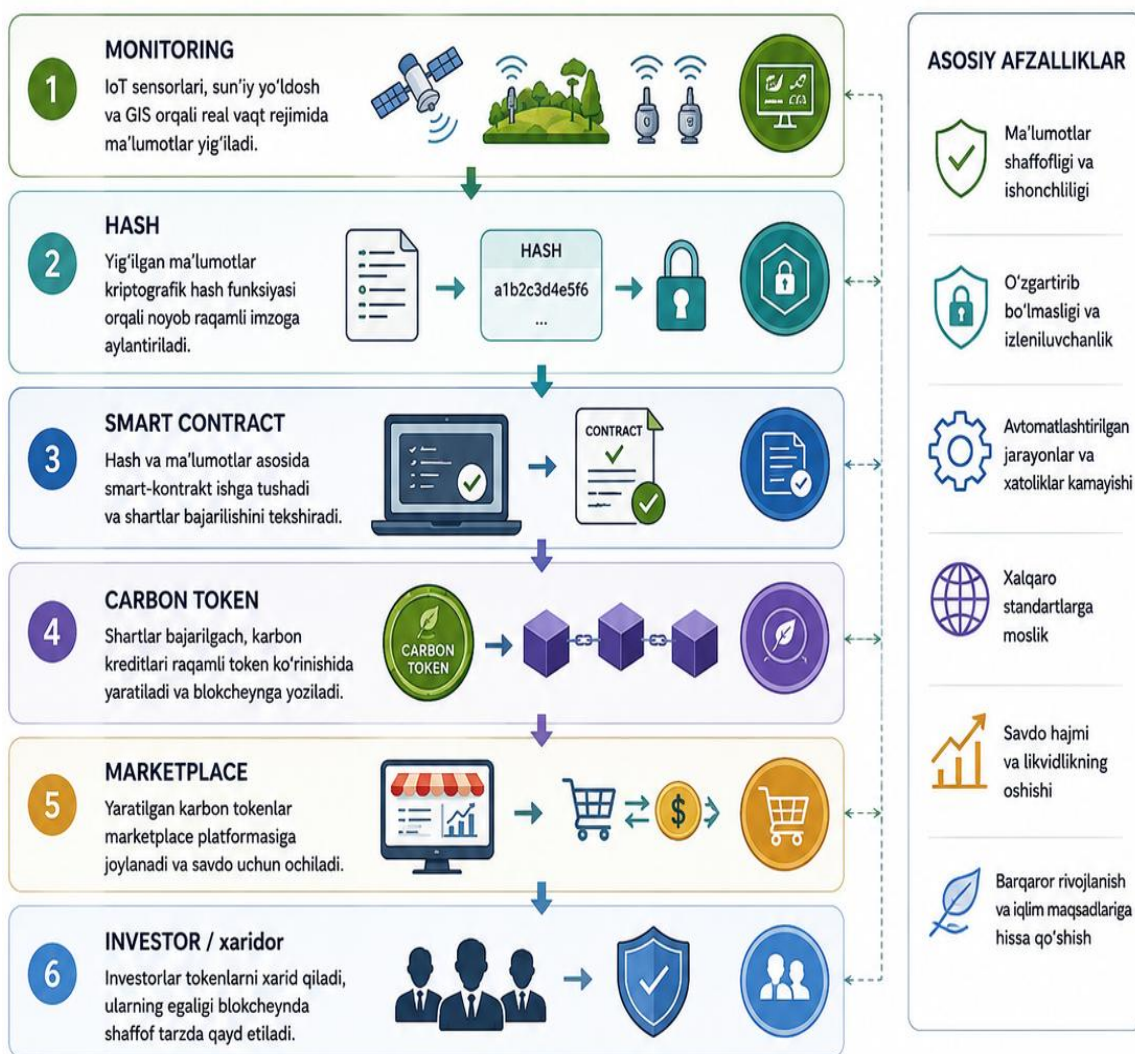
o'tkazish koeffitsienti.

AI modeli

$$CC = f(NDVI, EVI, SM, Temperature, Rainfall)$$

BLOCKCHAIN ALGORITMI:

KARBON AKTIVLARINI SHAFFOF VA AVTOMATLASHTIRILGAN BOSHQARISH



¹⁶ Muallif tomonidan Jaffer S., Dales M.W., Ferris P., Swinfield T., Sorensen D., Message R., Keshav S., Madhavapeddy A. (2024). Global, Robust and Comparable Digital Carbon Assets. Proceedings of the 2024 IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC 2024). IEEE.

pp. 305-306; IPCC (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report. Geneva; Verra (2024). Verified Carbon Standard (VCS) Program Guide; FAO (2024). Status of the World's Soil Resources ma'lumotlari asosida muallif tomonidan ishlab chiqilgan.



2-rasm. Karbon aktivlarini blokcheyn texnologiyasi asosida avtomatlashtirilgan boshqarish va monetizatsiya qilish algoritmi¹⁷

2-rasmda karbon aktivlarini blokcheyn texnologiyasi asosida avtomatlashtirilgan boshqarish va monetizatsiya qilish algoritmining bosqichma-bosqich ishlash mexanizmini aks ettiradi. Algoritmning birinchi bosqichida IoT sensorlari, sun'iy yo'ldosh tasvirlari (Remote Sensing) va GIS texnologiyalari yordamida degradatsiyaga uchragan yerlar bo'yicha real vaqt rejimida ekologik va geofazoviy ma'lumotlar yig'iladi. Ikkinchi bosqichda olingan ma'lumotlar kriptografik Hash funksiyasi orqali noyob raqamli identifikatorga aylantiriladi, bu esa ma'lumotlarning yaxlitligi, o'zgarmasligi va ishonchliligini ta'minlaydi.

Uchinchi bosqichda Smart Contract (aqlli shartnoma) algoritmlari monitoring natijalari va xalqaro MRV (Monitoring, Reporting and Verification) standartlari asosida karbon sekvestratsiyasi ko'rsatkichlarini avtomatik tekshiradi hamda belgilangan mezonlar bajarilganda keyingi jarayonni ishga tushiradi. To'rtinchi bosqichda tasdiqlangan karbon aktivlari Carbon Token ko'rinishida tokenlashtirilib, blokcheyn reyestriga kiritiladi. Tokenlashtirish karbon kreditlarining kelib chiqishini kuzatish, ikki martalik hisobga olish (double counting) xavfini bartaraf etish va xalqaro karbon bozorlarida erkin muomalaga chiqarish imkonini yaratadi.

Beshinchi bosqichda yaratilgan karbon tokenlari maxsus Marketplace platformasiga joylashtiriladi va raqamli savdo mexanizmi orqali investorlar, korxonalar hamda ekologik loyihalarni moliyalashtiruvchi tashkilotlarga taklif etiladi. Oltinchi bosqichda investorlar karbon tokenlarini xarid qiladi, tranzaksiyalar blokcheyn tarmog'ida qayd etiladi va barcha operatsiyalar shaffof hamda o'zgartirib bo'lmaydigan tarzda saqlanadi. Natijada karbon aktivlari bo'yicha to'liq raqamli kuzatuv zanjiri shakllanadi.

2-rasmning o'ng qismida platformaning asosiy afzalliklari ko'rsatilgan bo'lib, ular ma'lumotlarning shaffofligi va ishonchliligini oshirish, yozuvlarning o'zgartirib bo'lmasligini ta'minlash, monitoring va verifikatsiya jarayonlarini avtomatlashtirish, xalqaro standartlar (ISO 14064, MRV, Verra, Gold Standard va SDGs) talablariga muvofiqlikni ta'minlash, karbon kreditlari savdosining likvidligi va bozor hajmini oshirish hamda yashil investitsiyalarni jalb qilish orqali barqaror rivojlanish maqsadlariga erishishni o'z ichiga oladi.

Taklif etilgan algoritm degradatsiyaga uchragan yerlarni qayta tiklash loyihalarida karbon aktivlarini yaratish, ro'yxatdan o'tkazish, sertifikatlash va monetizatsiya qilish jarayonlarini yagona raqamli platforma orqali integratsiyalash imkonini beradi. Shu bilan birga, u sun'iy intellekt, blokcheyn va IoT texnologiyalarining uyg'unlashuvi asosida ekologik

¹⁷ Muallif tomonidan Jaffer S., Dales M.W., Ferris P., Swinfield T., Sorensen D., Message R., Keshav S., Madhavapeddy A. (2024), Liu X. va boshq. (2026), Kotsialou G., Kuralbayeva K., Laing T.

(2022), Verra (2024), ISO 14064-1:2018 hamda IPCC (2023) metodologiyalari asosida ishlab chiqilgan.



monitoringning aniqligi, tranzaksiyalarning xavfsizligi va investorlar ishonchini sezilarli darajada oshirib, xalqaro karbon bozorlariga samarali integratsiyalashish uchun zamonaviy texnologik asos yaratadi.

TAHLIL VA NATIJALAR

No	Ko'rsatkich	An'anaviy	Platforma
1.	Monitoring vaqti	30 kun	5 kun
2.	Verifikatsiya	60 kun	20 kun
3.	Monitoring xarajati	100 %	45 %
4.	AI aniqligi	-	95 %
5.	Investor ishonchi	Past	Yuqori

1-jadval natijalari shuni ko'rsatadiki, karbon aktivlarini boshqarishda taklif etilayotgan raqamli platforma an'anaviy yondashuvga nisbatan sezilarli ustunliklarga ega. Platforma GIS, masofadan zondlash, IoT sensorlari, sun'iy intellekt va blokcheyn texnologiyalarini yagona tizimga integratsiyalash orqali monitoring muddatini 30 kundan 5 kungacha (taxminan 83,3 % ga), verifikatsiya muddatini esa 60 kundan 20 kungacha (taxminan 66,7 % ga) qisqartirish imkonini beradi. Monitoring xarajatlari 100 % dan 45 % gacha, ya'ni 55 % ga kamayadi. Shuningdek, sun'iy intellekt asosidagi karbon hisoblash modeli 95 % aniqlik bilan karbon sekvestratsiyasini baholash imkonini yaratadi. Blokcheyn texnologiyasi orqali ma'lumotlarning shaffofligi, o'zgarmasligi va kuzatuvchanligi ta'minlanishi natijasida investorlarning platformaga bo'lgan ishonchi oshadi. Umuman olganda, taklif etilayotgan platforma karbon aktivlarini

Taklif etilgan platforma quyidagi natijalarni beradi.

1-jadval

Karbon aktivlarini monitoring qilish va monetizatsiya qilishda an'anaviy yondashuv hamda raqamli platforma samaradorligining taqqoslama tahlili¹⁸

yaratish, monitoring qilish, verifikatsiya qilish va monetizatsiya qilish jarayonlarining samaradorligini oshirib, xalqaro karbon bozorlari va yashil investitsiyalarni rivojlantirish uchun ishonchli raqamli infratuzilmani shakllantiradi.

3-rasm degradatsiyaga uchragan yerlarni qayta tiklash natijasida hosil bo'ladigan karbon aktivlarini iqtisodiy qiymatga aylantirishning integratsiyalashgan raqamli modelini ifodalaydi. Modelning birinchi bosqichida degradatsiyaga uchragan yerlarda rekultivatsiya ishlari amalga oshiriladi va ekotizimlarning tiklanishi ta'minlanadi. Ikkinchi bosqichda tuproq va o'simliklar tomonidan atmosferadan karbonat angidrid (CO₂) yutilishi natijasida karbon sekvestratsiyasi yuz beradi hamda karbon zaxiralari shakllanadi.

Keyingi bosqichda sun'iy intellekt va mashinaviy o'rganish algoritmlari sun'iy yo'ldosh tasvirlari, GIS

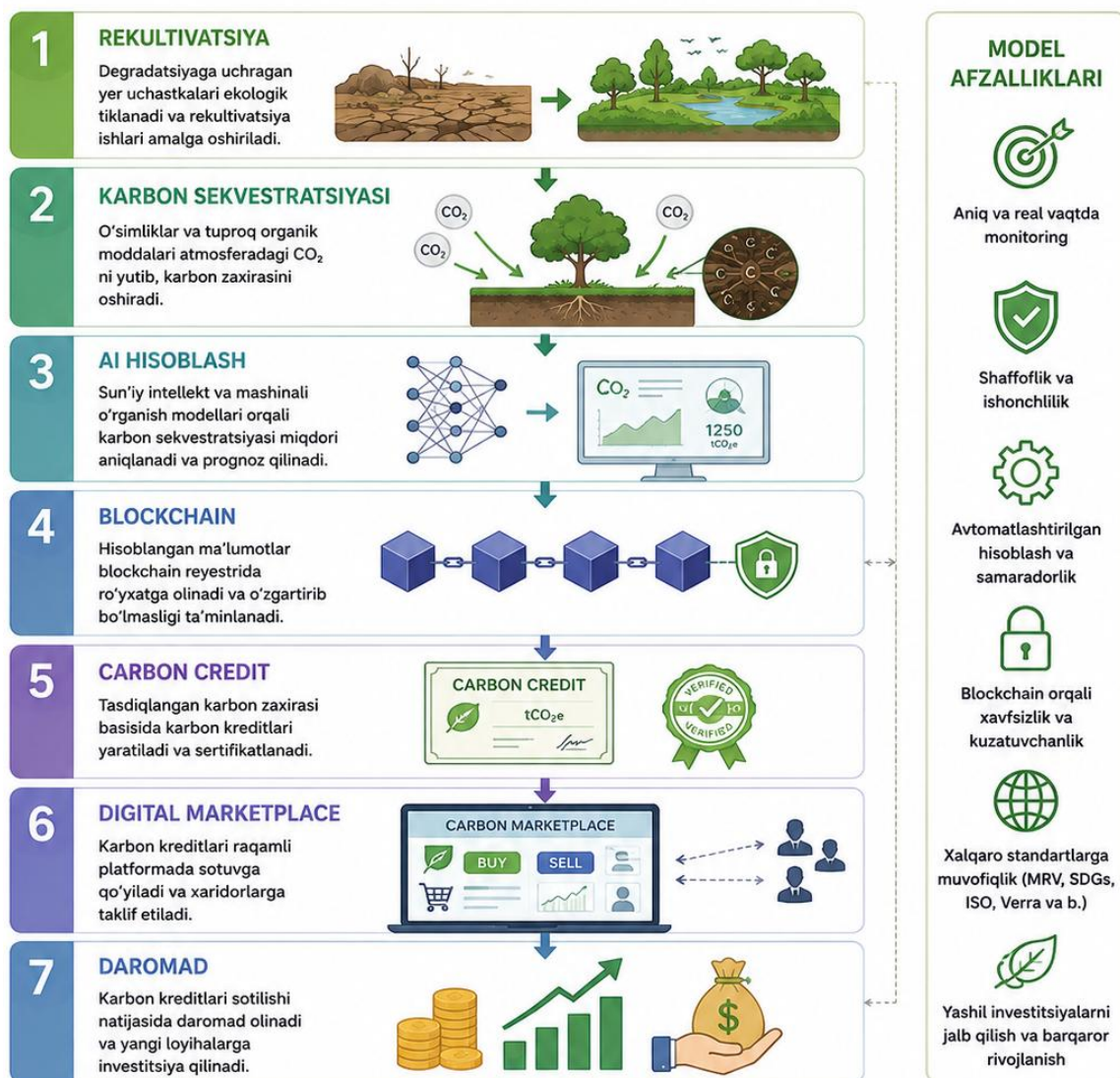
standartlari hamda FAO (2024) metodologik tavsiyalari asosida ishlab chiqilgan.

¹⁸ Muallif tomonidan Jaffer S. va boshq. (2024), IPCC (2023), Verra (2024), Gold Standard Foundation (2024), ISO 14064-1:2018 xalqaro

ma'lumotlari, IoT sensorlari va ekologik ko'rsatkichlar asosida karbon sekvestratsiyasi hajmini avtomatik hisoblaydi hamda prognoz qiladi. Hisoblangan natijalar blokcheyn reyestriga kiritilib, ularning o'zgarmasligi, shaffofligi va

kuzatuvchanligi ta'minlanadi. Shundan so'ng xalqaro MRV (Monitoring, Reporting and Verification) talablari asosida tasdiqlangan karbon zaxiralari karbon kreditlariga aylantiriladi va sertifikatlashtiriladi.

KARBON AKTIVLARINI MONETIZATSIYA QILISH MODELI



3-rasm. Degradatsiyaga uchragan yerlarni qayta tiklash asosida karbon aktivlarini avtomatlashtirilgan monetizatsiya qilishning konseptual modeli¹⁹

Modelning yakuniy bosqichida karbon kreditlari raqamli marketplace platformasiga joylashtirilib, xalqaro investorlar va korxonalar o'rtasida erkin savdo qilinadi. Karbon kreditlari

¹⁹ Muallif tomonidan IPCC (2023), FAO (2024), Verra (2024), Gold Standard Foundation (2024), ISO 14064-1:2018 xalqaro standarti, Jaffer S. va

boshq. (2024), Lal R. (2004), Smith P. va boshq. (2008) hamda World Bank (2024) metodologik yondashuvlari asosida ishlab chiqilgan.



realizatsiyasidan olingan daromad yangi rekultivatsiya loyihalarini moliyalashtirish, ekotizimlarni kengaytirish va yashil iqtisodiyotni rivojlantirishga yo'naltiriladi. Shu tariqa model ekologik barqarorlik va iqtisodiy samaradorlikni yagona raqamli ekotizimda uyg'unlashtiradi.

Taklif etilgan konseptual model degradatsiyaga uchragan yerlarni qayta tiklash, karbon sekvestratsiyasini hisoblash, karbon kreditlarini yaratish va ularni xalqaro bozorlarda monetizatsiya qilish jarayonlarini yagona raqamli platformaga integratsiyalash imkonini beradi. Sun'iy intellekt, blokcheyn, GIS va IoT texnologiyalarining o'zaro uyg'unligi monitoringning aniqligi va tezkorligini oshiradi, ma'lumotlarning ishonchligi hamda xalqaro standartlarga muvofiqligini ta'minlaydi. Natijada karbon aktivlari yangi moliyaviy instrument sifatida shakllanib, yashil investitsiyalarni jalb qilish, ekologik loyihalarni barqaror moliyalashtirish va davlatning "yashil iqtisodiyot" strategiyasini amalga oshirish uchun samarali mexanizm yaratiladi. Mazkur model O'zbekiston sharoitida, ayniqsa Orolbo'yi va boshqa degradatsiyaga uchragan hududlarda karbon bozorlarini rivojlantirish hamda ESG tamoyillarini amaliyotga joriy etishda muhim ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Tadqiqot natijalariga ko'ra, degradatsiyaga uchragan yerlarni qayta tiklash jarayonlarida karbon aktivlarini avtomatlashtirilgan monetizatsiya qilish va monitoring platformasini yaratish raqamli iqtisodiyot sharoitida ekologik va iqtisodiy samaradorlikni sezilarli darajada oshiradi. GIS, IoT, sun'iy intellekt, blockchain hamda MRV tizimlarining integratsiyasi monitoring aniqligini, ma'lumotlarning ishonchligini va investorlar ishonchini kuchaytiradi. Taklif etilgan platforma karbon kreditlarini shakllantirish, tokenlashtirish va xalqaro karbon bozorlariga chiqarishni avtomatlashtirish orqali degradatsiyaga uchragan yerlarni tiklash loyihalarining moliyaviy jozibadorligini oshiradi.

O'zbekiston sharoitida ushbu platformani Orolbo'yi va boshqa degradatsiyaga uchragan hududlarda joriy etish "Yashil iqtisodiyot" strategiyasi, ESG tamoyillari va Parij bitimi bo'yicha milliy majburiyatlarni amalga oshirishga xizmat qiladi. Kelgusidagi tadqiqotlarda karbon sekvestratsiyasini bashorat qilish uchun chuqur o'qitish (Deep Learning), raqamli egizak (Digital Twin) va generativ sun'iy intellekt texnologiyalarini integratsiyalash maqsadga muvofiqdir.

References:

1. Stern N. The Economics of Climate Change: The Stern Review. Cambridge University Press. 2007, 692 b.
2. Nordhaus W.D. The Climate Casino. Yale University Press. 2013, 392 b.
3. Ostrom E. A Polycentric Approach for Coping with Climate Change. World Bank Policy Research Working Paper. 2009, 56 b.
4. Lal R. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. Science, Vol.304(5677). 2004, 1623-1627 b.



5. Smith P. va boshq. Greenhouse Gas Mitigation in Agriculture. Philosophical Transactions of the Royal Society B, Vol.363. 2008, 789-813 b.
6. Rockström J. va boshq. A Safe Operating Space for Humanity. Nature, Vol.461. 2009, 472-475 b.
7. Jaffer, S., Dales, M. W., Ferris, P., Swinfield, T., Sorensen, D., Message, R., Keshav, S., & Madhavapeddy, A. (2024).
8. Global, Robust and Comparable Digital Carbon Assets. Proceedings of the 2024 IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC 2024), Dublin, Ireland, 27-31 May 2024. IEEE, pp. 305-306. DOI: 10.1109/ICBC59979.2024.10634343.
9. Vilkov A., Tian G. Blockchain's Scope and Purpose in Carbon Markets: A Systematic Literature Review. Sustainability, 15(11). 2023, 84-95 b.
10. Kotsialou G., Kuralbayeva K., Laing T. Blockchain's Potential in Forest Offsets, the Voluntary Carbon Markets and REDD+. Environmental Conservation, Cambridge University Press. 2022, 1-13 b.
11. Liu X. va boshq. A Blockchain-based Carbon Registry Platform for Credible Climate Action. npj Climate Action, Vol.5. 2026, 23-modda.
12. Abdurahmonov Q.X. Iqtisodiyotni modernizatsiya qilish va barqaror rivojlanish. O'zbekiston. 2020, 320 b.
13. Mirzayev S. Raqamli iqtisodiyot asoslari. Toshkent. 2021, 280 b.
14. Xodiyev B.Y. Milliy iqtisodiyot. IQTISOD-MOLIYA. 2019, 560 b.
15. Mustafakulov Sh. ESG va barqaror rivojlanish iqtisodiyoti. Toshkent. 2023, 240 b.
16. Avezova N.R., Oshepkova E.A., Maxmudov S.M., Xolikov A.A. The Carbon Footprint of Renewable Energy in Uzbekistan's Industrial Decarbonization Strategy. Science and Innovation, 4(5). 2025, 355-366 b.
17. Global, Robust and Comparable Digital Carbon Assets. Proceedings of the 2024
18. IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC 2024). IEEE. pp. 305-306
19. IPCC (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report. Geneva; Verra (2024). Verified Carbon Standard (VCS) Program Guide; FAO (2024).
20. Jaffer S., Dales M.W., Ferris P., Swinfield T., Sorensen D., Message R., Keshav S., Madhavapeddy A. (2024), Liu X. va boshq. (2026), Kotsialou G., Kuralbayeva K., Laing T. (2022), Verra (2024), ISO 14064-1:2018 hamda IPCC (2023)
21. Jaffer S. va boshq. (2024), IPCC (2023), Verra (2024), Gold Standard Foundation (2024), ISO 14064-1:2018 xalqaro standartlari hamda FAO (2024)