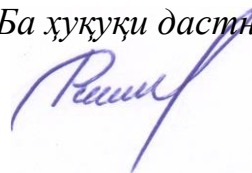


АКАДЕМИЯИ МИЛЛИИ ИЛМҲОИ ТОҶИКИСТОН
Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экология

ВБД: 621.311.21:626/627:519.87 (575.3)

Ба ҳуқуқи дастнавис



РАҲМОНОВ Шарифхуҷа Сайвалиевич

**СЕНАРИЯҲОИ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИИ ОПТИМИЗАТСИЯИ
ТАВОЗУНИ ЗАХИРАҲОИ ЭНЕРГЕТИКӢ ВА МОДЕЛСОЗИИ
ФАЪОЛИЯТИ ИНШООТҲОИ ГИДРОТЕХНИКИИ ҲАВЗАИ ДАРӢИ
ВАҲШ**

ДИССЕРТАТСИЯ

барои дарёфти дараҷаи илмии доктори фалсафа (PhD) - доктор аз рӯйи
ихтисоси 6D074400-Сохтмони гидротехникӣ ва иншоот (6D074401-Сохтмони
гидротехникӣ)

Рохбари илмӣ:
доктори илмҳои техникӣ
Ғулаҳмадзода Аминҷон Абдучаббор

Душанбе – 2026

МУНДАРИЧА

НОМГЌИ ИХТИСОРАҲО.....	5
МУҚАДДИМА	7
БОБИ 1. ТАМОЮЛҲОИ МУОСИРИ ҶАҲОНИИ РУШДИ ЭНЕРГЕТИКА ВА АСОСҲОИ ИЛМИИ ТАШАККУЛИ НИЗОМИ УСТУВОРИ ЭНЕРГЕТИКИИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН.....	17
1.1. Тамоюлҳои умумичаҳониӣ рушди энергетика	17
1.2. Стратегияҳои давлатӣ оид ба рушди энергетика дар Ҷумҳурии Тоҷикистон ва татбиқи амалии онҳо	27
1.3. Сохтори идоракунӣ, заминаи меъёрию ҳуқуқӣ ва ислоҳотӣ дар соҳаи энергетикаи Ҷумҳурии Тоҷикистон гузаронидашуда.....	31
1.4. Пойгоҳи захиравии энергетикаи Ҷумҳурии Тоҷикистон ва мушкилоти истифодаи он	33
1.5. Таъсири тағйирёбии иқлим ба рушди гидроэнергетикаи Ҷумҳурии Тоҷикистон	35
Хулосаи боби 1.....	38
БОБИ 2. ТАҲЛИЛИ МУҚОИСАВИИ ЗАХИРАҲОИ ЭНЕРГЕТИКИИ ТОҶИКИСТОН: МАЪДАНӢ, ГИДРОЭНЕРГЕТИКӢ ВА БАРҚАРОРШАВАНДА.....	39
2.1. Захираҳои ангишти Тоҷикистон.....	39
2.2. Таъмини рушди энергетикаи ангишт	43
2.3. Захираҳои нафт ва газ дар Тоҷикистон	45
2.4. Захираҳои гидроэнергетикаи Тоҷикистон.....	46
2.5. Захираҳои манбаъҳои барқароршавандаи энергия.....	50
2.6. Таҳия ва асосноккунии дастгоҳи ҳунуккунии панелҳои офтобӣ барои баланд бардоштани самаранокии онҳо дар шароити тағйирёбии иқлим	52
2.7. Рушди гидроэнергетикаи хурд дар Ҷумҳурии Тоҷикистон.....	57
2.8. Шарҳи категорияҳои захираҳои гидроэнергетикӣ.....	60
2.9. Самаранокии иқтисодии комплекси энергетикӣ ҳамчун омили таъмини рушди устувор.....	61

Хулосаи боби 2.....	64
БОБИ 3. АСОСНОККУНИИ ИҚТИДОРИ ГИДРОЭНЕРГЕТИКӢ ВА ТАЪСИРИ РАВАНДӢОИ ТАӢШИНШАВӢ БА УСТУВОРИИ НИЗОМИ ЭНЕРГЕТИКӢ	66
3.1. Ӣисоб кардани самаранокии энергетикии дарӢҳои бузурги Тоҷикистон	66
3.2. Таҳлили омилҳои таҳшиншавӣ ва таъсири онҳо ба устувории низоми гидроэнергетикӣ.....	78
3.3. Мавод ва усулҳои истифодашуда дар минтақаи таҳқиқот	80
3.4. Таъсири эрозияи хок ба захираҳои гидроэнергетикӣ дар шароити тағйирёбии иқлим.....	81
3.5. Тақсимои нишондоди Pearson навъи III, тарҳрезии моделсозӣ ва арзёбии эрозияи хок.....	85
3.6. Таъсири тағйирёбии эрозияи хок ба рушди гидроэнергетика.....	91
3.7. Таҳлили номуайянии таҳқиқот	93
3.8. Идоракунии таҳшинҳо ва истехсоли гидроэнергетика	95
3.9. Интиқоли таҳшин	96
3.10. Эрозияи таъсиррасон ба Норак.....	100
Хулосаи боби 3.....	102
БОБИ 4. ТАӢИИ МОДЕЛӢОИ МАТЕМАТИКӢ ВА ОПТИМИЗАТСИИ РЕӢАИ КОРИ ИНШООТӢОИ ЭНЕРГЕТИКИИ ӢАВЗАИ ДАРӢИ ВАӢШ ВА ТАӢЛИЛИ РУШДИ ЗАХИРАӢОИ ГИДРОЭНЕРГЕТИКӢ ДАР ШАРОИТИ ТАӢИРӢБИИ ИҚЛИМ	104
4.1. ТаӢии моделҳои оптимизатсионӣ-тақлидии математикии реҷаи кории НБО- и Роғун	104
4.2. Модели математикии танзими мавсимии НБО-и Роғун	107
4.3. Модели математикии танзими бисёрсолаи НБО-и Роғун.....	114
4.4. Модели танзими бисёрсолаи чараёни об аз ҷониби каскади НБО-и Роғун ва Норак.....	117
4.5. Моделсозӣ ва таҳлили дурнамои рушди захираҳои гидроэнергетикӣ дар ҳавзаи дарёи Вахш.....	119

4.6. Маълумоти истифодашуда ва усулҳои таҳқиқи дурнамои рушди захираҳои гидроэнергетикӣ дар ҳавзаи дарёи Вахш	121
4.7. Арзёбии захираҳои гидроэнергетикӣ.....	123
4.8. Моделсозии таъсири тағйирёбии иқлим ба сарфи об.....	123
4.9. Натиҷа ва муҳокимаи арзёбии захираҳои энергетикӣ обӣ дар ҳавзаи дарёи Вахш ва тақсимои фазоии захираҳои гидроэнергетикӣ.....	125
4.10. Хусусиятҳои тақсимои эҳтимолии захираҳои гидроэнергетикӣ	127
4.11. Хусусиятҳои тақсимои дохили солонаи захираҳои гидроэнергетикӣ	128
4.12. Таъсири тағйирёбии иқлим ба захираҳои гидроэнергетикӣ ва сарфи об.	130
4.13. Таъсири тағйирёбии иқлим ба захираҳои гидроэнергетикӣ.....	135
4.14. Модели концептуалӣ-математикӣ ҳамаҷиғроинаи низоми гидроэнергетикӣ дар ҳавзаи дарёи Вахш дар шароити тағйирёбии иқлим.....	136
Хулосаи боби 4.....	140
ХУЛОСАҲО.....	141
Натиҷаҳои асосии илмӣ диссертатсия.....	141
Тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳои таҳқиқот	142
РҶҲАТИ АДАБИЁТ.....	144
ИНТИШОРОТ АЗ РҶҲИ МАВЗУИ ДИССЕРТАТСИЯ.....	161
ЗАМИМАҲО.....	166

НОМГӢИ ИХТИСОРАӢО

АБЭ – Агентии байналмилалии энергетикӣ

АБЭА – Агентии байналмилалии энергияи атомӣ

АИР – Академияи илмҳои Россия

АМА – Аморати Муттаҳидаи Араб

АМИТ – Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

АОЭ – амнияти обу энергетикӣ

ВЭЗО – Вазорати энергетика ва захираҳои об

ГЭ – гидроэнергетика

ЗГЭ – захираҳои гидроэнергетикӣ

ИМА – Иёлоти Муттаҳидаи Амрико

МБГ – маркази барқу гармӣ

МБЭ – манбаъҳои барқароршавандаи энергия

МГЭ – моделсозии гидроэнергетикӣ

МДР – модели дараҷа-рӯз (Degree-day model)

ММД – маҷмӯи маҳсулоти дохилӣ

MPP (DEM) – модели рақамии релеф (Digital Elevation Model)

НБГ – неругоҳи барқи гармӣ

НБГА – неругоҳи барқи гидроаккумуляторӣ

НБО – неругоҳи барқи обӣ

НБОХ – неругоҳҳои барқи обии хурд

НДН – неругоҳи давлатии ноҳиявӣ

НТЧ – ноҳияҳои тобеи ҷумҳуриявӣ

СГГ – сценарияҳои газҳои гулхонаӣ

СММ – Созмони Милали Муттаҳид

СРМ (SRM) – модели ҷараёни об аз обшавии барф (Snowmelt Runoff Model)

СРП – сценарияҳои рушди партобҳо

СҲИР – Созмони ҳамкории иқтисодӣ ва рушд

ТИ – тағйирёбии иқлим

ХИБ – хатҳои интиқоли барқ

ХДВ – ҳавзаи дарёи Вахш

ҶТ – Ҷумҳурии Тоҷикистон

СМIP5 – лоиҳаи муқоисавии моделҳои иқлим (марҳилаи 5)

СМIP6 – лоиҳаи муқоисавии моделҳои иқлим (марҳилаи 6)

CRU – воҳиди таҳқиқоти иқлимӣ (Climatic Research Unit)

ESRI – институти таҳқиқоти системаҳои муҳити зист (Environmental Systems Research Institute)

GIS – низоми иттилоотии ҷуғрофӣ (Geographic Information System)

MUSLE – муодилаи тағйирёфтаи талафоти хок (Modified Universal Soil Loss Equation)

NASA – Агентии миллии ҳавонавардӣ ва кайҳонии ИМА

NDWI – индекси фарқияти муқаррарии об (Normalized Difference Water Index)

RCP – сценарияҳои консентратсияи намоёндагии газҳои гулхонаӣ

RUSLE – муодилаи такмилёфтаи талафоти хок (Revised Universal Soil Loss Equation)

SRTM – миссияи радиолокатионии топографии Шаттл

МУҚАДДИМА

Мубрамии мавзуи таҳқиқот. Муҳимияти мавзуи таҳқиқот дар он ифода меёбад, ки электроэнергетика дар шароити муосири ҷаҳонӣ яке аз омилҳои бунёдӣ ва муайянкунандаи рушди устувори иҷтимоию иқтисодии давлатҳо мебошад. Афзоиши талабот ба энергия, гармшавии глобалӣ, зарурати коҳиш додани партовҳои газҳои гулхонаӣ ва гузариш ба иқтисодиёти камкарбон, ҳамчунин рушди босуръати технологияҳои рақамӣ ва манбаъҳои таҷдидшавандаи энергия (аз қабилӣ офтобӣ ва бодӣ) шароити нави стратегӣ барои бахши энергетикаи кишварҳо эҷод менамояд.

Захираҳои бузурги гидроэнергетикии Ҷумҳурии Тоҷикистон имкон медиҳанд, ки кишвар ба самти таъмини амнияти энергетикӣ, баланд бардоштани устувори таъминот ва ҷалби сармоягузориҳои дохилӣ ва байналмилалӣ қадамҳои устувор роҳандозӣ намояд. Ворид намудани таҷҳизотҳои муосири захиракунандаи қувваи барқ, баланд бардоштани самаранокии фаъолияти неругоҳи барқии обӣ (НБО) ва ҳамгироии манбаъҳои барқароршавандаи энергия (МБЭ) ҳамчун омилҳои таъсиргузор дар камшавии газҳои гулхонагӣ, мустаҳкамсозии устуворӣ ва эътимоднокии низоми энергетикӣ, инчунин баланд бардоштани мавқеи рақобатпазирии кишвар дар бозори ҷаҳонии энергетика арзёбӣ мегарданд.

Ҳамчунин, ҷорӣ намудани низоми устувор ва кам кардани газҳои гулхонагӣ дар соҳаи энергетика, риояи ҳифзи муҳити зист, барои густариш додани лоиҳаҳои «сабз», баланд бардоштани самаранокии истифодаи энергия ва пешбурди технологияҳои камкарбон нақши ҳалкунанда мебошад. Ба ин маънӣ, омӯзиши захираҳои гидроэнергетикӣ, таҳлили имкониятҳои истехсол ва тақсироти неруи барқ, инчунин пешгӯиҳои тағйирёбии иқлим барои қабули қарорҳои стратегӣ ва барномарезии устувори бахши энергетика аҳамияти илмӣ ва амалӣ доранд.

Бо ин тавзеҳ, мавзуи таҳқиқот – беҳтар кардани роҳҳои истифода ва оптимизатсияи захираҳои гидроэнергетикӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон ва дурнамои рушди устувори онҳо – на танҳо ба таҳкими амнияти энергетикӣ ва

рушди иқтисодӣ таъсир мерасонад, балки ба таҳияи стратегияи миллии истифодаи оқилонаи захираҳои табиӣ ва мутобиқшавӣ ба иқлим мусоидат мекунад.

Захираҳои ангишт ва гидроэнергетикӣ имкон медиҳанд, ки талаботи дохилӣ ба энергия таъмин шуда, ҳамзамон диверсификатсияи манбаъҳои энергетикӣ таъмин гардад. Бо дарназардошти афзоиши талабот ва маҳдудиятҳои захираҳои нафт ва газ, таҳқиқот ба омӯзиши роҳҳои оптималии истифодаи ангишт ва дигар манбаъҳо равона шудааст, ки метавонад рушди саноати энергетикӣ, истеҳсолоти кимиёвӣ ва металлургиро дастгирӣ намуда, таъсири мусбӣ ба маҷмуи маҳсулоти дохилӣ (ММД) ва сатҳи зиндагии аҳолиро дошта бошад.

Кори диссертатсионӣ самаранокии энергетикӣ дарёҳои бузурги Тоҷикистонро бо истифода аз қудрати хоси чараёни об таҳлил намуда, қитъаҳои афзалиятноки сохтмони неругоҳҳои барқи обиро муайян ва заминаи илмӣ банақшагирии рушди саноат ва таъмини амнияти энергетикиро фароҳам месозад. Ҳамзамон, истифодаи моделҳои Snowmelt Runoff Model (SRM) ва Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) барои арзёбии таъсири тағйирёбии иқлим, эрозияи хок ва таҳшиншавӣ ба устувории низоми гидроэнергетикӣ ба таҳқиқот самаранокии воқеии захираҳои об ва хатарҳои экологиро инъикос мекунад. Ин омезиши таҳлилҳои энергетикӣ ва экологӣ заминаи илмӣ барои қабули қарорҳои стратегӣ дар рушди устувори каскадии гидроэнергетика ва оптимизатсияи хароҷот ва иқтидори неругоҳҳо фароҳам меорад.

Дарачаи таҳқиқи мавзӯи илмӣ. Омӯзиши фароғи масъалаҳои вобаста ба мубрами рушди энергетикаи охири асри XX ва аввали асри XXI оғоз шудааст. Оид ба омӯзиши гидроэнергетика, марказҳои барқу гармидиҳӣ ва манбаъҳои барқароршавандаи энергия дар таҳқиқотҳои олимони ватанию хориҷӣ Салыгин В. [1], Шве́ц Н. [2], Wegerich K. [3] Kosowska K. [4], Karimov K. [5], Sekretarev Y. [6], Azimov U. [7], Иванов А. [8] ва Ахророва А. [9] баррасӣ шудаанд. Дурнамои рушди низомҳои савдои квотаҳо барои

партовҳои газҳои гулхонаӣ дар таҳқиқоти Корицев М. [10], Мудрецов А. [11], Zhang Z. [12] ва Воетаре С. [13] таҳлил гардидаанд. Таҳлили дурнаом истифодаи технологияҳои захиракунии саноати неруи барқ дар асарҳои Калимуллин Л. [14], Усачева И. [15], Habib A. [16] ва Sahoo S. [17] пешниҳод гардидааст. Инчунин, масъалаҳои муҳими татбиқи технологияҳои гидроэнергетикӣ ва таъсири тағйирёбии иқлим ба иқтисоди гидроэнергетикӣ аз ҷониби олимони Норматов П. [18], Unger-Shayesteh ва дигарон. [19], Имомов А. [20] Пулатов Я.Э. [21], Кобулиев З. [22], Фазылов А. [23], Стоцкий К. [24], Петров Г. [25], Наврузов С. [26], Усмонова З. [27], Ахмедов Х. [28], Давлатшоев С. [29], Қурбонализода С. [30], Султонов Ш. [31] ва Гулаҳмадов А. [32] мавриди омӯзиш қарор гирифтаанд. Кори диссертатсионии мазкур бо муттаҳид кардани таҳлили ҳамаҷонибаи дарёҳои Тоҷикистон, арзёбии самаранокии энергетикӣ, таъсири тағйирёбии иқлим ва эрозия, таҳлили сценариявӣ ва истифодаи усулҳои муносили илмӣ, барои банақшагирии стратегӣ ва устувори низоми гидроэнергетикии кишвар заминаи илмӣ ва амалии қавӣ фароҳам меорад, ки онро аз таҳқиқоти пештара фарқкунанда мегардонад.

Робитаи таҳқиқот бо барномаҳо (лоиҳаҳо) ва мавзӯҳои илмӣ. Таҳқиқоти диссертатсионӣ бевосита бо самтҳои афзалиятноки сиёсати давлатӣ ва рушди илмӣ-техникии Ҷумҳурии Тоҷикистон алоқаманд буда, дар доираи самтҳои илмии Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон ба анҷом расидааст. Ба монанди; «Стратегияи рушд ва оптималкунонии мувозинаи захираҳои энергетикӣ. Сценарияи рушди гидро-ангистии энергетикии Тоҷикистон» (ҚД 0120ТJ010298) ва «Масоили ташаккули ва танзими обовардҳои саҳт дар объектҳои оби Тоҷикистон ва роҳҳои ҳалли он» (ҚД 0120ТJ01029). Инчунин, мутабиқ ба стратегияи миллии ва ҳуҷҷатҳои қонунӣ иҷро гардидааст, аз ҷумла «Стратегияи миллии рушди Ҷумҳурии Тоҷикистон то соли 2030», «Стратегияи миллии мутабиқшавӣ ба тағйирёбии иқлими Ҷумҳурии Тоҷикистон то соли 2030», «Стратегияи миллии оби Ҷумҳурии

Тоҷикистон барои давраи то соли 2040», «Стратегияи миллии Ҷумҳурии Тоҷикистон оид ба паст кардани хавфи офатҳои табиӣ барои солҳои 2019–2034», «Стратегияи Ҷумҳурии Тоҷикистон дар соҳаи илм, технология ва инноватсия то соли 2030», «Барномаи давлатии тайёр кардани кадрҳои сатҳи баланди илмӣ барои солҳои 2021–2030», «Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф», «Концепсияҳои гузариши Ҷумҳурии Тоҷикистон ба рушди устувор», «Концепсияҳои рушди соҳаҳои комплекси сӯзишворӣ-энергетикӣ Ҷумҳурии Тоҷикистон», Қонунҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон: «Дар бораи энергетика», «Дар бораи сарфачӯӣ ва самаранокии энергия» ва «Дар бораи истифодаи манбаъҳои барқароршавандаи энергия».

Тадқиқот заминаи илмӣ ва амалии қавӣ барои рушди устувори низоми гидроэнергетикӣ, самаранокии истифодаи захираҳои обӣ ва диверсификатсияи манбаъҳои барқароршавандаи энергия дар Ҷумҳурии Тоҷикистон фароҳам меорад.

ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ

Мақсади таҳқиқот. Таҳия ва асоснокии усулҳои илмӣ ҳамгироӣ барои баланд бардоштани самаранокӣ ва устувории низоми энергетикӣ Ҷумҳурии Тоҷикистон дар асоси арзёбии маҷмуии захираҳои обию энергетикӣ, таҳлили таъсири тағйирёбии иқлим ва омилҳои табиӣ-иқлимӣ, инчунин ҳамгироии оптималии манбаъҳои гуногуни энергия бо истифода аз моделсозии математикӣ ва таҳияи сценариявиро дар бар мегирад.

Вазифаҳои таҳқиқот. Бо мақсади расидан ба ҳадафи таҳқиқот, дар кори диссертатсионӣ ҳалли маҷмӯи вазифаҳои зерин муайян гардидааст:

1. Омӯзиши вазъи комплекси энергетикӣ, нақши гидроэнергетика ва таъсири тағйирёбии иқлим ба захираҳои обӣ ва истеҳсоли неруи барқ.
2. Таҳияи усулҳои баланд бардоштани самаранокӣ ва устувории низоми энергетикӣ кишвар бо оптимизатсияи кори неругоҳҳои барқи обӣ ва ҳамгироии манбаъҳои барқароршаванда.

3. Арзёбии нақши ангишт, гидроэнергетика ва манбаъҳои барқароршаванда дар таъмини рушди устувори низоми энергетикӣ. Пешниҳодҳои илмӣ-техникӣ барои диверсификатсия ва оптимизатсияи манбаъҳои энергия, баланд бардоштани самаранокӣ ва устувории низоми энергетикӣ.

4. Таҳия ва асоснок намудани дастгоҳи самаранокӣ хунуккунии панелҳои офтобӣ дар асоси пошандаи об дар шакли кубури (турбаи) сӯрохдор.

5. Таҳлили моделҳои математикӣ ва оптимизатсионӣ барои идоракунии речаи об ва истеҳсоли неруи барқ дар НБО-ҳои Роғун ва Норак, инчунин омӯзиши таъсири тағйирёбии иқлим ва эрозия ба пойдории низоми гидроэнергетикӣ. Муайянсозии маконҳои афзалиятнок ва неругоҳҳои ояндадори дарёҳо, таҳлили захираҳои гидроэнергетикӣ ва дурнамоҳои инкишофи неруи барқ дар ҳавзаи дарёи Вахш.

Объекти таҳқиқот. Силсила иншоотҳои гидротехникии ҳавзаи дарёи Вахш.

Мавзӯи таҳқиқот. Асосноккунии илмӣ ва таҳияи сценарияи гидроангишт барои оптимизатсияи тавозуни энергетикӣ ва баланд бардоштани амнияти энергетикӣи Ҷумҳурии Тоҷикистон дар асоси таҳлили системавӣ, арзёбии иқтисодӣ, моделсозии математикӣ ва дурнамоҳои рушди гидроэнергетика бо назардошти ҷолишҳои иқлимӣ ва экологӣ дар ҳавзаи дарёи Вахш.

Навгони илмӣ. Дар қор натиҷаҳои нави илмӣ зерин ба даст оварда шудаанд:

1. Барои шароити Ҷумҳурии Тоҷикистон таҳлили муқоисавии системавии захираҳои асосии энергетикӣ (гидроэнергетикӣ, ангишт, минералӣ ва манбаъҳои барқароршаванда) дар асоси заминаи ягонаи методологии эквиваленти энергетикӣи солоне анҷом дода шуда, имкониятҳои воқеии рушди энергетикаи кишвар муайян карда шуданд.

2. Сенарияи рушди гидро-ангиштии низоми энергетикии Ҷумҳурии Тоҷикистон таҳия ва аз ҷиҳати илмӣ асоснок гардида, дар асоси моделҳои математикӣ-оптимизатсионӣ ва тақлидӣ речаҳои фаъолияти низоми энергетикӣ, инчунин самаранокии кори неругоҳҳои бузурги барқи обӣ, аз ҷумла НБО-и Роғун, мавриди арзёбии комплексӣ қарор дода шуданд.

3. Маҳдудиятҳои экологӣ ва рушди иҷтимоию иқтисодӣ дар шароити кишварҳои кӯҳӣ бо гидроэнергетикаи бартаридошта таҳлил гардида, нишон дода шуд, ки ҳамгироии НБО-и Роғун бо манбаъҳои барқароршавандаи энергия ва манбаъҳои сӯзишвории истихроҷӣ, устувории шабакаи энергетикӣ, диверсификатсияи сарчашмаҳои энергия ва коҳиши партовҳои карбонро таъмин менамояд. Ҳамчунин, барои баланд бардоштани самаранокии манбаъҳои барқароршавандаи энергия дастгоҳи хунуккунии панелҳои офтобӣ бо истифодаи кубури сӯрохдор бо кунҷи 45° ва насоси фишори паст таҳия карда шуд.

4. Самаранокии энергетикии дарёҳо ва қитъаҳои ояндадори онҳо барои сармоягузорӣ ва тарҳрезии неругоҳҳо асоснок гардида, таъсири эрозия ва таҳшиншавӣ ба устувории низоми гидроэнергетикӣ бо истифодаи моделҳои математикӣ ва технологияҳои GIS арзёбӣ шуд. Нишон дода шуд, ки истифодаи методологияҳои SRM ва MUSLE барои таҳлили ҳавзаҳои кӯҳӣ имконияти қабули қарорҳои устуворро фароҳам меорад. Таъсири тағйирёбии иқлим ба захираҳои обӣ ва иқтидори гидроэнергетикӣ дар ҳавзаи дарёи Вахш дар асоси сенарияҳои CMIP5 ва CMIP6 арзёбӣ гардида, муайян карда шуд, ки афзоиши ҳарорат ва тағйирёбии речаи боришот ба сарфи об ва самаранокии НБО таъсир мерасонад.

Нуктаҳои ба ҷимоя пешниҳодшаванда. Барои ҷимоя муқаррароти асосӣ ва натиҷаҳои таҳқиқоти диссертатсионӣ пешниҳод мегарданд:

- таҳлили системавии захираҳои энергетикии Ҷумҳурии Тоҷикистон бо истифода аз методологияи эквиваленти солоне, сенарияи гидро-ангишт, инчунин моделҳои оптимизатсионӣ-тақлидии фаъолияти низоми энергетикӣ ва арзёбии самаранокии НБО-и Роғун ва робитаи сиёсати энергетикӣ,

махдудиятҳои экологӣ ва рушди иқтисодӣ дар кишварҳои кӯҳӣ анҷом дода шудааст;

- ҳамгироии НБО-и Роғун бо манбаъҳои барқароршаванда ва системаҳои интеллектуалии идоракунии неруи барқ ва самаранокии шаба, ҳамгироии ангишт ва нафт бо иқтидори гидроэнергетикӣ ва диверсификатсия, самаранокии энергетикӣ дарёҳо ва қитъаҳои афзалиятнок барои сармоягузорӣ ва тарҳрезии неругоҳҳо;

- арзёбии эрозия ва таҳшиншавӣ бо моделҳои математикӣ ва GIS, таъсири онҳо ба устувории низоми гидроэнергетикӣ; натиҷаҳои истифодаи моделҳои SRM ва MUSLE чӣхати қабули қарорҳои устувор дар неругоҳҳо; сценарияҳои CMIP5/CMIP6 чӣхати муайян намудани тағйирёбии иқлим таъсири он ба самаранокии НБО-ро; ҳамзамон таҳияи дастгоҳи хунуккунии панелҳои офтобӣ бо пошандаи кубури сӯрохдор барои баланд бардоштани самаранокии модулҳои фотоэлектрикӣ.

Аҳамияти назариявӣ ва амалии таҳқиқот. Таҳқиқоти диссертатсия барои шароити Ҷумҳурии Тоҷикистон таҳлили системавии захираҳои энергетикӣ ва арзёбии устуворӣ ва самаранокии низоми энергетикӣ бо ҳамгироии манбаъҳои гуногуни энергияро фароҳам меорад. Сценарияҳои гидро-ангишти рушди энергетика ва моделҳои оптимизатсионӣ-тақлидии математикии речаи қори низоми энергетикӣ кишвар, аз ҷумла НБО-и Роғун, самаранокии шабака, коҳиши партовҳои карбон ва диверсификатсияи сарчашмаҳои энергияро муайян мекунанд. Навгониҳои илмӣ ба таҳлили робитаи сиёсати энергетикӣ, маҳдудиятҳои экологӣ ва рушди иқтисодӣ, арзёбии эрозия ва таҳшиншавӣ, ҳамчунин таҳияи дастгоҳи хунуккунии панелҳои офтобӣ ва истифодаи GIS ва сценарияҳои CMIP5/CMIP6 нигаронида шудаанд. Таҳқиқот ҳам дар самти назариявии усулҳои моделсозӣ ва оптимизатсияи низоми энергетикӣ ва ҳам дар самти амалӣ, пешниҳодҳои техникаю стратегӣ барои баланд бардоштани устувориву самаранокии истифодаи захираҳои энергияро таъмин менамояд.

Дарачаи эътимоднокии натиҷаҳои диссертатсия. Натиҷаҳои таҳқиқот бо эътимоднокии баланд арзёбӣ мешаванд, зеро онҳо ба таҳлили системавӣ, моделсозии оптимизатсионӣ-тақлидии математикии низоми энергетикӣ, арзёбии эрозия ва таъсири тағйирёбии иқлим бо истифода аз SRM, MUSLE, GIS ва сценарияҳои CMIP5/CMIP6 асос ёфтаанд. Маълумот аз манбаҳои расмӣ ҷумҳуриявӣ ва байналмилалӣ, усулҳои санҷидашуда ва фарзияҳои асоснок истифода шудаанд. Натиҷаҳо бо таҳқиқоти пешина муқоиса ва апробатсия шудаанд ва мутобиқ ба ҳадаф ва вазифаҳои диссертатсия буда, барои қабули қарорҳои стратегӣ дар рушди устувори энергетика ва гидроэнергетикаи Тоҷикистон асоси илмӣ ва амалӣ медиҳанд.

Мутобиқати диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси илмӣ. Диссертатсия ба бандҳои 3,11 низомнома ва шиносномаи ихтисоси илмӣ 6D074401- Сохтмони гидротехникӣ мутобиқат мекунад:

Банди 3. Ташкили самтҳои нави ояндабинии ҳолати шиддатнокӣ, шаклдигаркунии иншооти гидротехникии тамбагӣ ва бетанбагӣ; тақмили усулҳои муайянкунии намудҳои гуногуни қувваҳо ба иншоот, гидрогиреҳи обӣ, бино ва бинои мошинҳои НБО-и барқӣ; асосноккунии роҳҳои эътимоднокӣ ва мустаҳкамии конструксияи иншооти обӣ нақлиётӣ;

Банди 11. Эътимоднокии истифодабарии иншооти гидротехникӣ, ташкили критерияҳои нави беҳатарӣ, системаҳои нави назоратӣ ва мушоҳидавӣ аз болои иншоотҳо, тақмили усулҳои диагностикаи техникӣ ва мониторинги системаи обӣ ва объектҳо.

Номгуи мавзӯи диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси 6D074400- Сохтмони гидротехникӣ ва иншоот (6D074401-Сохтмони гидротехникӣ) мувофиқат мекунад.

Саҳми шахсии доктарабӣ дарачаи илмӣ. Муаллиф қорҳои асосии таҳқиқотро анҷом намудааст, ки ин қорҳои таҳлили системавии захираҳои энергетикӣ дар Тоҷикистон, таҳияи сценарияи гидро-ангишт ва моделҳои оптимизатсионӣ-тақлидии низоми энергетикӣ, арзёбии ҳамгироии манбаҳои энергия ва таъсири экологӣ, моделсозӣ ва таҳлили таъсири тағйирёбии иқлим

ва эрозия ба устувории низоми гидроэнергетикӣ, ҳамчунин таҳияи дастгоҳи хунуккунии панелҳои офтобиро дарбар мегиранд. Ҳамаи ҳисобҳо, ҷамъбасти натиҷаҳо ва ҳулосабарориҳо аз ҷониби муаллиф шахсан иҷро шудаанд.

Тасвиб ва амалисозӣ. Натиҷаҳои илмӣ таҳқиқоти диссертатсионӣ дар як қатор конференсияҳои ҷумҳуриявӣ ва байналмилалӣ, инчунин дар семинарҳо ва ҷаласаҳои илмӣ Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон дар солҳои 2022–2025 муҳокима, тасвиб ва мавриди истифода қарор дода шудаанд. Аз ҷумла, натиҷаҳо дар семинару конференсияҳои илмӣ-амалӣ, аз қабili семинари илмӣ-амалӣ оид ба самаранокӣ ва сарфакоронаи неруи барқ (Ҷумҳурии Чопон, январ–март 2023), конференсияи байналмилалӣ оид ба ҷорӣ намудани НБО-ҳои хурд дар Осиёи Марказӣ (Кореяи Ҷанубӣ, октябри 2023), конференсияи байналмилалӣ «Захираҳои об, инноватсия, захира ва энергиясарфанамоӣ» (Душанбе, октябри 2023), инчунин конференсияи ҷумҳуриявӣ бахшида ба «Даҳсолаи байналмилалӣ амал “Об барои рушди устувор, 2018–2028”» (Душанбе, апрели 2023) пешниҳод гардидаанд. Ҳамзамон, натиҷаҳои таҳқиқот дар семинарҳои илмӣ марбут ба омӯзиши барномаҳои LEAP ва WEAP, рушди устувор ва манбаъҳои барқароршавандаи энергия, инчунин масъалаҳои мониторинг ва идоракунии захираҳои об дар кишварҳои Ёзбекистон ва Ҷумҳурии Мардумии Чин (соли 2025) баррасӣ шудаанд. Натиҷаҳои бадастомада дар амалияи илмӣ-тадқиқотӣ ва таҳияи тавсияҳо барои идоракунии устувори захираҳои об ва энергетикаи барқароршаванда истифода гардида, аҳамияти назариявӣ ва амалӣ доранд.

Интишорот аз рӯйи мавзӯи диссертатсия. Мазмуни асосии диссертатсия дар 22 таълифоти илмӣ, аз ҷумла 12 мақола дар маҷаллаҳои тақризшавандаи феҳристи тавсиянамудаи Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон, 1 патенти хурди Ҷумҳурии Тоҷикистон ва 9 мақола дар маводи конфронсҳои илмӣ сатҳи гуногун нашр шудаанд.

Соҳтор ва ҳаҷми диссертатсия. Соҳтори диссертатсия аз муқаддима, 4 боб, хулоса, 12 замимаҳо ва рӯйхати адабиёти истифодашуда аз 165 номгӯй иборат аст. Ҳаҷми умумии диссертатсия аз 190 саҳифаи ҷопӣ иборат буда, 142 саҳифаи он матни асосӣ мебошад. Миқдори расмҳо 43 адад ва ҷадвалҳо 35 ададро дар бар мегирад.

БОБИ 1. ТАМОЮЛҲОИ МУОСИРИ ҶАҶОНИИ РУШДИ ЭНЕРГЕТИКА ВА АСОСҶОИ ИЛМИИ ТАШАККУЛИ НИЗОМИ УСТУВОРИ ЭНЕРГЕТИКИИ ҶУМҶУРИИ ТОҶИКИСТОН

1.1. Тамоюлҳои умумичаҳони рушди энергетика

Дар шароити имруза соҳаи энергетика яке аз самтҳои калидии рушди иқтисодию иҷтимоии кишварҳо ба шумор меравад. Ба ҳиссаи он тақрибан 60 фоизи истеъмоли ҷаҳони ангишт ва тақрибан 40% истеъмоли гази табиӣ рост меояд. Тағйирёбии технологӣ дар соҳаи электроэнергетика бо афзоиши назарраси талабот ба захираҳои маъданӣ-ашёи хом, пеш аз ҳама ба металлҳо, ҳамроҳ мегардад [33, 34].

Тибқи арзёбиҳои Агентии байналмилалӣ энергетика (АБЭ), рушди МБЭ, алалхусус инфрасохтори таҳвили неруи барқ, усулҳои нигоҳдорӣ неруи барқ ва нақлиёти барқӣ то 40% талаботи умумии ҷаҳониро ба мис ва унсурҳои нодири замин, то 60 фоиз – ба никел ва кобалт ва қариб 90% ба литий ташаккул медиҳад [35].

Дар марҳилаи кунунии рушди соҳаи электроэнергетикаи ҷаҳон бозори ҷаҳонии неруи барқ таҳти таъсири як қатор тамоюлҳои устувори дарозмуддати глобалӣ ташаккул меёбад. Аз ҷумлаи муҳимтарини онҳо афзоиши истеъмоли неруи барқ, паҳншавии ғайлонаи технологияҳои рақамӣ, равандҳои декарбонизатсияи иқтисодиёт ва тақвияти ғайримарказонидани низомҳои энергетикӣ мансуб мебошанд [36].

«Самти муайянкунандаи таҳаввулоти электроэнергетикаи ҷаҳонӣ гузариши ба истилоҳ чоруми энергетикӣ ба ҳисоб меравад, ки даст кашидан аз истифодаи бартаридоштаи сӯзишвории карбогидридӣ ва гузариш ба татбиқи васеи манбаъҳои барқароршавандаи энергияро дар назар дорад. Хусусияти муҳими ин марҳилаи табдили энергетикӣ нақши пешбарандаи сиёсати давлатии энергетикӣ мебошад, ки ба коҳиш додани партовҳои газҳои гулхонаӣ ва ноил гардидан ба ҳадафҳои иқлимӣ равона шудааст» [37].

Тибқи маълумоти Агентии байналмилалии энергетика, соли 2022 ҳаҷми умумии истеҳсоли ҷаҳонии неруи барқ ба 28 334 ТВт·соат расидааст. Бо вучуди рушди фаъоли технологияҳои камкарбон, дар тавозуни глобалии энергетикӣ то ҳол навъҳои сӯзишвории истихроҷӣ бартарӣ доранд, ки ҳиссаи онҳо 61 фоизи ҳаҷми умумии тавлидро ташкил додааст, аз ҷумла ангишт (36 %), гази табиӣ (23 %) ва дигар навъҳои сӯзишвории истихроҷӣ (2 %) [33].

Ба манбаъҳои алтернативии энергия дар маҷмӯъ 39 фоизи истеҳсоли ҷаҳонии неруи барқ рост омадааст, ки дар он мавқеи пешсафро гидроэнергетика (15 %) ва энергетикаи ҳастай (10 %) ишғол намудаанд. «Тағйироти муҳими сохторӣ дар соли 2022 афзоиши рекордии тавлиди неруи офтобӣ ва бодиро ташкил дод, ки ҳиссаи ҷамъбастии онҳо ба 11 фоизи истеҳсоли ҷаҳонии неруи барқ расидааст. Дар муқоиса бо соли 2020 ҳаҷми истеҳсоли неруи барқи офтобӣ ва бодӣ мутаносибан ба андозаи 179 ТВт·соат ва 280 ТВт·соат зиёд гардидааст» [38].

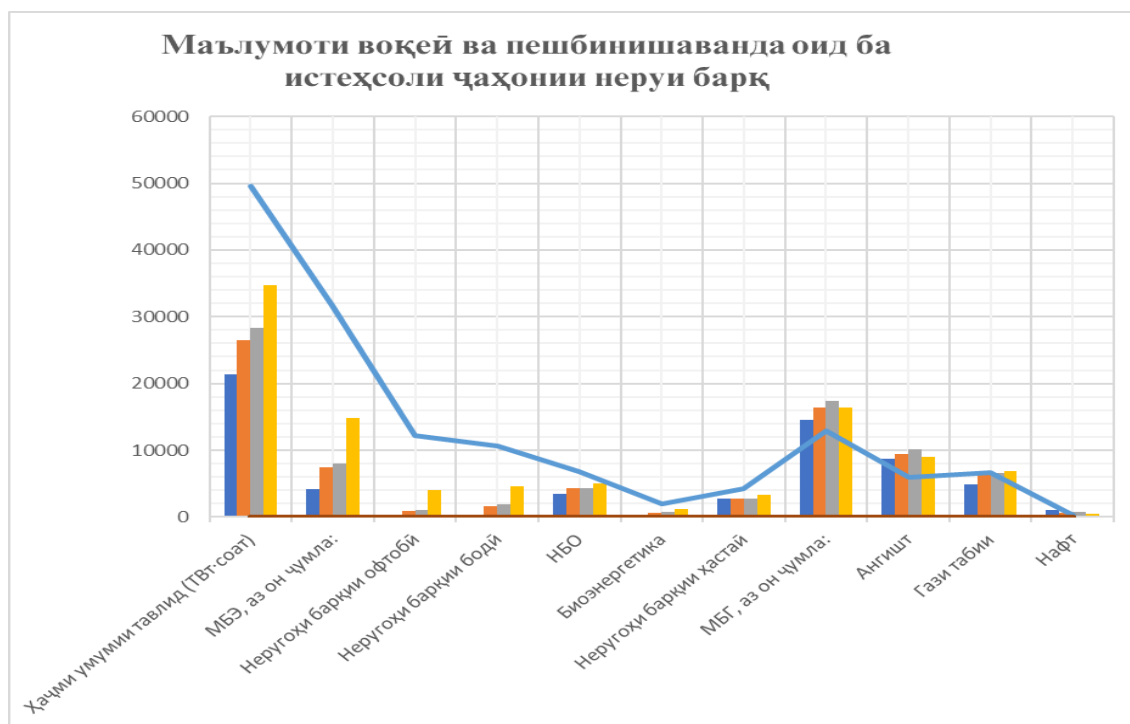
Ҳамзамон, дар соли 2022 коҳиши бузургтарини ҳиссаи тавлиди неруи барқи ҳастай дар ҷанд соли охир ба қайд гирифта шуда, қариб 4 % нисбат ба соли қаблӣ. Сабабҳои асосии ин коҳиш маҳдудиятҳои марбут ба корҳои хизматрасонии техникии неругоҳҳои барқи ҳастай дар Фаронса, инчунин аз истифода баровардани як қатор иншооти ҳастай дар Олмон ва Белгия гардиданд.

Истеҳсоли неруи барқ бо истифода аз технологияҳои биоэнергетикӣ тақрибан 3 фоизи ҳаҷми ҷаҳонии тавлидро таъмин намуд, дар ҳоле ки ба дигар манбаъҳои барқароршавандаи энергия тақрибан 0,4 % рост омад. Дар маҷмӯъ, ҳиссаи сӯзишвории истихроҷӣ дар истеҳсоли ҷаҳонии неруи барқ аз тақрибан 65 % дар соли 2018 то 61 % дар соли 2022 коҳиш ёфтааст [35], ки ин далели афзоиши босуръати истифодаи неруи офтобӣ ва бодӣ дар давоми даҳсолаи охир мебошад.

Нишондиҳандаҳои асосии тавлиди ҷаҳонии неруи барқ, инчунин арзишҳои пешбинишаванда барои солҳои 2030 ва 2050 дар ҷадвали 1.1 ва расми 1.1 пешниҳод шудаанд.

Ҷадвали 1.1. – Маълумоти воқеӣ ва пешбинишаванда оид ба истеҳсоли ҷаҳонии неруи барқ

	2010	2020	2022	2030	2050	2022, %	2030, %	2050, %
Ҳаҷми умумии тавлид (ТВт·соат)	21 414	26 539	28 272	34 748	49 574	100%	100%	100%
МБЭ, аз он ҷумла:	4 164	7 430	7 946	14 838	31 639	28%	43%	65%
Неругоҳи барқии офтобӣ	32	824	1003	4 011	12 188	4%	12%	25%
Неругоҳи барқии бодӣ	342	1 597	1 870	4 604	10 691	7%	13%	22%
НБО	3 449	4 343	4 327	5 078	6 809	15%	15%	14%
Биоэнергетика	341	666	746	1 145	1 951	3%	3%	4%
Неругоҳи барқии ҳастай	2 756	2 673	2 776	3 351	4 260	10%	10%	9%
МБГ, аз он ҷумла:	14 494	16 436	17 435	16 324	12 862	61%	47%	26%
Ангишт	8 670	9 439	10 201	9 044	5 892	36%	26%	12%
Гази табиӣ	4 855	6 333	6 552	6 848	6 658	23%	20%	13%
Нафт	969	664	682	432	312	2%	1%	1%

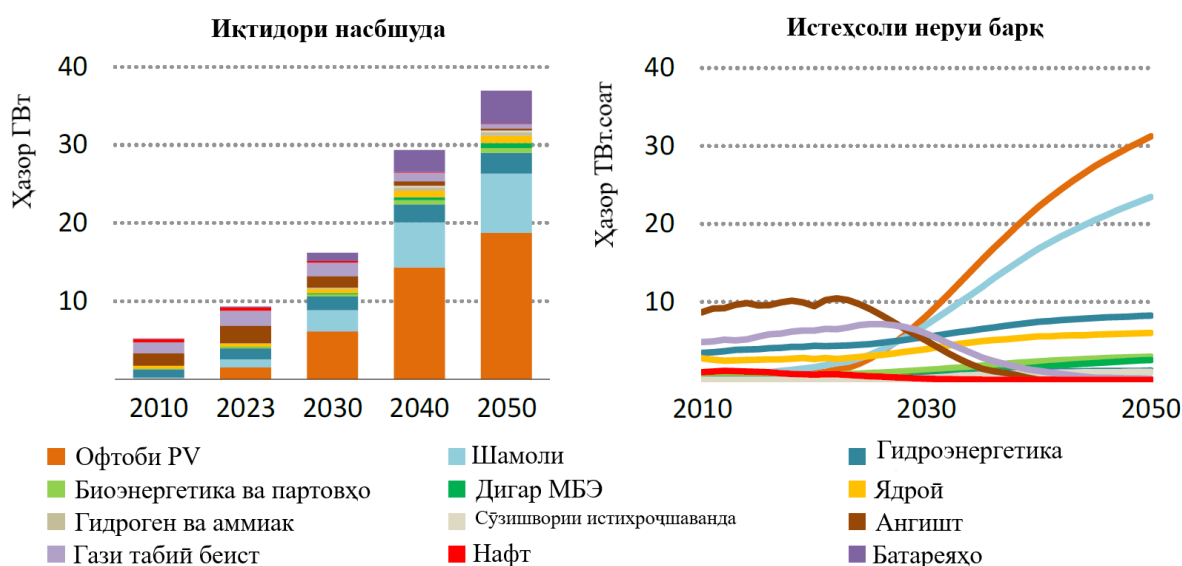


Расми 1.1. - Ҳаҷми умумии истеҳсоли неруи барқи ҷаҳонӣ (ТВт) [39]

Дар шароити ноустувории бозори ҷаҳонии энергетикӣ, ки бо болоравии нархи газ, нафт ва ангишт тавсиф меёбад, тағйироти сохторӣ дар сиёсати энергетикӣ кишварҳо ба назар мерасад. Афзоиши яқборайи нархи газ дар як

катор давлатҳо ба бозгашт ё зиёд гардидани истифодаи ангишт барои истеҳсоли неруи барқ мусоидат намуд. Ҳамзамон, ин вазъият зарурати диверсификатсияи манбаъҳои таъминоти энергетикӣ ва коҳиши вобастагӣ аз сӯзишвории истихроҷшавандаро боз ҳам равшантар гардонда, талошхоро ҷиҳати рушди манбаъҳои барқароршавандаи энергия ва расидан ба бетарафии карбон дар сатҳи миллӣ ва байналмилалӣ тақвият бахшид [40].

«Сиёсатҳои нави бозорҳои асосии энергетикӣ кӯмак мекунанд, ки сармоягузориҳои солони энергияҳои тоза то соли 2030 дар Сенарияи сиёсатҳои эълоншуда (STEPS) ба беш аз 2 триллион доллари ИМА расад, ки ин назар ба имрӯз зиёда аз 50% афзоиш мебошад. Энергияи тоза ба имконияти бузурги рушди иқтисод ва эҷоди ҷойҳои корӣ табдил меёбад ва ҳамчунин майдони асосии рақобати иқтисодии байналмилалӣ мегардад» [39].



Расми 1.2. - Иқтидори умумии насбшуда ва истеҳсоли неруи барқ аз рӯи манбаъҳо дар сенарияи партовҳои сифр (Net Zero Emissions), солҳои 2010–2050 [39]

«Сенарияи расидан ба партовҳои сифр то соли 2050 (Net Zero Emissions – NZE), ки дар расми 1.2 оварда шуда, роҳҳои имконпазирро барои маҳдуд кардани афзоиши ҳарорати миёнаи ҷаҳонӣ то сатҳи 1,5 °C муайян мекунанд ва ҳамзамон дастрасии умумиро ба энергияи муосир то соли 2030 таъмин менамояд» [39].

Амнияти таъмини неруи барқ дар сенарияи партовҳои сифр то соли 2050 (NZE) аҳамияти ниҳоят муҳим дорад, зеро иқтисоди ҷаҳонӣ ҳарчи бештар ба

таъминоти бозътимод ва устувори неруи барқ вобаста мегардад. Амният аз навсозӣ ва рақамикунонии шабакаҳои барқ вобаста аст, то ки идоракунии пешрафта ва «зирак» таъмин гардад, хусусан дар шароите ки шумораи истифодабарандагон ва самтҳои истифодаи неруи барқ меафзоянд ва хусусияти таъминоти он тағйир меёбад. Ҳамзамон, амният ба чандирии система низ вобаста мебошад, ки босуръат ба пояи асосии амнияти энергетикӣ табдил ёфта истодааст. «Дар сценарияи NZE зарур аст, ки чандирии низоми энергетикӣ аз имрӯз то соли 2050 чор маротиба афзоиш ёбад. Ин талабот аз ҳисоби афзоиши босуръати ҳиссаи манбаҳои барқароршавандаи тағйирёбанда ва тағйирёбии шакли талабот ба неруи барқ ба вуҷуд меояд. Дар гузашта неругоҳҳои барқии ангиштӣ ва газии табиӣ (бе коҳиши партобҳо), инчунин неругоҳҳои барқии обӣ, қисми асосии чандирии системаҳои энергетикиро таъмин мекарданд. Аммо дар сценарияи NZE ин вазъият ба таври назаррас тағйир меёбад, зеро истеҳсоли неруи барқ ба манбаҳои кампартоб мегузарад» [39].

То соли 2050 зиёда аз нисфи талаботи чандирӣ тавассути батареяҳо ва идоракунии талабот (аз ҷониби истеъмолкунандагон) таъмин мегардад. Қариб чоряки он аз ҳисоби гидроэнергетика таъмин шуда, қисми боқимонда асосан аз неругоҳҳои гармӣ кампартоб, аз ҷумла неругоҳҳои ҳастай, неругоҳҳои бо сӯзишвории кандани бо технологияҳои ҷамъоварӣ, истифода ва нигоҳдории карбон (CCUS), инчунин неругоҳҳои, ки водород ё аммиакро якҷоя сӯзиш мекунанд, ба даст меояд. Тақрибан 5% чандирӣ ҳанӯз ҳам аз ҳисоби неругоҳҳои газии табиӣ бе коҳиши партобҳо таъмин карда мешавад [39].

«Омили сиёсӣ яке аз самтҳои калидӣ мебошад, ки дурнамои рушди бахши электроэнергетикаро муайян месозад, ва нақши он дар шароити кунунии бозорӣ ва рӯйдодҳои геополитикии ҷаҳонӣ пайваستا меафзояд. Дар натиҷаи баргузории конфронси иқлимии Созмони Милали Муттаҳид дар шаҳри Глазго моҳи ноябри соли 2021 як қатор кишварҳо уҳдадор шуданд, ки ба сатҳи сифри ҳолиси партовҳо ноил гарданд, аз ҷумла Индонезия то соли

2060 ва Ҳиндустон то соли 2070. То охири соли 2022 83 кишвар ва Иттиҳоди Аврупо нишондиҳандаҳои ҳадафнокро барои ноил шудан ба партовҳои сифрӣ муқаррар намуданд. Кишварҳои узви «Гурӯҳи ҳафт» (G7) инчунин уҳдадор гардиданд, ки то соли 2035 бетарафӣи карбонӣ соҳаи электроэнергетикаро таъмин намоянд. Аксари кишварҳо то соли 2022 ба татбиқи сиёсати густариши истифодаи манбаъҳои барқароршавандаи энергия шурӯъ намудаанд» [41]. Самтҳои асосии сиёсати энергетикӣ мавҷуда дар рушди манбаъҳои барқароршавандаи энергия дар ҷадвали 1.2 сабт гардидаанд.

«Ҷадвали 1.2. - Самтҳои калидии сиёсати кунунии энергетикӣ дар кишварҳои бузургтарин аз лиҳози иқтисодии ҷаҳон» [39]

Кишвар/минтақа	Самтҳои калидии сиёсати энергетикӣ
Иттиҳоди Аврупо	То соли 2030 ҳиссаи манбаъҳои барқароршавандаи энергия дар тавозуни умумии энергетикӣ Иттиҳоди Аврупо бояд 40 фоиз расад. Ҳамчунин дар Чехия, Словения ва Руминия марҳила ба марҳила аз истифодаи неруғоҳҳои ангиштӣ даст кашида мешавад.
ИМА	Маблағгузориҳои барномаҳои соҳаи энергетика ва иқлим, аз ҷумла васеъ намудани имтиёзҳои андозбандӣ ва ҳавасмандгардонии рушди технологияҳои тозаи энергетикӣ аз нигоҳи экологӣ.
Ҷумҳурии Мардумии Чин	Ҳадафи муқарраргардида оид ба иқтисоди насбшудаи неруғоҳҳои бо истифода аз энергияи бодӣ офтобӣ то соли 2030 ба андозаи 1200 ГВт муайян гардидааст.
Ҷумҳурии Корея	Афзоиши ҳиссаи манбаъҳои барқароршавандаи энергия дар истеҳсоли неруи барқ то беш аз 20 фоиз ва неруғоҳҳои ҳастай то беш аз 30 фоиз, ҳамзамон кам кардани истифодаи марказҳои барқу гармидхӣ, ки бо ангишт фаъолият менамоянд то соли 2030 пешбинӣ шудааст.
Австралия, Исроил, АМА, Ветнам, Канада	Ҳадафи ноил шудан ба бетарафӣи карбон то соли 2050 пешбинӣ гардидааст.
Ҷопон	Аз нав фаъолсозии истифодаи неруғоҳҳои ҳастай, аз ҷумла реакторҳои хурди модуль.
Баҳрайн, Индонезия, Нигерия, Арабиёи Саудӣ, Русия	То соли 2060 ноил шудан ба бетарафӣи карбон ҳамчун нишондиҳандаи ҳадафманд қарор дода шудааст.
Ҳиндустон	Нишондиҳандаи ҳадафманд оид ба ноил шудан ба бетарафӣи карбон то соли 2070.

Сиёсати декарбонизатсия омилест, ки ҳамчун омили асосӣ дар ташаккули бахшҳои нави энергетикаи бодӣ ва офтобӣ ва рушди босуръати онҳо нақш мебозад. «Дар шароити кунунӣ ҳаҷми умумии бозори ҷаҳонии манбаъҳои барқароршавандаи энергия тақрибан 1 триллион доллари ИМА-ро ташкил медиҳад ва тибқи пешгӯиҳо, суръати миёнаи афзоиши солони он ба 8,4 % мерасад, ки тамоюли рушди устувори ин соҳа иқтисоди ҷаҳониро нишон медиҳад» [42].

Аҳамияти ин низом на танҳо дар коҳиши ҳаҷми партовҳо, балки дар ташаккули ангеҷаҳои иқтисодӣ барои гузариш ба манбаъҳои барқароршавандаи энергия, баланд бардоштани самаранокии энергетикӣ ва ҷорӣ намудани технологияҳои камкарбон зоҳир мегардад. Барои Ҷумҳурии Тоҷикистон, ки дорои иқтисодии бузурги гидроэнергетикӣ мебошад, иштироки эҳтимолӣ дар механизмҳои бозори карбон метавонад имконияти ҷалби сармоягузорӣ, татбиқи лоиҳаҳои «сабз» ва таҳкими амнияти энергетикиро фароҳам оварад [35].

Дар шароити Ҷумҳурии Тоҷикистон, ки сохтори низоми энергетикӣ он асосан ба гидроэнергетика таъя мекунад, масъалаи танзими речаи кории неругоҳҳо ва ҳамгироии манбаъҳои барқароршавандаи нав (аз қабili неругоҳҳои офтобӣ ва бодӣ) аҳамияти стратегӣ пайдо менамояд. «Истифодаи технологияҳои захиракунии неруи барқ, оптимизатсияи речаи кори неругоҳҳои барқӣ обӣ, аз ҷумла НБО-и «Роғун», инчунин имконияти иштирок дар бозори байналмилалӣ карбон метавонад ба баланд бардоштани устувории таъминоти энергетикӣ, коҳиши партовҳои карбон ва ҷалби сармоягузориҳои «сабз» мусоидат намояд» [43, 44].

«Технологияҳои нигоҳдории неруи барқ аз лиҳози навоарӣ ва сатҳи технологӣ гуногун буда, ба равандҳои мухталифи физикӣ ва кимиёвӣ таъя мекунанд. Вобаста ба принсипи захиракунии энергия, ин технологияҳо ба се гурӯҳи асосӣ ҷудо карда мешавад аз ҷумла: системаҳои барқӣ, механикӣ ва кимиёвӣ, ки ҳар яке хусусиятҳо, афзалиятҳо ва маҳдудиятҳои техникий иқтисодии худро доранд. Ба системаҳои барқӣ конденсаторҳо,

суперконденсаторҳо ва нигоҳдорҳои магнитии ноқилҳои баландсифат дохил мешаванд; ба механикӣ – неругоҳҳои гидроаккумуляторӣ ва нигоҳдорҳои маховикӣ; ба кимиёвӣ – батареяҳо ва элементҳои сӯзишворӣ» [45].

«Муддати зиёд аст, ки неругоҳҳои гидроаккумуляторӣ (ГАЭС) ягона технологияҳои ба таври васеъ татбиқшаванда барои захираи неруи барқ ба ҳисоб меравад. Принципи кори онҳо ба табдили неруи барқ ба энергияи потенциалии захирашудаи об асос ёфта, бо истифодаи ин захираи ҷамъшуда дар режими неругоҳи гидроэнергетикӣ дар давраи талаботи баланд амалӣ мешавад. ГАЭС ба системаҳои мансубанд, ки барои захиракунии электроэнергия самти системавӣ доранд ва бо иқтисори насбшудаи калон тавсиф мешаванд» [46, 47].

Ҳамзамон, рушди технологияҳои тавлиди тақсимшуда ва афзоиши шумораи истеъмолкунандагони хурду миёна зарурати татбиқи системаҳои тақсимшудаи захиракунии неруи барқро ба вуҷуд меорад (ҷадвали 1.3), ки тавоноии идорашаванда ва ҷандирро дар аксар ҳолатҳо яққо бо неругоҳҳои бодӣ ва офтобӣ таъмин мекунанд [48].

Ҷадвали 1.3. - Муқоисаи технологияҳо ва навовариҳои батареяҳои энергетикӣ [49]

Лоиха / Истгоҳ	Мақон	Соли ба қор дармадан	Технология / Навоварӣ	Қувва (МВт)	Иқтидор (МВт.соат)	Тавсиф ва навоварӣ
Chagan Hada BESS	Чин	2026	Батареяҳои литий-ион + AI	1 000	4 000	Бузургтарин лоихаи AI-назоратшаванда барои оптимизатсияи шабака
Vistra Moss Landing	ИМА, Калифорния	2021	Батареяҳои литий-ион	300	1 200	Аввалин истгоҳи бузург бо системаи васеи 1 200 МВт.соат, қобили васеъшавӣ ба 4 000 МВт.соат

Идомаи ҷадвали 1.3

Hornsda le Power Reserve (HPR)	Австрал ия	2017	Tesla Powerpack, литий-ион	150	193,5	Бузургтарин батареяи литий-ион дар замони худ; дастгирии устувории шабака ва воридоти энергия аз офтоб
Enel Green Power BESS	Испания	2022	Литий-ион + системаи идоракунии пешрафта	50	100	Интегратсияи энергияи офтоб бо нигоҳдории шабонарӯзӣ
Kokam / Korea BESS Pilot	Ҷануби Корея	2020	Литий-ион + системаҳои идоракунии интеллектуа лӣ	20	40	Навоварӣ дар идоракунии батареяҳо ва истифодаи сенсорҳои IoT барои оптимизатсия

Ҷадвали 1.3 нишон медиҳад, ки чӣ гуна лоиҳаҳои нигоҳдории барқ (BESS) дар ҷаҳон бо технологияи литий-ион ва системҳои идоракунии интеллектуалӣ рушд мекунад. Лоиҳаҳои барҷаста, аз ҷумла Chagan Nada BESS дар Чин (1 000 МВт, 4 000 МВт.соат), имкони оптимизатсияи шабака бо истифода аз AI-ро фароҳам меоранд ва бузургтарин дар ҷаҳон бо назорат ва идоракунии интеллектуалӣ мебошанд. Дар ИМА, истгоҳи Vistra Moss Landing (300 МВт, 1 200 МВт.соат) бо иқтисори васеъшаванда, инчунин дар Австралия, Hornsdale Power Reserve (HPR) (150 МВт, 193,5 МВт.соат) бо системаи Tesla Powerpack дар замони худ бузургтарин батареяи литий-ион буда, устувории шабака ва воридоти энергия аз манбаъҳои офтобиро таъмин мекунад. Лоиҳаҳои Испания (Enel Green Power BESS, 50 МВт, 100 МВт.соат) ва Кореяи Ҷанубӣ (Kokam / Korea BESS Pilot, 20 МВт, 40 МВт.соат) нишон медиҳанд, ки чӣ гуна системҳои идоракунии пешрафта ва сенсорҳои IoT ба оптимизатсияи истифода ва нигоҳдории шабонарӯзии энергия мусоидат

меkunанд. «Умуман, чадвал тамоюли ҷаҳонии барқарорсозии энергетика бо истифодаи батареяҳои интеллектуалӣ, литий-ионӣ ва нақши онҳо дар устувории шабака, истифодаи энергия аз манбаъҳои барқароршаванда ва афзоиши иқтидорҳои нигоҳдории энергияро нишон медиҳад» [49, 50].

Тибқи арзёбиҳои агентии Bloomberg, иқтидори умумии насбшудаи системаҳои захиракунии неруи барқ, ба истиснои неругоҳҳои гидроаккумуляторӣ, то соли 2024 тақрибан ба 81 ГВт·соат мерасад, ки ин 16 маротиба зиёд нисбат ба соли 2022 (тақрибан 5 ГВт·соат). Бо вучуди чунин суръатҳои баланди рушд, ҳаҷмҳои мутлақии захиракунии саноатии неруи барқ дар муқоиса бо миқёси тавлиди неруи барқ дар неругоҳҳои бодӣ ва офтобӣ ҳанӯз ҳам ночиз боқӣ мемонанд.

«Дар солҳои охир гидроген беш аз пеш ҳамчун яке аз абзорҳои калидии ноил шудан ба бетарафии карбон баррасӣ мешавад, ки инро ташаббусҳои стратегии расмии Иттиҳоди Аврупо, Чин, Ҷопон ва дигар иқтисодҳои пешсафи ҷаҳон, ки ба густариши истеҳсол ва истифодаи гидроген равона шудаанд, тасдиқ менамоянд» [51].

«Истифодаи ҳисобкунакҳои зехнӣ ба ташкилотҳои таъминоти энергия имконият медиҳад, ки истеъмоли энергияро дар речаи вақти воқеӣ мониторинг ва идора намоянд, инчунин маълумоти муфассалро оид ба истеъмол дар сатҳи хонаводаҳои алоҳида ба даст оранд» [52].

Мувофиқи маълумотҳои Комиссияи Аврупо, соли 2022 дар давлатҳои Иттиҳоди Аврупо ва Британияи Кабир ҳудуди 163 миллион ҳисобкунаки интеллектуалии неруи барқ насб карда шудааст, ки зиёда аз 56 фоиз истеъмолкунандагонро дар бар мегирад. Интизор меравад, ки то соли 2024 дар Иттиҳоди Аврупо тақрибан 225 миллион ҳисобкунаки зехнии неруи барқ ва 51 миллион ҳисобкунаки газ мавриди истифода қарор гиранд.

Ҳангоми пайваст шудан ба шабакаҳои тақсимои пастшиддат, тавлиди тақсимшуда ба баланд бардоштани боэътимодии таъминоти энергия, густариши дастрасӣ ба неруи барқи аз ҷиҳати экологӣ тоза ва коҳиш додани талафот ҳангоми интиқол ва тақсимои энергия мусоидат менамояд [53].

Дар бахшҳои тичоратӣ ва саноатӣ истехсоли тақсимшудаи неруи барқ бо спектри васеътари технологияҳо намояндагӣ мешавад. «Ба онҳо дохил мешаванд: насбҳои когенератсионӣ, истгоҳҳои фотоэлектрикӣ, истгоҳҳои хурду миёнаи шамолӣ, гидроэлектростансияҳои хурд, объектҳо бо истифода аз биомасса ва партовҳои саҳти маишӣ, муҳаррикҳои поршнеӣ (аз ҷумла генераторҳои эҳтиётӣ), ҳамчунин истгоҳҳои атомии хурди модулӣ» [54].

1.2. Стратегияҳои давлатӣ оид ба рушди энергетика дар Ҷумҳурии

Тоҷикистон ва татбиқи амалии онҳо

Ҳуҷҷати асосии барномавӣ, ки самтҳои калидии рушди соҳаи энергетика ва иқтисодиёти Ҷумҳурии Тоҷикистонро муайян менамояд, ин «Барномаи рушди соҳаи энергетика барқи барои солҳои 2026-2030» мебошад, ки бо қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 26 ноябри соли 2025, №648 тасдиқ шудааст.

Ҳоло бахшҳои калидии иқтисодиёт дар Тоҷикистон ба саноати коркард ва кишоварзӣ, асосан дар асоси обёрии механикӣ, мансубанд. Самаранокии ғайолияти ин бахшҳо мустақиман ба сатҳи рушди соҳаи энергетика вобаста аст, ки он дар навбати худ, суръати рушди иҷтимоию иқтисодии кишвар ва дараҷаи истиқлолияти энергетикиро муайян мекунад [55].

Махсусан, аҳамияти энергетика бо маҳдуд будани захираҳои худии нафт ва гази табиӣ алоқаманд аст. «Масалан, дар солҳои 1980-уми асри гузашта Тоҷикистон асосан аз Ҷумҳурии Ўзбекистон тақрибан 2 млн тонна нафт ва маҳсулоти нафтӣ ва ҳамчунин наздик ба 2 млрд м³ гази табиӣ ворид менамуд, ки ба он то 130 ҳазор тонна гази моеъ низ илова мешуд. Дар охири солҳои 1989-ум ҳаҷми воридот ба таври назаррас коҳиш ёфта, ва дар баъзе мавридҳо пурра қатъ гардид, ки то имрӯз сатҳи пешинаи таъминот барқарор нашудааст» [56, 57].

Дар чунин шароитҳо, самтҳои афзалиятнок ва ҳаётан муҳим барои рушди комплекси сӯзишворӣ-энергетикӣ инҳоянд:

- бунёди неругоҳҳои бузурги гидроэнергетикӣ бо ҳадафҳои энергетикӣ ва обёрӣ;

- рушди инфрасохтори шабакаҳои интиқоли барқ, барқарорсозии робитаи байниминтақавӣ ва ҳамгирӣ ба низоми ягонаи энергетикӣ Осӣи Марказӣ;

- рушди энергетикаи гармидиҳӣ ҳамчун иловаи тақмилдиҳандаи гидроэнергетика, аз ҷумла таҷдиди Марказҳои барқу гармидиҳии (МБГ) мавҷуда;

- рушди босуръати соҳаи истихроҷи ангишт;
- истифода ва густариши манбаъҳои барқароршавандаи энергия.

Амалӣ намудани самтҳои мазкур бояд сатҳи эътимоднокии ва устувории таъминоти барқро барои ҳамаи категорияҳои истеъмолкунандагон таъмин намояд. Нишондодҳои эҳтиёҷоти пешбинишудаи Ҷумҳурии Тоҷикистон ба захираҳои энергетикӣ барои давраи то соли 2030 дар ҷадвали 1.4 оварда шудааст [58].

Тавассути татбиқи стратегияҳои рушди устувор, кишвар бояд ба нишондиҳандаҳои асосии мақсаднок расад, ки онҳо дар ҷадвали 1.5 оварда шудаанд. Баланд бардоштани самаранокии истифодаи захираҳои энергетикӣ низ ҳамчун яке аз афзалиятҳо дар Ҳисоботи «Ҳолати муҳити зисти Тоҷикистон» (2005) муайян шудааст.

Тибқи «Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон «Дар бораи истифодаи мабаъҳои барқароршавандаи энергия», ки бо қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 12 январи соли 2010 № 587», истифодаи захираҳои табиӣ бояд интегратсионӣ ва оқилона буда, манбаъҳои барқароршавандаи энергия низ ба назар гирифта шаванд.

Ҷадвал 1.4. - Талаботи Ҷумҳурии Тоҷикистон нисбат ба захираҳои энергетикӣ то соли 2030

Захираҳои энергетикӣ	Солҳои 2006-2009	Солҳои 2010-2015	Солҳои 2016-2030
Неруи барқ (млрд.кВт)	24,14	28,12	35,18
Газ (млрд.м³)	0,24	0,29	0,38

Идомаи ҷадвали 1.4

Нафт ва маҳсулоти нафти (млн.тонна)	0,90	1,60	2,80
Ангишт (млн.тонна)	0,60	0,90	1,70

Ҳамин тавр, баланд бардоштани самаранокии комплекси сӯзишворӣ-энергетикӣ дар «Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон «Дар бораи энергетика» (29 ноябри 2000)» ба таври мустақим пешбинӣ шудааст. Ҳуҷҷат афзоиши самаранокии энергетикӣ, коҳиши истеъмоли энергия дар саноат ва кишоварзӣ ва ҷорӣ намудани технологияҳои муосири сарфакорро ҳамчун ҳадафҳои стратегӣ муайян менамояд.

Ҷадвали 1.5. - Нишондиҳандаҳои рушди устувори Тоҷикистон

Нишондиҳандаҳо	Воҳиди ченак	Солҳо					
		2007	2009	2015	2020	2025	2030
Шумораи аҳоли	млн. нафар	7,20	7,40	8,70	9,30	10,10	10,90
Афзоиши миёнаи солонаи ММД	%	7,50	7,00	7,00	5,00	5,00	5,00
Сармоягузори дохилӣ, % аз ММД	%	10,00	12,00	11,00	13,00	14,20	15,40
Истеҳсоли неруи барқ	ТВт.с	19,10	22,80	30,10	37,90	44,10	53,50
Шиддати неруи барқ ба ММД	кВт.с/1\$	7,34	6,16	5,05	3,95	3,04	2,15

Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон «Дар бораи сарфачӯӣ ва самаранокии энергия» (қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 19 сентябри соли 2013, №1018) асосан аз он бартарӣ дорад, ки заминаи меъёриро барои татбиқи технологияҳои каммасраф дар соҳаи энергия ва ҷорӣ намудани воситаҳои муосири иттилоотӣ фароҳам меорад. Мазмуни қонун ба беҳтарсозии тарзи истифодаи захираҳои энергетикӣ, баланд бардоштани самаранокии онҳо ва коҳиш додани талафоти энергия равона шудааст. «Татбиқи чунин меъёрҳо имкон медиҳад, ки низоми идоракунии энергия такмил ёфта, фарҳанги истифодаи оқилонаи захираҳои энергетикӣ дар сатҳи давлатӣ ва хоҷагидорӣ густариш ёбад. Қонуни мазкур ташаккули заминаҳои ҳуқуқӣ ва меъёрӣ,

ҳавасмандгардонии таҳия ва татбиқи амалии натиҷаҳои таҳқиқоти илмӣ дар соҳаи сарфаи энергия ва баланд бардоштани самаранокии энергетикиро пешбинӣ менамояд» [59].

«Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон «Дар бораи истифодаи манбаъҳои барқароршавандаи энергия» (январӣ соли 2010)» маҷмӯи чораҳои барои рушд ва тавсеаи истифодаи манбаъҳои барқароршавандаи энергия (МБЭ) муқаррар намудааст. Ин чораҳо ба эътирофи истифодаи МБЭ ҳамчун ҳифзи муҳити зист ё сарфачӯи энергия, инчунин ба пешниҳоди дастгирии давлатӣ тавассути имтиёзҳои ҷиддӣ таъя мекунам. Аз ҷумла, Қонун механизмҳои амортизатсияи босуръат, дастрасии кафолатнок ва бемонеа ба захираҳои манбаъҳои барқароршавандаи энергия, инчунин пайвастишавии ҳатмӣ ва ғайритаъбирии истеҳсолкунандагони неруи барқ аз МБЭ-ро ба шабакаҳои энергетикӣ пешбинӣ менамояд.

Дар баробари ин, дар муқоиса ба соли 1990 дар кишвар коҳиши назарраси истихроҷи захираҳои карбогидридӣ ба қайд гирифта шудааст: ҳаҷми истихроҷи газӣ табиӣ беш аз ду маротиба ва нафт (бо назардошти конденсати газӣ) қариб 8,8 маротиба кам гардидааст. Истисно танҳо соҳаи истихроҷи ангишт мебошад, ки ҳаҷми истеҳсоли он то соли 2021 нисбат ба сатҳи соли 1990 беш аз ду маротиба афзоиш ёфтааст. Маҳз ҳамин омил заминаи фаъолияти устувори Маркази барқу гармидиҳии Душанбе-2 гардид.

Рушди минбаъда ва босуръати гидроэнергетика, ки аз ҷиҳати суръат ба рушди саноати истихроҷи ангишт, пеш аз ҳама тавассути ба истифода додани агрегатҳои марҳилавии минаъдаи НБО-и Роғун қобили муқоиса аст, имкон медиҳад номутавозуниҳои мавҷуда дар комплекси сӯзишворӣ-энергетикӣ бартараф гардида, истифодаи оқилона ва мутавозини захираҳои энергетикӣ ва обии Ҷумҳурии Тоҷикистон ба манфиати ҳам худӣ ҷумҳурӣ ва ҳам кишварҳои ҳамсоии минтақа таъмин карда шавад.

«Принсипи «сарфаи захираҳои табиӣ ва сарфаи энергия» ҳамчун афзалияти давлатӣ дар «Консепсияи ҳифзи муҳити зист дар Ҷумҳурии Тоҷикистон» (қарори Ҳукумат № 645 аз 31.12.2008) инъикос ёфтааст». Ин

хуҷҷат ташаккули механизмҳои иқтисодии ҳифзи муҳити зист ва дастгирии давлатии корхонаҳо ва ташкилотҳои ҳамаи шаклҳои моликиятро, ки дар соҳаи коркард ва безараргардонии партовҳои саноатӣ ва маишӣ фаъолият менамоянд, пешбинӣ мекунад.

Стратегиям миллии мутобиқшавӣ ба тағйирёбии иқлими Ҷумҳурии Тоҷикистон барои давраи то соли 2030 Қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 24.07.2025, №404 нақши дучонибаи энергетикаи сузишворӣ, аз ҷумла аз як тараф асоси фаъолияти ҳаётӣ ва рушди иқтисодӣ ва аз ҷониби дигар, ба муҳити зист расонидани таъсири манфии назаррас таъкид мегардад.

1.3. Сохтори идоракунии, заминаи меъёрию ҳуқуқӣ ва ислоҳотӣ дар соҳаи энергетикаи Ҷумҳурии Тоҷикистон гузаронидашуда

Вазорати энергетика ва захираҳои оби Ҷумҳурии Тоҷикистон идоракунии давлатӣ ва ҳамоҳангсозии тамоми бахши энергетикӣ кишвар, аз ҷумла соҳаҳои электроэнергетика ва нафту газро амалӣ менамояд. Ба доираи масъулияти он ташаккул ва татбиқи сиёсати давлатии энергетикӣ, инчунин таҳия ва ҷорӣ намудани талаботи меъёрий ва стандартҳои соҳавӣ дохил мешаванд.

Фаъолияти собиқ Ширкати саҳомии холдингии кушодаи «Барқи Тоҷик» дар энергетикӣ кишвар ҳалқунанда ва афзалиятнок мебошад, зеро бештари равандҳои истеҳсол, интиқол ва тақсими неруи барқ аз ҷониби ҳамин ширкат сурат мегирад. Танҳо дар Вилояти Мухтори Кӯҳистони Бадахшон ин вазъ фарқкунанда буда, дар дигар манотиқи мамлакат шабакаҳои шаҳрӣ ва ноҳиявии барқӣ ба сохтори ҚСК «Барқи Тоҷик» дохил мешаванд.

То оғози раванди таҷдиди сохтор (реструктуризатсия) ШСХК «Барқи Тоҷик» ҳамчун ширкати энергетикӣ муттҳидшуда фаъолият менамуд. Аммо аз рӯи модели воқеии ташкилии худ ширкат то ҳол унсурҳои сохтори пешинаро нигоҳ доштааст. Дар шароити мавҷуд набудани шӯрои директорон, вазифаҳои назорати стратегӣ ба Шӯрои нозирон вогузор шуда буд, ки ба ҳайати он мансабдорони олии давлатӣ таҳти роҳбарии Сарвазирӣ Ҷумҳурии

Тоҷикистон шомил буданд. Муовини якуми раис ва панҷ муовини раиси ҚСҚ «Барқи Тоҷик» самтҳои алоҳидаи фаъолият, аз ҷумла истеҳсол, интиқол, тақсимот ва фурӯши неруи барқ, инчунин масъалаҳои молиявӣ иқтисодиро роҳбарӣ менамуданд. Дар натиҷаи ислоҳоти соҳаи энергетика, аз ҷумла ба хотири деҳструктуризатсия ва самаранок намудани фаъолияти низом, ҚСҚ «Барқи Тоҷик» то соли 2021 ба ду ширкати алоҳида (баъди азҳампошӣ) ҳамчун шабакаҳои интиқолу тақсимот низ ташкил шуд, то функсияҳои он барои идоракунии шабака ҷудо карда шавад.

ҚСҚ «Помир Энерҷӣ» намунаи шарикӣ инноватсионӣ байни Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон ва ҷомеаи байналмилалӣ ба ҳисоб меравад. Ширкат моҳи декабри соли 2002 таъсис ёфта, дар асоси созишномаи концессиявӣ 25-сола қисми зиёди дороиҳои энергетикӣ ҚСҚ «Барқи Тоҷик»-ро дар ВМКБ ба идора гирифт. Саҳмдорони хусусӣ ширкат Aga Khan Development Fund ва International Finance Corporation мебошанд [60].

Масъулияти асосӣ барои ташаккул ва фаъолияти бахши энергетикӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон бар дӯши Вазорати энергетика ва захираҳои оби Ҷумҳурии Тоҷикистон ва Вазорати рушди иқтисод ва савдои Ҷумҳурии Тоҷикистон вогузор шудааст. Вазорати энергетика ва захираҳои об иҷозатномадиҳӣ фаъолияти энергетикӣ, тасдиқи барномаҳои сармоягузорӣ, инчунин таҳия ва ҷорӣ намудани стандартҳои техникӣ, истифода ва беҳатариро амалӣ менамояд.

Қобили зикр аст, ки густариши дастрасӣ ба захираҳои энергетикӣ тавассути таҳкими ҳамбастагии минтақавӣ низомҳои энергетикӣ метавонад ба ҳалли мушкилоти энергетикӣ кишварҳои Осиёи Марказӣ мусоидат намуда, таъминоти устувор ва аз ҷиҳати иқтисодӣ дастрасро таъмин созад.

Дар доираи татбиқи Стратегияи миллии рушди Ҷумҳурии Тоҷикистон барои то соли 2030, ба рушди савдои минтақавӣ неруи барқ аҳамияти махсус дода мешавад. Дар ин замина, бо дастгирии шарикони байналмилалӣ рушд дар Тоҷикистон корҳои лоиҳавӣ дар доираи лоиҳаи минтақавӣ CASA-1000 роҳандозӣ гардиданд, ки пайваست намудани низомҳои энергетикӣ

Тоҷикистон ва Қирғизистонро бо шабакаҳои барқии кишварҳои Осиёи Ҷанубӣ пешбинӣ менамояд.

Ҳамзамон, самти муҳими ҳамгироии минбаъдаи минтақавӣ ва таҳкими ҳамкориҳо дар баҳши электроэнергетика ин барқарорсозии робитаҳои энергетикӣ миёни давлатҳои Осиёи Марказӣ махсус меёбад. Дар ин замина, ташаббуси барқарор намудани кори мунтазами низоми энергетикӣи Ҷумҳурии Тоҷикистон бо Низоми ягонаи энергетикӣи Осиёи Марказӣ тадбири саривақтӣ ва аз ҷиҳати стратегӣ муҳим арзёбӣ мегардад, ки ба баланд бардоштани эътимоднокии таъминоти барқ ва истифодаи самаранокии иқтисодии энергетикӣи минтақа равона шудааст.

1.4. Пойгоҳи захиравии энергетикаи Ҷумҳурии Тоҷикистон ва мушкилоти истифодаи он

Ҷумҳурии Тоҷикистон бо захираҳои сузишвории маъданӣ хеле маҳдуд мебошад, дар ҳоле, ки захираҳои умумии нафту газ дар кишварҳои Осиёи Марказӣ, ки тақрибан 4,5 млрд тонна арзёбӣ мешаванд, ҳаҷми Тоҷикистон тақрибан 0,05 млрд тонна сузишвориро ташкил медиҳад.

Дар шакли умумӣ захираҳои эҳтимолии энергетикӣи кишвар дар ҷадвали 1.6 оварда шудаанд, дар ҳоле ки сохтори муфассали манбаҳои алтернативии энергия дар ҷадвали 1.7 қаблтар пешниҳод шудааст [61, 62].

Бояд гуфт, ки дар сарчашмаҳои иттилоотӣ ва таҳлилий ҳангоми муқоисаи иқтисодии энергетикӣи сузишворӣҳои минералӣ, ин захираҳо аксаран ҳамчун захираҳои мутамаркази қонҳои кашфшуда баҳо дода мешаванд. Дар бисёр ҳолатҳо онҳо аз рӯйи категорияҳо (исботшуда ё эҳтимоли) табақабандӣ намешаванд, ки ин дақиқии арзёбиҳоро коҳиш медиҳад. Дар ҳамин ҳол, иқтисодии гидроэнергетикӣи анъанавӣ ба таври солоне аз рӯйи миқдори имконпазирии истеҳсоли электроэнергия арзёбӣ карда мешавад (ҷадвали 1.6). Чунин муносибати методологӣ ба таври воқеӣ ба паст шудани нақши гидроэнергетика дар ташаккули тавозуни ояндадори сузишворӣ ва энергетикӣи кишвар оварда мерасонад.

Чадвали 1.6. - Захираҳои эҳтимолии энергетикӣи Ҷумҳурии Тоҷикистон [62]

Гидроэнергетик, ТВт.с /сол	Газ, млрд. м³	Нафт, млн.т.	Ангишт, млн.т.	Алтернативӣ (бе НБО-и хурд), млн. т.с.ш./сол
527.06	16.8	41.3	672,5	14.41

Барои таъмини дурустӣ ва муқоисаи арзёбии захираҳои энергетикӣ, мувофиқи меъёрҳо ва асоси методологӣ пешниҳод карда мешавад, ки онҳо ба як таҳлили ягона, аз ҷумла бо назардошти тамоми давраи ҳаётии истифодабарӣ ва коркарди конҳои сӯзишвории минералӣ оварда шаванд. Ин равиши воқеӣ бештар дар таҳлили муқоисавӣ дар чадвали 1.7 амалӣ шудааст, ки дар он давраи истихроҷи конҳои ангишт 50 сол ва конҳои нафт ва газ 20 сол қабул карда шудааст. Иқтидори захираҳои энергияҳои барқароршаванда дар ин чадвали 1.7. ба монанди гидроэнергетика, дар муҳлатҳои солони оварда шудааст, ки ин имкон медиҳад муқоисаи методологӣ маълумотро таъмин намояд.

Чадвали 1.7. - Захираҳои энергетикӣи Тоҷикистон ба ҳисоби як сол, млн. т.с.ш. (%) [63]

Гидроэнергетика	Захираи ангишт	Захираи нафт	Захираи газ	МБЭ (бе НБО-и хурд)
158,12	13,35	1,85	0,75	14.41
(83,89)	(7,08)	(0,98)	(0,40)	(7,65)

Таҳлили маълумоте, ки дар чадвали 1.7 пешниҳод шудааст, нишон медиҳад, ки гидроэнергетика қисми асосии иқтидори энергетикӣи Ҷумҳурии Тоҷикистонро ташкил медиҳад — ба он 83,9 % захираҳои умумии энергетикӣи рост меояд. Дар ҷои дуюм аз ҷиҳати аҳамият ба ангишт рост меояд, ки ҳиссаи он 7,08 % мебошад. Ҳамин тавр, гидроэнергетика воқеан асоси бунёдии рушди иҷтимоию иқтисодии ҷумҳуриро ташкил медиҳад.

Дар ин замина, истилоҳоти дар таърибаи ҷаҳонӣ қабулшудаи «манбаъҳои анъанавӣ» ва «алтернативӣ»-и энергия пурра ба шароити Тоҷикистон татбиқ намешавад. Агар дар сатҳи ҷаҳонӣ системаҳои энергетикӣ бештар аз 80 % ба сӯзишвории минералӣ асос ёбанд, пас барои Тоҷикистон гидроэнергетика нақши шабеҳи системасозро мебозад. Аз ин рӯ,

дар шароити ҷумхури энергияи ангишт ва гази табиӣ воқеан ҳамчун манбаъҳои алтернативӣ ё ғайрианъанавӣ баромад мекунад, дар ҳоле ки гидроэнергетика манбаи энергияи анъанавӣ ва амалан бидуни алтернатива барои кишвар мебошад.

Ҳамзамон бояд қайд кард, ки аз ҷониби як қатор институтҳои молиявии байналмилалӣ мавқеи муайяни таъйиз нисбат ба неругоҳҳои калони гидроэнергетикӣ вучуд дорад. Масалан, Бонки Рушди Осиё (Asian Development Bank) неругоҳҳои калони гидроэнергетикиро ба манбаъҳои барқароршавандаи энергия дохил намекунад ва мутаносибан механизмҳо ва имтиёзҳои муқарраргардида дар доираи Протоколи Киото ба онҳо татбиқ намешаванд [64]. Ин мавқеъ асосан бар хулосаҳои ҳисоботи «Dams and Development: A New Framework for Decision-Making» [65] асос ёфтааст, ки дар он бештар ба ҷанбаҳои манфии эҳтимолии рушди гидроэнергетика таъкид шудааст.

Ҳамин тариқ, гидроэнергетика ҳамчун захираи асосии энергияи мавҷуда дар Тоҷикистон аст, ки захираҳои он барои қонеъ намудани эҳтиёҷоти дохилӣ кофӣ буда, дар оянда ҳатто беш аз талаботи кишвар хоҳад буд. Нодирии иқтисодии гидроэнергетикӣ кишвар дар муқоиса бо дигар давлатҳо низ барҷаста мебошад.

1.5. Таъсири тағйирёбии иқлим ба рушди гидроэнергетикаи Ҷумҳурии Тоҷикистон

Дар даҳсолаҳои охир тағйирёбии иқлим ба яке аз омилҳои муайянкунандаи рушди иқтисодӣ ҷаҳонӣ табдил ёфтааст. Тағйироти доимии ҳарорати миёнаи ҳаво, тақсимои ноустувори боришот, афзоиши шумораи ҳодисаҳои экстремалии гидрометеорологӣ ва тағйирот дар давраҳои гидрологӣ ба бахшҳои асосии иқтисодиёт, аз ҷумла бахши энергетика таъсири бевосита мерасонанд. Барои давлатҳое, ки сохтори низоми энергетикӣ онҳо асосан ба манбаъҳои барқи обӣ таъйин шудаанд, таъсири иқлим аҳамияти хоса дорад. Ҷумҳурии Тоҷикистон ба чунин

кишварҳо мансуб буда, гидроэнергетика пояи асосии таъминоти барқ ва рушди иҷтимоию иқтисодии он мебошад.

Ташаккули захираҳои обии Тоҷикистон пеш аз ҳама ба омилҳои табиӣ вобаста аст. Қисми зиёди чараёни дарёҳо аз ҳисоби обшавии барф ва пиряхҳои минтақаҳои баландкӯҳ ба вучуд меояд [66]. Аз ин рӯ, ҳар гуна тағйирот дар тавозуни ҳароратӣ ва режими боришот ба сохтори солонаи чараёни об таъсир мерасонад. Болоравии ҳарорати миёнаи солона дар марҳилаи аввал метавонад ба афзоиши ҳаҷми обшавии пиряхҳо ва зиёд гардидани чараёни мавсимӣ оварда расонад. Ин раванд дар кӯтоҳмуддат метавонад истехсоли неруи барқро дар неругоҳҳои барқӣ обӣ зиёд намояд. Бо вучуди ин, дар дурнамои дарозмуддат коҳиши захираи пиряхҳо метавонад ба пастшавии устувори захираҳои обӣ сабаб гардад, ки ин ба иқтидори тавлиди неругоҳҳо таъсири манфӣ мерасонад.

Яке аз хусусиятҳои асосии тағйирёбии иқлим тағйир ёфтани тақсимои мавсимии чараёни об мебошад. Дар шароити муқаррарӣ дарёҳои кӯҳӣ дорои давраи обхезии баҳорӣ ва тобистона мебошанд. Аммо бо тағйирёбии иқлим эҳтимолияти тағйири давраҳои максималӣ ва минималии чараён меафзояд. Ин ҳолат ба низоми танзими обанборҳо ва речаи кори неругоҳҳо таъсир мерасонад. Агар дар фасли зимистон ҳаҷми чараён коҳиш ёбад, эҳтимолияти норасоии неруи барқ дар давраи сарбории баланд афзоиш меёбад. Баръакс, зиёд шудани боришоти кӯтоҳмуддат ва шадид метавонад боиси сарбории изофӣ ба иншооти гидротехникӣ гардад.

Омили дигаре, ки бо тағйирёбии иқлим алоқаманд аст, афзоиши шиддати равандҳои эрозионӣ ва таҳшиншавӣ мебошад. Боришоти шадид ва обшавии босуръати барф ба зиёд гардидани интиқоли моддаҳои овезон ва таҳшинҳо дар ҳавзаҳои дарёҳо мусоидат мекунад. Дар натиҷа, дар обанборҳои неругоҳҳо чамъшавии таҳшинҳо афзоиш ёфта, ҳаҷми муфиди онҳо коҳиш меёбад. Ин раванд метавонад ба паст шудани самаранокии энергетикӣ, коҳиши муҳлати истифодабарии иншоот ва афзоиши хароҷоти техникӣ оварда расонад. Барои кишваре, ки қисми асосии иқтидори

энергетикии худро аз неругоҳҳои обӣ мегирад, масъалаи лойолудшавии обанборҳо дорои аҳамияти стратегӣ мебошад.

Тағйирёбии иқлим ҳамчунин бо афзоиши басомади ҳодисаҳои ғавқулода, аз ҷумла селҳо, ярҷҳо ва обхезиҳо, алоқаманд мебошад. Чунин ҳолатҳо метавонанд ба бехатарии иншооти гидротехникӣ таҳдид намоянд. Дар шароити релефи кӯҳии Тоҷикистон хавфи офатҳои табиӣ бештар буда, таъмини устувории техникӣ ва мониторинги доимии иншоот аҳамияти аввалиндараҷа пайдо мекунад.

Бо вучуди таҳдидҳои зикршуда, тағйирёбии иқлим метавонад баъзе имкониятҳо низ фароҳам оварад. Дар шароити афзоиши миёнамуҳлати ҷараёни об дар баъзе минтақаҳо истеҳсоли неруи барқ метавонад муваққатан зиёд гардад. Аммо чунин афзоиш бояд бо назардошти дурнамои дарозмуддат арзёбӣ карда шавад, зеро захираҳои пирияхӣ маҳдуд мебошанд ва коҳиши онҳо метавонад дар оянда таъсири ҷиддитар расонад.

Дар чунин шароит зарурати татбиқи сиёсати мутобиқшавӣ ба тағйирёбии иқлим ба миён меояд. Ин раванд бояд истифодаи моделсозии гидрологӣ, таҳияи сценарияҳои гуногуни рушди иқлимӣ, оптимизатсияи речаи қори обанборҳо ва диверсификатсияи манбаъҳои энергетикиро дар бар гирад. Рушди неругоҳҳои офтобӣ ва бодӣ метавонад ба кам кардани вобастагии аз ҳад зиёди низоми энергетикӣ аз захираҳои обӣ мусоидат намояд. Илова бар ин, истифодаи технологияҳои захиракунии неруи барқ имкон медиҳад, ки ноустувории мавсимии истеҳсол ҷуброн карда шавад.

Ҳамин тариқ, тағйирёбии иқлим ба гидроэнергетикаи Ҷумҳурии Тоҷикистон таъсири мураккаб ва бисёрҷанба мерасонад. Аз як тараф, он метавонад дар кӯтоҳмуддат афзоиши истеҳсолро таъмин намояд, аз ҷониби дигар дар дурнамои стратегӣ хавфҳои ҷиддиро ба устувории таъминоти энергетикӣ ба вучуд меорад. Бо дарназардошти он ки гидроэнергетика пояи асосии тавозуни энергетикӣ кишвар мебошад, ҳамгироии сиёсати иқлимӣ ва энергетикӣ, таҳияи механизмҳои мутобиқшавӣ ва идоракунии хавфҳо ба яке аз вазифаҳои калидии рушди устувори миллӣ табдил меёбад.

Хулосаи боби 1

Таҳлили тамоюлҳои ҷаҳонии рушди энергетика нишон медиҳад, ки низоми энергетикӣ ҷаҳон дар марҳилаи тағйироти сохторӣ қарор дорад. Афзоиши талабот ба неруи барқ, сиёсати декарбонизатсия ва рушди босуръати манбаъҳои барқароршавандаи энергия самтҳои асосии ин раванд мебошанд. Дар баробари коҳиши тадриҷии сатҳи сӯзишвории истихроҷшаванда, нақши энергияи офтобӣ, бодӣ ва гидроэнергетика пайваста меафзояд.

Дар чунин шароит, Ҷумҳурии Тоҷикистон дорои хусусияти хоси энергетикӣ мебошад, зеро пояи асосии низоми энергетикӣ он гидроэнергетика аст. Таҳлил нишон дод, ки қисми зиёди иқтисоди энергетикӣ миллий ба захираҳои обӣ рост меояд, дар ҳоле ки захираҳои нафту газ маҳдуд мебошанд. Аз ин рӯ, гидроэнергетика асоси таъмини амнияти энергетикӣ ва рушди иқтимоию иқтисодии кишвар ба ҳисоб меравад.

Ҳамзамон, тағйирёбии иқлим метавонад ба устувории дарозмуддати гидроэнергетика таъсири ҷиддӣ расонад. Тағйироти речаи ҷараёни об, коҳиши эҳтимолии захираҳои пиряхӣ ва афзоиши таҳшиншавӣ метавонанд ба иқтисоди истеҳсоли таъсир расонанд. Дар ин замина, зарурати ҳамгироии сиёсати энергетикӣ бо сиёсати иқлимӣ ва диверсификатсияи манбаъҳои тавлиди неруи барқ ба миён меояд. Татбиқи чунин равиш рушди устувори соҳаи энергетикаро таъмин менамояд.

БОБИ 2. ТАҲЛИЛИ МУҚОИСАВИИ ЗАХИРАҲОИ ЭНЕРГЕТИКИИ ТОҶИКИСТОН: МАЪДАНИ, ГИДРОЭНЕРГЕТИКӢ ВА БАРҚАРОРШАВАНДА

2.1. Захираҳои ангишти Тоҷикистон

Дар Осиёи Марказӣ шаш ҳавзаи асосии ангишт мавҷуд аст: Ғиссаро-Дарвозӣ, Ҷануби Фарғона, Шарқи Фарғона, Шимоли Фарғона, Кавакӣ ва Иссиққӯлӣ [67, 68]. «Аз рӯйи ҳаҷми захираҳо аксарияти маъданҳои ангишт дар Ҷумҳурии Тоҷикистон ба гурӯҳи маъданҳои хурд (бо захираҳо то 50 млн тонна) тааллуқ доранд, ба ҷуз маъдани Фон-Яғноб, ки ҳамчун маъдани миёнаҳаҷм баррасӣ мешавад» [67]. Дар ҷумҳурӣ чор минтақаи азхудкунии захираҳои ангишт мавҷуданд, ки аз рӯйи сохти геологӣ ва шароити ташаккули маъданӣ худ фарқ мекунанд: Зарафшон-Ҳисор; Ҷануби Ҳисор; Памиро-Дарвоз; Ҷануби Фарғона.

Бузургтарин ва васеътарин минтақаи ангиштборӣ ин минтақаи Зарафшон-Ҳисор мебошад, ки бо шумораи максималии қабри ангишт фарқ мекунад. Қабри ангишт дар ин ҷо қариб пайваста аз шаҳри Панҷакент то сарчашмаи рӯди Зарафшон паҳн шудааст ва ба се минтақаи ангиштборӣ ҷудо мешавад. Қисми ғарбӣ маъданҳои Кштут-Зауран, Шишкат, Магиан, Тавасанг ва навоҳи ангишт Реват, Вашан, Оби-Лой, Зархок, Вору дар бар дорад. Дар минтақаи марказӣ маъдани Фон-Яғноб ва ангиштҳои Марғиб, Варсоут ва Тағоби-Кул ҷойгиранд. Минтақаи шарқӣ низ маъданҳои Гузн ва Назар-Айлоқ, ангиштҳои Сурхат, Гувин, Дарх, Арсаут, Камол-Ҳоча ва Ревутро муттаҳид мекунад.

«Ҳоло дар ҷумҳурӣ 21 маъдан ва намуди ангишт сабт шудааст, ки захираҳои геологӣ ҷамъшудаашон 3,6 млрд тоннаро ташкил медиҳанд. Захираҳои пешгӯинашуда 73,4 фоиз (категорияҳои P1+P2+P3 – 2656 млн тонна), захираҳои пешакӣ арзёбӣ шуда 17,8 фоиз (категория C2 – 641,5 млн тонна) ва захираҳои саноатӣ 8,8 фоиз (категорияҳои A+B+C1 – 317,2 млн тонна) мебошанд» [67, 69].

Ҳузури захираҳои ғании ангиштсанг бо хусусиятҳои гуногун на танҳо барои зиёд кардани истихроҷ ва коркарди саноатӣ, балки барои инкишофи истеҳсолии кимиёӣ ва металлургӣ дар асоси ангишт шароити мусоид фароҳам меорад. Истифодаи самаранокии ангиштсанг оқилона ва корхонаҳои кимиёвӣ ва металлургӣ таъсис дода шаванд, ин метавонад омили асосӣ барои ноил шудан ба ҳадафҳои стратегӣ ва боло рафтани ММД бошад.

Бо вуҷуди ин, дараҷаи омузиши геологии захираҳои ангишти ҷумҳурӣ нобаробар боқӣ мондааст. «Маъданҳое, ки пурра омузиш шудаанд, мисли Фон-Яғноб, Шуроб, Назар-Айлоқ ва Ғарби Зиддӣ, дар ҳоли ҳозир хуб омӯхта шудаанд, дар ҳоле, ки аксарияти дигар маъданҳо ва ангиштҳои маҳаллӣ асосан аз маводҳои харитаи геологӣ маълуманд» [67, 70].

«Дар сохти захираҳои саноатии ангишт, қисми маъдани Фон-Яғноб тақрибан 64,4 % (314,3 млн тонна), Шуроб - 25,1 %, Назар-Айлоқ - 3,5 % ва Зиддӣ - 2,5 % мебошад. Ин захираҳо барои таъмин намудани эҳтиёҷоти энергетикӣ, коркарди кимиёвӣ (истеҳсоли кокс ва антрацит) ва содирот то соли 2040 кофӣ мебошанд» [67, 70].

Умуман, гуногунрангсозии иқтидори системаи энергетикӣ тавассути афзоиши марҳилавии сахми манбаъҳои алтернативӣ, аз ҷумла неруи барқӣ бо ангишт коркунанда, дар сатҳи на камтар аз 5–7 % дар сохти иқтидори насбшуда пешбинӣ шудааст.

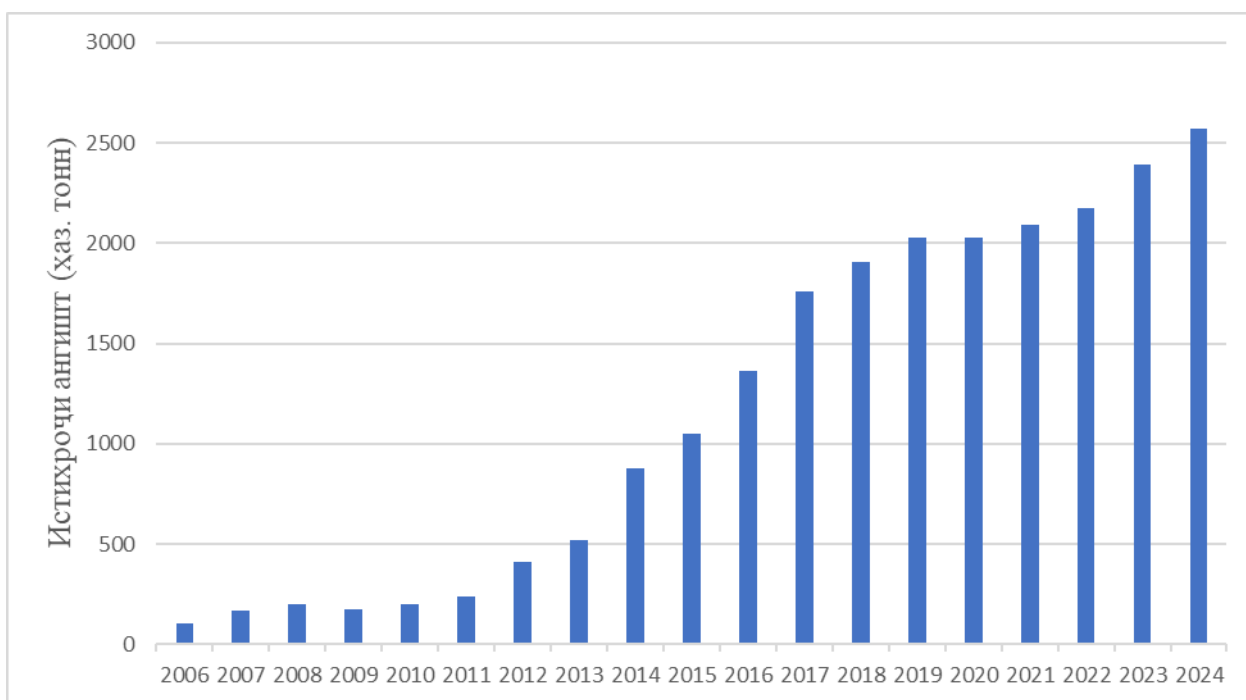
Дар асоси ҳадафҳои барномавӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон замина барои ташкили се зинаи истеҳсолии баҳампайваست дар соҳаҳои гуногун, ки ба истифодаи намудҳои мухталифи ангишт такя мекунанд, замина муҳайё шудааст. Ин се зина иборатанд аз:

- «ангишт - электроэнергетика - масолеҳи сохтмонӣ»;
- «ангишти коксшаванда - кокс - маҳсулот кимиё»;
- «ангишт - газсозӣ - нуриҳои маъданӣ».

Қонунҳои «Дар бораи созишномаи сармоягузорӣ», «Дар бораи консессияҳо», «Дар бораи иҷозатнома барои баъзе намудҳои фаъолият», «Дар бораи сарватҳои зеризаминӣ», «Дар бораи ангишт» ва «Дар бораи

созишномаҳои тақсими маҳсулот» қабул шудаанд, ки ба ҳавасмандсозии сармоягузорӣ ва ҷалби сармояи хориҷӣ, равона шудаанд. Ғайр аз ин, Кодексҳои андоз, гумрук ва замин низ барои сармоягузори хориҷӣ имтиёзҳо ва афзалиятҳоро пешбинӣ мекунад. Дар асоси ин қонунҳо як қатор санадҳои зерқонунӣ қабул шуданд, ки дар маҷмӯъ ба беҳтаршавии муҳити сармоягузорӣ дар ҷумҳурӣ мусоидат карданд.

Ҳамзамон, бояд қайд кард, ки дар солҳои охир ҳаҷми истихроҷи ангишт дар Тоҷикистон ба таври назаррас афзудааст (расми 2.1), ки ин омил ба рушди минбаъдаи соҳаи энергетика мусоидат кардааст. Ҳамин тариқ, ҳаҷми фурӯши маҳсулот ва воридоти молиявии корхонаҳои истихроҷ ва коркарди ангишт афзуда, ба имкониятҳои сармоягузорӣ ва устувории онҳо таъсири мусбӣ расонидааст.



Расми 2.1. - Истеҳсоли ангишт дар Тоҷикистон дар солҳои 2006–2024

Дар ҷадвали 2.1 маълумот оид ба ҳаҷми истихроҷи ангишт барои солҳои 2006–2024 оварда шуда, ҷараёни воридоти маблағҳо аз ҳисоби ин истихроҷ нишон дода шудааст.

Чадвали 2.1. - Ҳаҷми истихроҷи ангишт ва ҷараёни воридоти маблағҳо аз ҳисоби афзоиши истихроҷ

Солҳо	Истихроҷи ангишт (ҳазор тонна)	Маблағ (ҳаз. сомонӣ)
2006	105	
2007	165	
2008	199	15734
2009	177	15696,4
2010	200	19023,4
2011	237	25033
2012	412	64 417
2013	518	87 683
2014	875	135 300
2015	1050	155 142
2016	1362	179 607
2017	1760	255 700
2018	1907	287 100
2019	2027	506 750
2020	2029	507 250
2021	2089	522 250
2022	2175	652 500
2023	2394	837 900
2024	2570	899 500

Тибқи маълумоти чадвал, дар муқоиса бо соли 2006, ки ҳаҷми истихроҷи ангишт 105,0 ҳазор тоннаро ташкил медод, соли 2018 ин нишондиҳанда ба 1 907,0 ҳазор тонна расидааст, яъне зиёда аз 18 маротиба афзудааст. Ҳамин тариқ, ҳаҷми умумии воридоти пулӣ аз ҷониби корхонаҳои соҳаи ангишт дар ин давра зиёда аз 20 маротиба афзудааст.

Ба даст овардани натиҷаҳои номбурда асосан бо амалӣ гардонидани саривақтии яке аз вазифаҳои калидии соҳаи энергетика – диверсификатсияи иқтисодҳои тавлидӣ бо мақсади баланд бардоштани эътимоднокии фаъолияти системаи энергетикӣ шарҳ дода мешавад. Тараққиёти саноати ангишт пас аз ба истифода додани ду давраи МБГ-2 Душанбе бо иқтисодии умумии насбшудаи 400 МВт, ки бо сӯхти ангишт кор мекунад, такони ҷиддӣ бахшид. Ин омил сабаби афзоиши шадиди ҳаҷми истихроҷ ва коркарди ангишт дар ҷумхурии гардид.

2.2. Таъмини рушди энергетикаи ангишт

«Тоҷикистон захираи зиёди ангишт дорад, гарчанде, ки дар конҳои хеле хурд дастнорас ҷойгир аст (ҷадвали 2.2)» [71].

Ҷадвали 2.2. - Барномаҳои рушди саноати ангишт дар Тоҷикистон ва татбиқи онҳо [72]

Истихроҷи ангишт, ҳаз. тонна	Солҳо							
	1990	1996	2001	2004	2010	2015	2017	2020
Барномаи 1997 с.			1140	1335	1925			
Концепсияи 2002 с.				300	500	800	2002	
Дар асл	467.2	19.9	26.0	92,2	184.0	1042	1760	2103

Ҳоло Ҷумҳурии Тоҷикистон имкониятҳои кофӣ барои таъмин намудани эҳтиёҷоти дохилии худ ба ашёи хоми нафт ва гази табиӣ, инчунин маҳсулоти коркарди онҳоро аз ҳисоби конҳои худ надорад. Аз ин лиҳоз, кишвар мачбур аст ҳар сол барои воридоти маҳсулоти нафтӣ ва гази табиӣ то 700 миллион доллари ИМА равона кунад. Дар ҳолатҳои бӯхрони иқтисодӣ чунин хароҷот дар мачмуъ бори хеле баландро ба буҷети давлатӣ ва иқтисоди миллӣ бор мекунад.

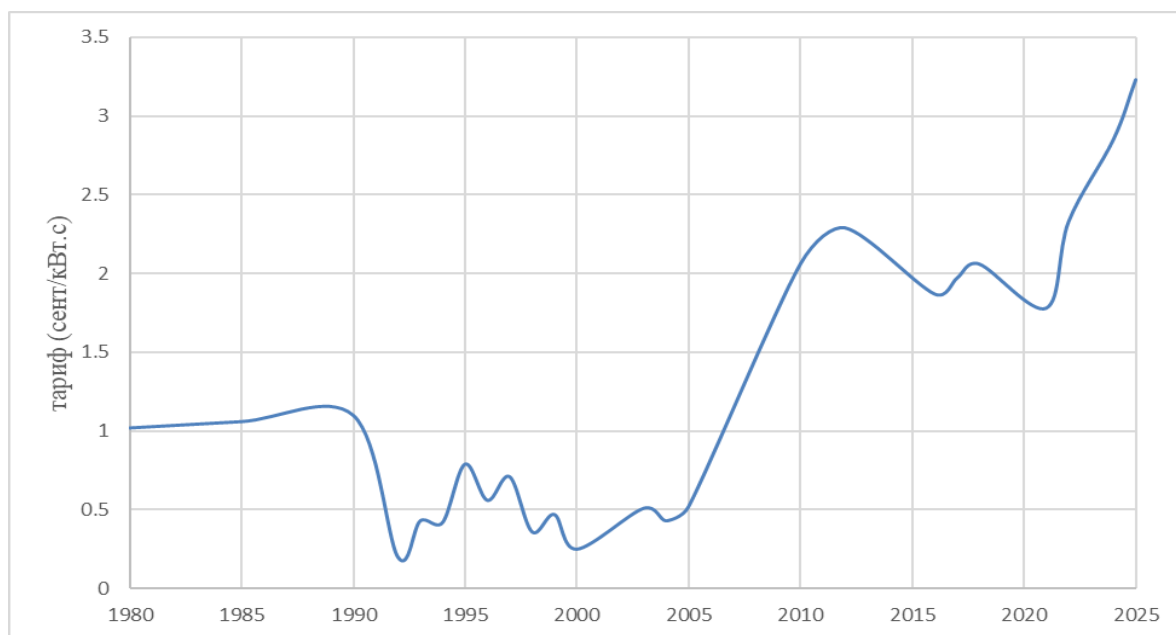
Ҷадвали 2.3 дар асоси маълумоти расмӣ порталӣ stat.tj ва маводҳои «Саноати Ҷумҳурии Тоҷикистон» барои солҳои 2020, 2021 ва 2024, ки аз ҷониби Агентии омор назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон нашр шудаанд, таҳия шудааст.

Ҷадвали 2.3. - Истихроҷи нафт, газ ва ангишт дар солҳои 1991-2023 [72]

Сол	1991	2000	2002	2003	2004	2006
Нафт, ҳаз. тонна	98	18	16	18	19	24
Газ, млн. м ³	83	39	32	32	34	18
Ангишт, ҳаз. тонна	467	19	24	36	46	98
Сол	2015	2017	2019	2022	2023	
Нафт, ҳаз. тонна	25	23	23	24,9	18,0	
Газ, млн. млн. м ³	4	2	1	0,8	0,4	
Ангишт, ҳаз. тонна	1041	1760	2028	2394	2084,	

«Ҳанӯз соли 1997 дар Тоҷикистон Барномаи давлатӣ оид ба рушди босуръати саноати ангишт тасдиқ шуда буд, аммо то соли 2004 сатҳи иҷрои он аз 7 % зиёд набуд. Баъди татбиқи ин барнома «Консепсияи рушди соҳаҳои комплекси сӯзишворӣ-энергетикаи Ҷумҳурии Тоҷикистон барои давраи 2003–2015» амалӣ карда шуд» [73]. Бо вуҷуди ин, ин ҳуҷҷати барномавӣ низ пурра амалӣ нашуд ва ин омил бо таъхири назаррас нисбат ба нишондиҳандаҳои пешбинишуда тавсиф мешуд.

Яке аз сабабҳои асосии рушди заифи соҳаи ангишт маблағҳои маҳдуди пешбинишуда дар ин самт буд. Омили иловагӣ, ки рушди энергетикаи ангиштиро маҳдуд мекунад, нобаробарии нархҳо байни неруи барқ ва сӯзишвории ангишт мебошад. Дар айни замон нархи миёнаи неруи барқ дар Тоҷикистон барои 1 кВт.соат тақрибан 1,5 сент ИМА-ро ташкил медиҳад (расми 2.2). Дар ин ҳолат, арзиши як тонна ангишт, аз ҷумла хароҷоти нақлиётӣ, на камтар аз 100 доллари ИМА-ро ташкил медиҳад, ки ба 10 сент барои 1 кг баробар аст. Бо истёмоли миёнаи сӯзишворӣ дар неругоҳҳои ангишт тақрибан 0,3 кг/кВт соат, ҳиссаи сӯзишворӣ дар арзиши ҳуди неруи барқ тақрибан 3,0 сент ИМА барои 1 кВт соат аст, ки ду маротиба аз нархи ҷорӣ чаканаи неруи барқ аст.



Расми 2.2. - Тарифи неруи барқ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон (Манбаъ: Ҳисоботи солонаи ҚСҚ “Шабакаҳои тақсими барқ”)

Дар айни замон, номуносибии нархҳо нисбат ба энергияи минералии воридотӣ газӣ табиӣ ва маҳсулоти нафть низ мушоҳида мешавад, ки ин бо маълумоти ҷадвалҳои 2.2 ва 2.3 тасдиқ мегардад.

Ҳангоме, ки нархҳои ангишт ва дигар сузишвориҳои минералӣ бозорӣ муайян мешавад, тарифҳои неруи барқ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон тавассути мақомоти давлатӣ ба таври назаррас муқаррар карда мешаванд, ҳулоса баровардан мумкин аст, ки ангезаи асосии иқтисодӣ барои рушди устувор ва самараноки соҳаи ангишт баланд бардоштани зина ба зина тарифҳои неруи барқ мебошад. Сатҳи ҳадди ақали асосноки чунин тариф на камтар аз 5 сент ИМА барои 1 кВт·соат аст, ки ин имкон медиҳад, то сигналҳои нархӣ ба хароҷоти воқеии истеҳсолот наздик карда ва барои ҷалби сармоягузориҳои соҳа шароити фароҳам оварад.

2.3. Захираҳои нафт ва газ дар Тоҷикистон

«Минтақаҳои дурнамои нафту газӣ Ҷумҳурии Тоҷикистон ба ду минтақаи нафту газ, ки дар қисматҳои ҷанубу ғарбӣ ва шимолии кишвар ҷойгир шудаанд. Аз ҷиҳати тектоникӣ, ин минтақаҳо ба таназзули Афғонистон ва Тоҷикистон бо масоҳати тахминан 29,4 ҳазор км² ва таназзули Ғарбии Фарғона бо масоҳати тахминан 5,2 ҳазор км² рост меояд» [67].

«Захираҳои умумии ашиёи хоми карбонӣ (углеводородҳо) ба 1 033,76 млн тонна сузишвориҳои шартӣ, аз ҷумла тақрибан 857 млрд м³ газӣ табиӣ, 117,6 млн тонна нафт ва 36 млн тонна конденсати газӣ арзёби карда мешаванд» [67]. Бояд гуфт, ки бақияи ками ин иқтидор истифода шуда, истеҳсоли солонаи газӣ табиӣ тақрибан 10 миллион м³ ва нафт 28 ҳазор тонна мебошад. Истихроҷи нафт дар шимолу ҷануби кишвар аз ҷониби се корхонаи хурд анҷом дода мешавад, ки иқтидори умумии онҳо аз 30-50 ҳазор тонна зиёд нест. То 1 январи соли 2015, ҳамагӣ 7,29 млн. тонна нафт, 8,16 млрд м³ газ ва 0,49 млн тонна конденсати газ истихроҷ карда шудааст.

«Дар маҷмӯъ, захираҳои карбонии Тоҷикистон то ҳанӯз каме таҳқиқ шудаанд. Масалан, захираҳои асосии исботшудаи нафт ва конденсати газ

тахминан 40 млн тоннаро ташкил медиҳанд, ки аз онҳо тақрибан 11 млн тонна ба категорияи истихроҷшаванда мансуб аст. Захираҳои боқимонда ё сӯзишвории моеъ тахминан 31 млн тоннаро ташкил медиҳанд, ки истихроҷшавандааш тақрибан 3 млн тонна мебошанд. Чунин вазъият дар мавриди гази табиӣ низ мушоҳида мешавад: захираҳои балансиашон тахминан 3,5 млрд м³ ва захираҳои боқимонда тақрибан 2 млрд м³ мебошад» [74, 75].

«Дар ҳудуди Афғонистон ва Тоҷикистон панҷ минтақаи геоструктурии калон фарқ карда мешаванд: Душанбе, Кофарниҳон, Вахш, Обигарм ва Кӯлоб. Ба ғайр аз минтақаи Душанбе, ки асосан хусусияти субширот хос аст, ҳамаи унсурҳои геоструктурӣ дорои дарозшавии субмеридионалии ҷилдҳо мебошанд, ки дар ҷадвали 2.4 инъикос ёфтааст» [76, 77].

Ҷадвали 2.4. - Тақсими захираҳои пешбинишудаи нафт дар минтақаҳои тектоникӣ Афғонистон ва Тоҷикистон (% нисбат ба захираҳои умумӣ) [77]

Чуқурӣ, км	Минтақа					Ҷамъ
	Душанбе	Кофарниҳон	Вахш	Оби гарм	Кӯлоб	
То 3	1,36	1,72	3,58	1,23	4,44	12,33
3-5	3,58	10,92	11,69	9,95	14,29	50,43
5-7	0,88	11,18	3,59	8,56	13,03	37,74
Ҳамагӣ	5,82	23,82	18,86	19,74	31,76	100

2.4. Захираҳои гидроэнергетикии Тоҷикистон

«Дар амалияи ҷаҳонӣ таҳти унвони «базаи захиравӣ» маҷмӯи захираҳои ибтидоии энергетикӣ фаҳмида мешавад, ки барои истеҳсоли неруи барқ истифода бурда мешаванд. Ҷараёнҳои табдили ин захираҳо вобаста ба хусусият ва технологияҳои истифодабарии фарқ меkunанд, аммо натиҷаи ниҳой ҳамеша як аст. Бар асоси сохтор ва сатҳи истифодабарии захираҳои мавҷуда, ҳар як кишвар модели рушди соҳаи энергетикаро ташкил медиҳад, ҳамзамон ба стандартҳои байналмилалӣ оид ба бехатарӣ, самаранокии истифодабарӣ ва ҳифзи муҳити зист таъҷиб мекунад» [78].

«Ҷумҳурии Тоҷикистон, ки асосан кишвари кӯҳсор мебошад, дорои базаи захиравии махсус аст ва дар давоми муддати тӯлонӣ стратегияи таъмини амнияти энергетикӣ ва нақшаи роҳро пайваستا амалӣ мекунад. Дар

баробари иқтидори назарраси энергияҳои офтоб ва шамол, инчунин захираҳои биологӣ, гидроэнергетика дар тавозуни миллий-энергетикӣ ҷойгоҳи калидӣ дорад. Ҷумҳурии Тоҷикистон дорои захираҳои гидроэнергетикӣ мебошад, ки аз ҷиҳати ҳаҷм беназир буда, метавонанд барои истеҳсоли неруи барқ истифода шаванд; айни замон тақрибан 4–5 % аз иқтидори умумии онҳо истифода шуда истодааст» [79, 80].

Рушди истеҳсоли гармидиҳӣ бо истифода аз ангишт метавонад ҳамчун маҳаки ғардиҳанда ба соҳаи гидроэнергетика хизмат кунад ва қисман камбуди неруи барқро дар давраи тирамоҳу зимистон ҷуброн намояд. Дар оянда чунин нақшо дигар манбаъҳои барқароршавандаи энергия низ иҷро карда метавонанд.

«Аз рӯйи маҷмӯи захираҳои гидроэнергетикӣ Ҷумҳурии Тоҷикистон дар ҷаҳон ҷойи ҳаштумро ишғол мекунад (ҷадвали 2.5), аз ҷиҳати нишондиҳандаи захира ба ҳар нафар тақрибан 87,8 ҳазор кВт·соат дар як сол яъне ҷойи дуюм, ва аз ҷиҳати иқтидори мушаххас ба як километр квадратӣ тақрибан 3,62 млн кВт·соат/1 км² яъне ҷойи якумро дар рейтингҳои ҷаҳонӣ дорад» [81]. «Аз ҳаҷми умумии дарёҳои минтақа, ки ҷараёни он тақрибан 115 км³ аст, 64 км³ дар ҳудуди Тоҷикистон ҷойгир шудааст» [82, 83]. «Агар ҷараёни транзитии дарёи Сирдарёро ҳисоб кунем, ҳаҷми умумии захираҳои обии мавҷуда тақрибан ба 80 км³ мерасад, ки ин наздики 70 % захираҳои обии тамоми минтақа мебошад» [84, 85].

Иқтидори умумии захираҳои гидроэнергетикӣ дар Тоҷикистон тақрибан 527,06 млрд кВт·соат дар як солро ташкил медиҳад, дар ҳоле ки сатҳи воқеии истифодаи онҳо аз 4–5 % зиёд нест. Тақрибан нисфи ин ҳаҷм беш аз 280 млрд кВт·соат дар як сол аллакай дар ҳоли ҳозир метавонад ҳамчун техникӣ амалӣ ва аз ҷиҳати иқтисодӣ мувофиқ барои истифода бо назардошти рушди технологияҳои муосир баррасӣ шавад.

«Бояд қайд намуд, ки захираҳои гидроэнергетикӣ, ки барои истифода дар Тоҷикистон мувофиқанд, тақрибан ду баробар аз ҳаҷми умумии истеҳсоли барқ дар тамоми минтақаи Осиёи Марказӣ зиёд аст, ки тақрибан

150 млрд кВт·соат дар як солро ташкил медиҳад, ва баробар ба 60 % истеъмоли умумии захираҳои ибтидоии энергетикӣ дар минтақа, аз ҷумла ангишт, нафт ва гази табиӣ мебошад» [86]. Ғайр аз ин, иқтидори гидроэнергетикӣ дорои паҳншавии баланди ҷуғрофӣ буда, дар дарёҳои хурду калони кишвар мавҷуд мебошад.

Ҷадвали 2.5. - Захираҳои иқтидори гидроэнергетикии Ҷумҳурии Тоҷикистон

Дарёҳо ва Кӯлҳо	Иқтидори солона, МВт	Истеҳсоли солона, Млрд.кВт.соат	Нисбат ба ҳаҷми умумӣ, %
Панҷ	14030	122,90	23,2
Ғунт	2260	19,80	3,73
Бартанг	2969	26,01	4,93
Ванҷ	1191	10,34	1,96
Язғулом	845	7,40	1,39
Қзилсу	1087	9,52	1,78
Вахш	28670	251,15	48,00
Кофарнихон	4249	37,22	7,00
Кули Қара-Қул	103	0,90	0,17
Сурхандарё	628	5,50	1,03
Зарафшон	3875	33,94	6,38
Сирдарё	260	2,28	0,43
Ҳамагӣ	60167	527,06	100,00

Дар ҷадвалҳои 2.6 ва 2.7 ва дар расмҳои 2.3 ва 2.4 маълумот дар бораи захираҳои гидроэнергетикии Тоҷикистон бо назардошти категорияҳо ва нуругоҳҳои барқии обии мавҷуда оварда шудаанд.

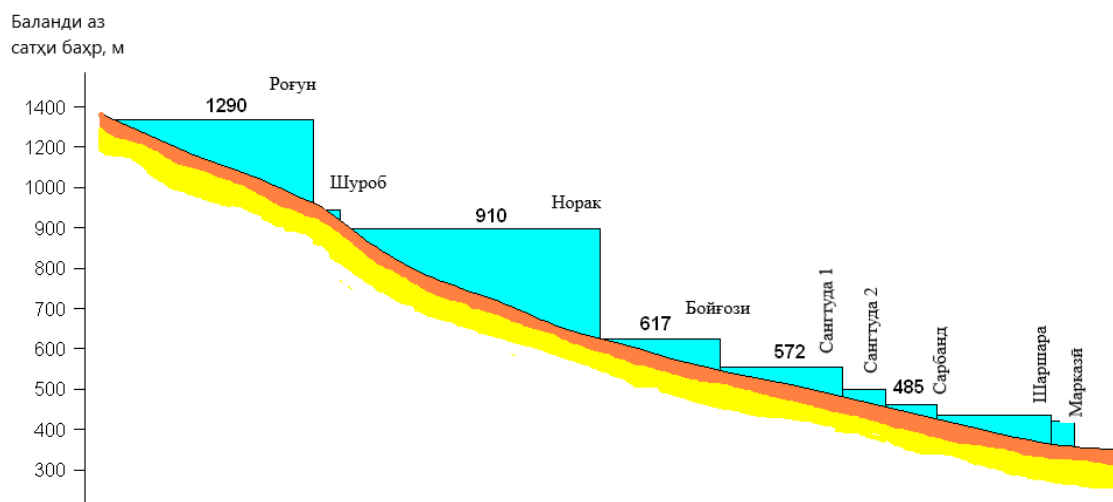
Ҷадвали 2.6. - Захираҳои гидроэнергетикии Тоҷикистон бо назардошти категорияҳо

Минтақа	Захираҳои саноатӣ		Захираҳои эҳтимолӣ					
	МВт.с	Э, ТВт.с	Дарёҳои калон		Резиш, L >10км		Резиш L <10км	
			N, МВт.с	ТВт.с	N	МВт.с	Э	Э, ТВт.с
Суғд	1590	13,93	544	13,52	1303	11,4	1288	11,28
НТЧ ва Хатлон	17709	155,13	22744	99,24	974	4,81	16056	40,65
ВМКБ	5884	51,54	6990	1,23	555	2,38	3713	2,53
Ҳамагӣ	25183	220,6	31278	74,0	832	8,61	21057	84,46

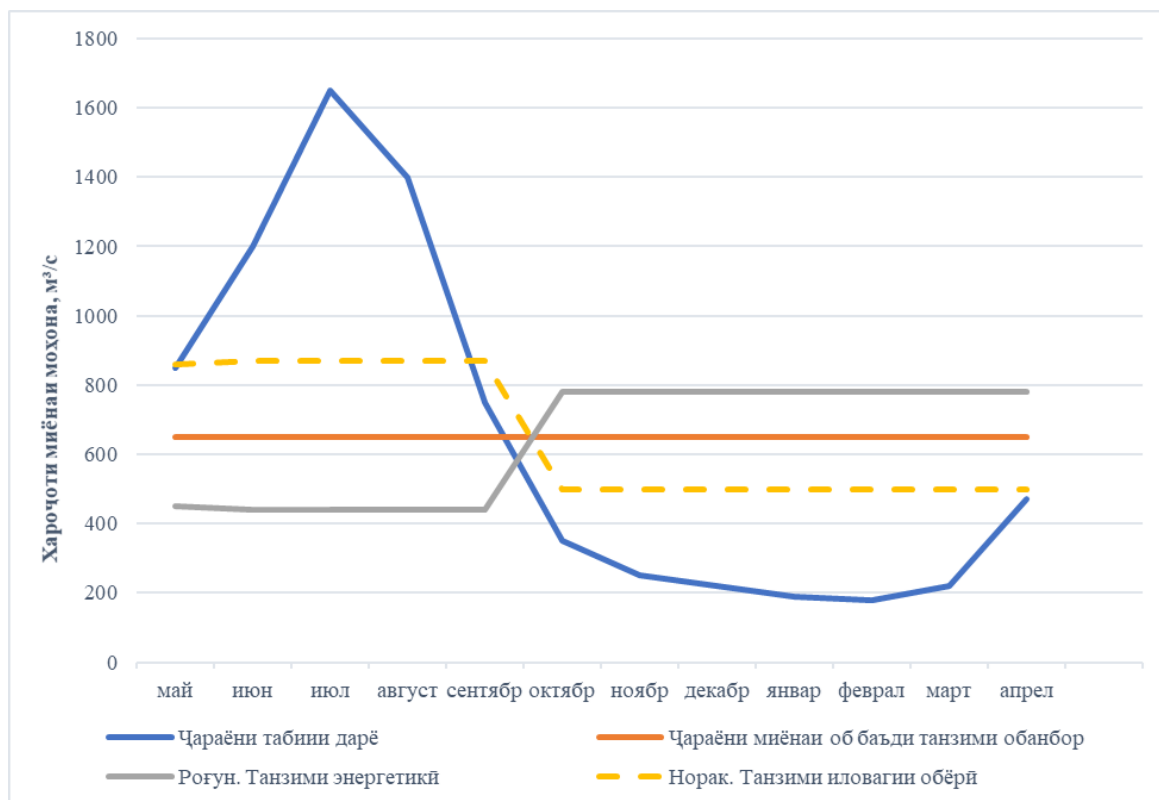
Ҷадвали 2.7. - Неругоҳҳои барқи обии мавҷуда

Номҳои неругоҳҳои барқи обии мавҷуда	Иқтидори насбшуда, МВт
НБО-и Роғун	400
НБО-и Норақ	3000
НБО-и Сангтӯда -1	670
НБО-и Бойғозӣ	600
НБО-и Сангтӯда -2	220
НБО-м Қайроқум	126
СНБО-и Вахш	285,05
Аз он ҷумла:	
НБО-и Сарбанд	240
НБО-и Шаршара	29,95
НБО-и Марказӣ	15,1
СНБО-и Варзоб	25,43
НБО-и Помир	28
НБО-и Хоруғ	8,7
НБО-и Тоҷикистон	1,5
НБО-и Себзор	11

Профили тӯлонии силсилаи неругоҳҳои барқи обии Вахш



Расми 2.3. - Тасвири нақшаи дарозии каскади дарёи Вахш



Расми 2.4. - Танзими каскадии чараёни оби обанборҳои Норак ва Роғун дар соли бо обрави миёна

Қайд бояд кард, ки дар тӯли ду даҳсолаи охир ҳаҷмҳои истеҳсоли электроэнергия дар Ҷумҳурии Тоҷикистон умуман дар сатҳи устувор қарор доранд. Таъмини солонаи кишвар бо неруи барқ тақрибан ҳудуди 18–20 млрд кВт·соат арзёбӣ мешавад, дар ҳоле ки истеҳсоли воқеӣ тақрибан 20–24 млрд кВт·соат дар як солро ташкил медиҳад. Дар натиҷа, камбудии неруи барқ, ки тақрибан 5 млрд кВт·соат дар як солро ташкил медиҳад, ба вучуд меояд.

Ин камбудиро бештар дар давраи тирамоҳу зимистон ба таври шадид намоён мешавад, ки зарурати ҷорӣ кардани маҳдудиятҳои солона оид ба истеъмоли барқ дар моҳҳои октябр - апрелро тақозо мекунад. Ҳамзамон, дар давраи тобистон ҳаҷмҳои истеҳсоли неруи барқ дар кишвар одатан аз талаботи дохилӣ бештар мебошанд, ки ба нобаробарии мавсимии байни истеҳсол ва истеъмол ишора мекунад.

2.5. Захираҳои манбаъҳои барқароршавандаи энергия

Ҷумҳурии Тоҷикистон дорои иқтидори назаррас дар як қатор самтҳои истифодаи манбаъҳои барқароршавандаи энергия мебошад.

«Энергетикаи офтобӣ. Давомнокии шуои офтоб дар каламрави ҷумҳури ба ҳисоби миёна аз 2000 то 3000 соат дар як солро ташкил медиҳад, ки барои рушди энергетикаи офтобӣ заминаи воқеӣ фароҳам меорад. Бо вучуди дорои иқтидори баланди табиӣ, амалӣ гардонидани он бо як қатор омилҳои иқтисодӣ, инфрасохторӣ ва технологӣ маҳдуд карда мешавад. Бо мақсади васеъ кардани истифодаи неруи офтоб ва инчунин дастгирии гурӯҳҳои осебпазирӣ аҳоли, муассисаҳои тандурустӣ ва таълимӣ, манзилҳои ветерани ҷанг ва меҳнат, дар солҳои 2009–2014 бо дастгирии давлат дар 13 адад ноҳияҳои дурдаст аз марказҳои маъмурӣ 2433 насбҳои офтобӣ бо тавоноии умумии 88,7 кВт насб гардиданд» [87].

«Илова бар ин, Вазорати энергетика ва захираҳои оби Ҷумҳурии Тоҷикистон бо ҳамкории мутахассисони Бонки Осиёи Рушд як тадқиқоти мукаммали имкониятҳои насби панелҳои офтобӣ дар маҳаллаҳои дурдастро анҷом дод. Ба натиҷаи арзёбӣ барои 138 деҳа асоснокии техникаю иқтисодӣ оид ба насби системаҳои энергияи офтобӣ таҳия гардид» [87].

«Энергетикаи бодӣ. Энергияи бодӣ ба гурӯҳи маъруфи манбаъҳои ғайрианъанавии барқароршавандаи энергия тааллуқ дорад, ки истифодаи самараноки он танҳо дар ҳолати суръати миёнаи солонаи бод на камтар аз 5 м/с имконпазир аст. Дар доираи лоиҳаҳои пилотӣ дар маҳаллаҳои Учкул, Мискинобод ва Бунгакиёни ноҳияҳои Шамсиддин Шохин ва Файзобод, бо иштироки ташкилотҳои байналмилалӣ, ҚСҚ «Барқи Тоҷик» ва бахши хусусӣ, 9 адад турбинаҳои бодӣ бо тавоноии умумии 5,1 кВт насб карда шуданд» [87].

«Арзёбии иқтидори МБЭ. Барои муайян намудани пойгоҳи захиравӣ ва иқтидори манбаъҳои барқароршавандаи энергия аз маълумоти гидрологӣ оид ба ҳавзҳои рӯдхонаҳо, маълумотҳо оид ба иқтидори офтоб, бод ва геотермалӣ, инчунин маводи стансияҳои метеорологӣ ва нуқтаҳои мушоҳида истифода карда шуданд. Натиҷаи ҳисобҳои пешакии омили захираҳои манбаъҳои барқароршавандаи энергия дар Тоҷикистон дар ҷадвали 2.8 оварда шудааст» [87].

Чадвали 2.8. - Захираҳои манбаъҳои барқароршавандаи энергия дар Ҷумҳурии Тоҷикистон (млн. тонна сӯзишвории шартӣ)

Захираҳо	Иқтидори умумӣ	Иқтидори техникӣ	Иқтидори иқтисодӣ
Гидроэнергетика	179,2	107,4	107,4
НБО-и хурд	62,7	20,3	20,3
Энергияи Оғтобӣ	4790,6	3,92	1,49
Энергияи биомаса	4,25	4,25	1,12
Энергияи шамолий	16,3	10,12	5,06
Энергияи геотермалӣ	0,04	0,04	0,04
Ҳамагӣ (бе НБО-и калон)	5020,595	38,63	27,95

2.6. Таҳия ва асосноккунии дастгоҳи хунуккунии панелҳои офтобӣ барои баланд бардоштани самаранокии онҳо дар шароити тағйирёбии иқлим

Дар кори диссертатсионии мазкур, ки дар қатори дигар самтҳои таҳқиқотӣ, яке аз бахшҳои асосиро ба таҳия ва асосноккунии илмӣ дастгоҳи хунуккунии панелҳои офтобӣ бо мақсади баланд бардоштани самаранокии онҳо дар шароити тағйирёбии иқлим равона намудем.

Тағйирёбии иқлим бо баланд шудани ҳарорати муҳити атроф, хусусан дар фасли тобистон, ҳамроҳ мешавад. Дар зери таъсири нурҳои офтоб ҳангоми табдил додани энергияи офтоб ба барқ панелҳои офтобӣ гарм мешаванд. Дар ҷумҳурии Тоҷикистон, аз ҷумла дар қисми зиёди ноҳияҳои Вилояти Хатлон, дар тобистон аз сабаби ҳарорати баланд коҳиши истеҳсоли неруи барқ аз ҷониби батареяҳои офтобӣ мушоҳида мешавад, ки кори бефосилаи онҳоро мушкул мекунад.

Солҳои охир дар натиҷаи тағйирёбии иқлим на танҳо дар Ҷумҳурии Тоҷикистон, балки дар дигар кишварҳо низ дар системаҳои энергетикӣ ҳолатҳои фавқуллода зиёд гардида, ба низоми ғайридавлатии таъминоти барқи истеъмолкунандагон оварда мерасонанд. Ҳангоми баланд шудани ҳарорати панелҳои офтобӣ, ки дар фазои кушод насб карда шудаанд ва ба радиатсияи мустақими офтоб дучор мешаванд, то 50-55 °C коэффитсиенти амали ғоиданокии онҳо (КПД), алахусус дар ноҳияҳои вилояти Хатлон, ба таври назаррас коҳиш меёбад.

Бояд қайд кард, ки ҳарорати номиналии кори панелҳои офтобӣ 25-30 °C аст, яъне онҳо барои фаъолият дар шароити ҳарорати мӯътадил пешбинӣ шудаанд. Бо баланд шудани ҳарорат аз ин арзишҳо, самаранокии панелҳои офтобӣ ба таври назаррас коҳиш меёбад.

Дар фасли баҳор ва тирамоҳ, одатан, кунчи оптималии майл кардани панелҳои офтобӣ, ки ба паҳноӣ чуғрофии маҳал баробар аст, интиҳоб карда мешавад. Дар зимистон мавқеи офтоб дар осмон аз тобистон фарқ мекунад, аз ин рӯ кунчи панелҳо, ки барои давраи тобистон беҳтарин аст, дар зимистон камтар самаранок аст. Дар фасли зимистон ин кунҷ одатан 10-15 дараҷа кам мешавад.

Дар амал кунчи оптималии нишебии панелҳои офтобӣ барои шароити Ҷумҳурии Тоҷикистон 39-41 дараҷа ро ташкил медиҳад.

Ҳангоми ба сатҳи фотоэлементҳо расидани нурҳои офтоб онҳо метавонанд то ҳарорати 55 °C ва болотар гарм шаванд. Аз ин рӯ, зарурати истифодаи системаҳои гаронбаҳои вентилятсияи фаъол ва моеъҳои махсуси хунуккунӣ, ки барои паст кардани ҳарорати панелҳои офтобӣ то сатҳи оптималӣ пешбинӣ шудаанд, ба миён меояд. Аммо, парадокс дар он аст, ки яқум, чунин системаҳо аз ҷумлаи системаҳои арзон нестанд ва аз ин рӯ арзиши панелҳои фотоэлектрикӣ ба таври назаррас афзоиш медиҳанд ва дуюм, онҳо худ самаранокии умумии қори ин манбаъҳои энергияро коҳиш медиҳанд.

Намунаи конструктиви батареяҳои офтобӣ, ки аз ҷониби олимони донишгоҳи Стэнфорд дар Калифорния пешниҳод шудааст, маълум аст [88], ки ба туфайли истифодаи системаи нисбатан соддаи хунуккунии ғайрифавол мушкilotи гармиро пешгирӣ мекунад. Моҳияти технология дар он аст, ки панелҳои офтобӣ бо қабати тунуки шишаи кварц, ки аз сохторҳои конусӣ ва пирамида иборат аст, пӯшонида мешаванд, ки самти ҷараени радиатсияи гармии инфрасурхи номатлубро тағир медиҳанд. Аз рӯи батареяҳои офтобӣ инъикос ёфта, нурҳои инфрасурх ба қайҳон бармегарданд ва ба паст шудани ҳарорати батареяҳо мусоидат мекунанд. Барои тавлиди энергия мавҷҳои

спектри намоен истифода мешаванд, ки ин қабати тунуки шишаи квартс хуб мегузарад.

Аммо, сохтор як қатор камбудихо дорад. Аввалан, он гармиро самаранок пешгирӣ мекунад, аммо ба хунуккунии ғайрифаъл панелҳои офтобӣ мусоидат намекунад. Дуюм, татбиқи чунин технология арзиши панелҳои офтобиро хеле зиёд мекунад.

Системаи хунуккунии ғайрифаъл, ки аз ҷониби муҳаққиқони Донишгоҳи илм ва технологияи ба номи Шоҳ Абдуллоҳ (KAUST) дар Тувал таҳия шудааст, маълум аст [89], ки ҳарорати панелҳои офтобиро паст мекунад, ҳосилнокӣ ва умри онҳоро зиёд мекунад. Дастгоҳ маводи таркибиро аз хлориди литий (LiCl) ва кислотаи полиакрилии натрий истифода мебарад. Ин қабати гигроскопӣ шабона намиро аз ҳаво ҷаббида, рӯзона онро бухор мекунад ва бидуни истифодаи барқ хунуккуниро таъмин мекунад. Самаранокӣ система нишон дод, ки ҳарорати панелҳо нисбат ба батареяҳои оддии офтобӣ 9,4 °C паст шудааст.

Аммо, сарфи назар аз афзалиятҳо, система якчанд камбудихо дорад. Якум, он аз гармшавӣ танҳо дар муддати кӯтоҳ то пурра бухор шудани намӣ муҳофизат мекунад. Дуюм, истифодаи чунин дастгоҳ боиси гарон шудани арзиши панелҳои офтобӣ мегардад.

Системаи хунуккунии ҳаво [90] маълум аст, ки барои таъмини ҳаво ва хунук кардани панелҳои офтобӣ тавассути қисми қафои онҳо бо конвексияи табиӣ ё маҷбурӣ барои пароканда кардани гармӣ пешбинӣ шудааст. Ҳангоми истифодаи конвексияи табиӣ дар қисми қафои панел радиатори мис ё алюминий насб карда мешавад ё барои беҳтар кардани мубодилаи гармӣ қабурғаҳо илова карда мешаванд. Хунуккунии табиӣ барои насб қулай ва нисбатан арзон аст, аммо самаранокӣ он маҳдуд аст, аз ин рӯ он одатан барои хунук кардани як панел мувофиқ аст.

Камбудии асосии ин система дар он аст, ки барои хунуккунии ҳавои атроф истифода мешавад, ки ҳарорати он дар давраҳои гарм метавонад

баланд бошад ва шиддати радиатсияи офтоб аз суръати хунуккунии табиӣ зиедтар бошад, ки самаранокии системаро коҳиш медиҳад.

Системаи монанд ё шабеҳ (аналог) ва наздиктарин, ки аз ҷониби муаллиф пешниҳодшудааст, системаи хунуккунии об мебошад [90]. Сардшавии об гузаронандагии баланди гармӣ ва оикбанди барқиро байни панели офтобӣ ва муҳити хунуккунӣ таъмин мекунад. Чунин система мубодилаи гармӣ, зарфи об ва клапанҳои пайвастандари дар бар мегирад.

Камбудии хунуккунии об дар он аст, ки шиддати радиатсияи офтоб метавонад аз суръати равандҳои мубодилаи гармӣ дар ивазкуандаи гармӣ зиёд бошад, ки самаранокии хунуккуниро маҳдуд мекунад. Монандии (аналоги) наздиктарини дастгоҳи пешниҳодшуда усул ва дастгоҳи хунуккунии модуҳои фотоэлектрикӣ мебошад [91], ки кубури вурудро бо гузариши дастӣ барои интиқоли моеъи хунуккунӣ, сенсори шиддат, сенсори ҳароратро дар бар мегирад. Фарқияти он дар он аст, ки яке аз сенсорҳои ҳарорат дар қафои модуҳои фотоэлектрикӣ ва дигаре дар сояи онҳо ҷойгир карда шудааст. Ғайр аз он, таҷҳизоти ҳассоскуандаи ҷараён, ҳассосгари шуъоафкании офтобӣ, ҳассосгари суръати шамол, насоси хунуккунӣ (ба кубури воридшавӣ пайвастанда) ва танзимкуандаи мучаҳҳаз аст. Танзимкуандаи коркарди маълумоти ҳассосгари анҷом дода, дар асоси алгоритми муайян сигнали идоракуниро ба насос интиқол медиҳад.

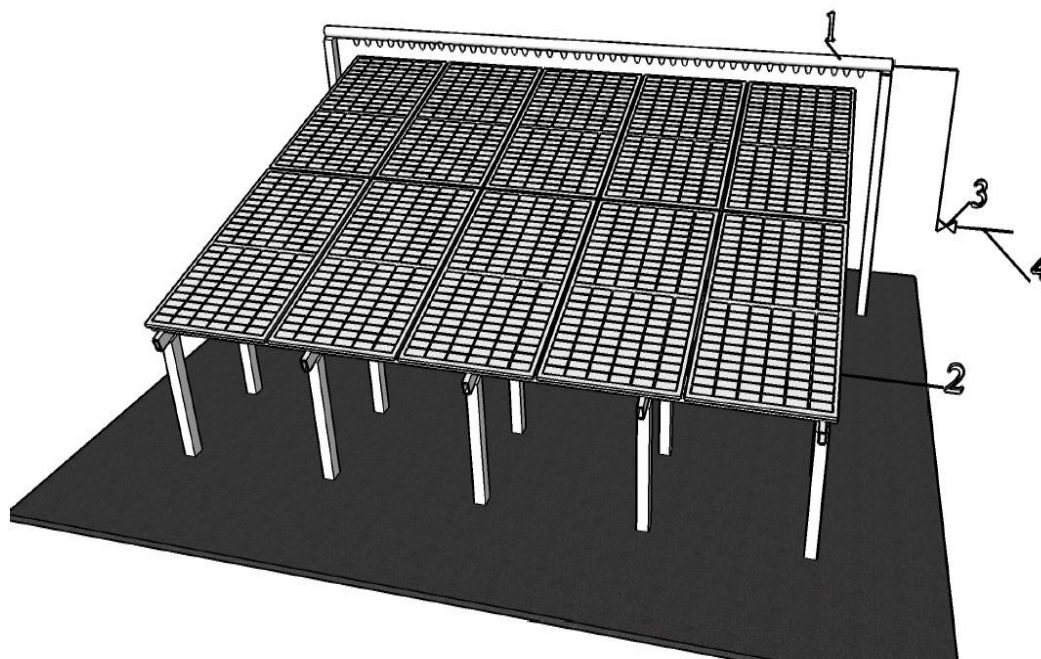
Камбудии ин дастгоҳ дар он аст, ки хунуккунии модули фотоэлектрикӣ ба таври ғайримустақим тавассути камераи хунуккунӣ амалӣ карда мешавад, ки ҳароҷоти энергияро барои амалӣ кардани раванди хунуккунӣ зиёд мекунад ва ба мураккабии сохтори дастгоҳ оварда мерасонад.

Мақсади ихтироъ ин таҳияи тарҳи оддӣ ва арзон барои хунук кардани панелҳои офтобӣ мебошад, ки дар он суръати равандҳои мубодилаи гармӣ аз шиддати радиатсияи офтоб зиедтар буда, кори устувор ва бефосиларо дар шароити тағиребии иқлим ва баланд шудани ҳарорати муҳити атроф таъмин мекунад. Дар расми 2.5 схемаи дастгоҳи хунуккунии панелҳои офтобӣ, ки аз: обпошаки 1 иборат аст, ки кубурест бо сӯроҳиҳо барои пошидани об дар

болои панелҳои офтобӣ 2, насоси фишори пасти об 3 ва кубур барои таъмини об 4 ба насос. Моҳияти ихтироъ дар он аст, ки дастгоҳ аз як обпошак дар шакли кубури 1 иборат аст, ки дар кунҷи 45° нисбат ба панели офтобӣ сӯроҳ карда шудааст, ки бо насоси оби фишори паст 3 ва кубури интиқоли об 4 пайваست карда шудааст, ки мубодилаи гармии конвективиро таъмин мекунад, ки суръати он аз суръати гармидиҳӣ зиёдтар аст.

Дастгоҳи хунуккунии панелҳои офтобӣ ба таври зерин кор мекунад. Барои паст кардани ҳарорат $20-25^\circ\text{C}$ ва баланд бардоштани самаранокии панелҳои офтобӣ, дар болои панелҳо як обпартои иборат аз кубури 1, ки бо кунҷи 45° ба панел сӯроҳ карда шудааст, насб карда мешавад, ки бо насоси фишори пасти 3 ва кубури интиқоли об 4 пайваст аст. Ҳамин тариқ, дар болои панелҳо боронҳои сунъии нозук ба вучуд меоянд, ки ба паст шудани ҳарорат дар сатҳи панелҳои офтобӣ мусоидат мекунанд.

Таъсири техникии дастгоҳи пешниҳодшуда дар он аст, ки хунуккунии панелҳои офтобӣ бо чараени об зудтар сурат мегирад, яъне суръати мубодилаи гармии конвективии чараени об аз суръати мубодилаи гармии молекулавӣ тавассути муҳити ҳаво зиёдтар аст. Инчунин, дастгоҳҳо махсусан дар минтақаҳои ҳарорати баланд ва ғайримуқаррарӣ самаранок мебошанд, ки усулҳои дигар ҳарорати панелҳои офтобиро ба қадри кофӣ паст намеkunанд. Аз ин рӯ, хунуккунии самаранокии панелҳои офтобӣ тавассути таҷҳизот ба баланд бардоштани самаранокии онҳо ва дар натиҷаи афзоиши истеҳсоли неруи барқӣ мусоидат мекунад. Инчунин, барои тоза кардани панелҳо аз чангу ғубор ва таҳшини кӯмак мерасонад, ки ин ба самаранокии умумии система мусоидат менамояд.



Расми 2.5. - Дастгоҳ барои хунук намудани панелҳои офтобӣ

2.7. Рушди гидроэнергетикаи хурд дар Ҷумҳурии Тоҷикистон

Таърихи рушди гидроэнергетикаи хурд дар ҳудуди Ҷумҳурии Тоҷикистон аз соли 1913 оғоз мегардад. Маҳз дар ҳамин сол, дар қисми баландкӯҳи ҷумҳурӣ шаҳри Хоруғ, аз ҷониби сардори қисми низомии наздисарҳадӣ, подполковник Г. А. Шпилько аввалин неругоҳи хурди барқи обӣ бунёд ва ба истифода дода шуд [92].

Рушди муназзам ва низомманди соҳаи энергетикаи ҷумҳурӣ танҳо аз солҳои 1930-юм оғоз ёфт. Ҳамин тариқ, соли 1928 дар Тоҷикистон ҳамагӣ чанд неругоҳи дизелӣ бо иқтидори умумии тақрибан 690 кВт фаъолият мекарданд ва сатҳи истеъмоли неруи барқ аз 1 кВт·соат дар як сол ба ҳар сари аҳоли зиёд набуд. Марҳилаи муҳим дар рушди соҳа соли 1937 ба истифода додани аввалин неругоҳи барқи обии саноатӣ – НБО-и Варзоб-1 бо иқтидори 7,1 МВт ба шумор меравад, ки то имрӯз низ бомуваффақият фаъолият дорад.

Пас аз анҷоми Ҷанги Бузурги Ватанӣ рушди гидроэнергетика такони иловагӣ гирифт. Соли 1946 дар шаҳри Хоруғ НБО-и Хоруғ бо иқтидори насбшудаи 936 кВт ба истифода дода шуд. Соли 1949 навбати аввал ва соли 1952 сохтмони пурраи НБО-и Варзоб-2 бо иқтидори 15 МВт ба анҷом расид.

Ҳамон сол НБО-и Варзоб-3 бо иқтидори 3,5 МВт ба кор даромад. Соли 1955 сохтмони НБО-и Шаршара бо иқтидори 29 МВт оғоз ёфта, ҳамзамон НБО-и Марказӣ бо иқтидори 15,1 МВт бунёд гардид [92].

Рушди гидроэнергетикаи хурд ҳамчун самти мустақили соҳа дар солҳои 1949-1950 ҷангоми таҳияи «Нақшаи истифодаи захираҳои гидроэнергетикӣ чараёнҳои хурди об барои барқдиҳии хоҷагии қишлоқи ҶШС Тоҷикистон» расман асоснок карда шуд. Ҳадафи асосии ин ҳуҷҷат таъмин намудани барқикунони ҳамаҷонибаи минтақаҳои деҳоти ҷумҳурӣ буд. Нақша таҳқиқу омӯзиши муфассали маҷроҳои хурди обиро дар бар гирифта, аз лиҳоли техникӣ қобили дастраси буда, барои истифодаи самаранокии захираҳои гидроэнергетикӣ мувофиқ арзёбӣ мегардад. (ҷадвали 2.9).

Татбиқи амалии Нақша ҳамзамон бо таҳияи он оғоз ёфт. Аллақай то соли 1958 дар қаламрави ҷумҳурӣ 53 неругоҳи хурди барқи обӣ бо иқтидори умумии насбшудаи тақрибан 12 МВт фаъолият мекарданд, ки марҳилаи муҳим дар ташаккули низоми ғайримарказонидашудаи таъминоти барқ барои ноҳияҳои деҳот ба ҳисоб мерафт.

Ҷадвали 2.9. - Нишондиҳандаҳои асосии «Нақшаи истифодаи захираҳои гидроэнергетикӣ обчараёнҳои хурд барои барқикунони хоҷагии қишлоқи ҶШС Тоҷикистон» (Солҳои 1949–1950)

Ноҳияҳо	Захираҳои иқтидорӣ	Имконияти истифодашаванда		Ба истифода пешбинишуда	
	N _{сумм.} ҳаз кВт.	Шумораи НБО-ҳо	N _{сумм.} ҳаз кВт.	Шумораи НБО-ҳо	N _{сумм.} ҳаз кВт.
Гуруҳи ленинобод	2120,00	555	111,5	119	31,4
Гуруҳи чанубӣ	457,76	52	16,67		
Гуруҳи сталинобод	4002,27	177	151,67		
Гуруҳи Кӯлоб	726,36			141	44,06

Бо вуҷуди ин, дар давраи сохтмон ва ба истифода супоридани онҳо ин иншоот ҳамчун объектҳои калони саноатии энергетикӣ баррасӣ мегардиданд.

Аз солҳои 1960-ум сар карда, вобаста ба бознигарии сиёсати энергетикӣ ва равона гардидани он ба рушди энергетикаи калони мутамарказ, барномаи

сохтмони неругоҳҳои хурди барқи обӣ дар ҷумҳури ва дар маҷмӯъ дар ҳудуди Иттиҳоди Шӯравӣ, амалан қатъ карда шуд. Дар натиҷа, то аввали солҳои 1990-ум аз шумораи умумии НБО-ҳои хурди қаблан сохташуда ҳамагӣ панҷ неругоҳ дар ҳолати истифода боқӣ монда дар ҷадвали 2.10 пешниҳод мегардад.

Марҳилаи нави таваҷҷуҳ ба рушди гидроэнергетикаи хурд дар Тоҷикистон дар ибтидои солҳои 1990-ум оғоз ёфт.

Дар давраи солҳои 1994–1999 бо истифода аз сармоягузориҳои мутамарказ ва маблағҳои худии ШСХК «Барқи Тоҷик» неругоҳҳои хурди барқи обии зерин сохта ва ба истифода дода шуданд:

- НБОХ «Техарв» бо иқтидори 360 кВт дар ВМКБ (соли 1994);
- НБОХ «Хистеварс» бо иқтидори 630 кВт дар вилояти Ленинобод (соли 1996);
- НБОХ «Хазара-1» бо иқтидори 250 кВт дар ноҳияи Варзоб (соли 1998);
- НБОХ «Қизил-Мазар» бо иқтидори 70 кВт дар ноҳияи Советӣ (соли 1998);
- НБОХ «Андербаг» бо иқтидори 300 кВт дар ВМКБ (соли 1999);
- НБОХ «Хазара-2» бо иқтидори 250 кВт дар ноҳияи Варзоб (соли 1999).

Ҷадвали 2.10. - Неругоҳҳои барқи обии хурди афзалиятнок дар ВМКБ ((тибқи нақшаи соли 1995, ТаджикГИДЭП))

Ноҳияи ҷойгиршавӣ	Обрав	Номи НБОХ	Қувваи муқарра ршуда, кВт	Истеҳсоли миёнаи солона, млн кВт·соат	Категорияи захира
Ноҳияи Рӯшон	д. Бартанг	НБОХ «Барсем»	500	2,8	Ба истифода пешбинишуда
Ноҳияи Шуғнон	д. Ғунд	НБОХ «Вичкут»	320	1,9	Имкониятдошта барои истифода
Ноҳияи Ишкошим	д. Панҷ	НБОХ «Ямчун»	450	2,5	Ба истифода пешбинишуда
Ноҳияи Мурғоб	д. Мурғоб	НБОХ «Аличур»	280	1,6	Имкониятдошта барои истифода
Ноҳияи Ванҷ	д. Ванҷ	НБОХ «Пайшанбе »	600	3,4	Ба истифода пешбинишуда

Эзоҳ: нишондиҳандаҳои қувва ва истеҳсоли нуруи барқ тибқи маводҳои коркардҳои схемавӣ пешниҳод гардида, дар марҳилаи таҳияи асосноккунии техникаю иқтисодӣ метавонанд дақиқ гарданд.

2.8. Шарҳи категорияҳои захираҳои гидроэнергетикӣ

Тибқи таснифоти дар нақшаи Тоҷик ГИДЭП қабулшуда, захираҳои гидроэнергетикии обравҳои хурд ва миёна ба гурӯҳҳои зерин ҷудо мешаванд:

- **Захираҳои потенциалӣ** – ҳаҷми назариявии энергияе, ки аз обравҳои гирифтани мумкин аст ва танҳо дар асоси хусусиятҳои гидрологӣ муайян карда мешавад, бе ба инобат гирифтани маҳдудиятҳои техникӣ, иқтисодӣ ва экологӣ.

- **Захираҳои имкониятдошта барои истифода** – қисми захираҳои иқтидорӣ, ки истифодаи онҳо аз ҷиҳати техникӣ имконпазир мебошад, аммо татбиқашон сармоягузори назаррас ё таҳлили иловагиро талаб менамояд.

- **Захираҳои ба истифода пешбинишуда** – захираҳое, ки барои онҳо таҳқиқоти ибтидоии нақшавӣ анҷом дода шуда, ҷойи сохтмон (створ), параметрҳои тахминии НБОХ муайян гардидаанд ва онҳо барои татбиқи афзалиятнок, хусусан дар ноҳияҳои кӯҳӣ ва дурдаст тавсия дода мешаванд.

Дар ҳамин давра дар ҳудуди Вилояти Мухтори Кӯҳистони Бадахшон бо дастгирии сармоягузорию Фонди Оғохон як қатор лоиҳаҳо оид ба сохтмони неругоҳҳои барқии обии хурд амалӣ гардонид шуданд. Аз ҷумла, дар солҳои 1997–1999 неругоҳҳои барқии обии хурди зерин ба истифода дода шуданд:

НБОХ «Шипак» (30 кВт), «Ванд» (60 кВт), «Дех» (30 кВт), «Бардара» (50 кВт), «Раумед» (30 кВт), «Яншор» (30 кВт), «Босид» (75 кВт), «Пагор» (100 кВт), «Барчадев» (45 кВт), «Адеших» (30 кВт), «Бодом» (30 кВт) ва «Вездора» (30 кВт).

Татбиқи ин иншоотҳо саҳми муҳим дар рушди таъмини ғайримарказонидашудаи неруи барқ барои маҳалҳои аҳолинишини дурдаст ва кӯҳистони минтақа гузошт.

Марҳилаи муҳими рушди институтсионалии энергетикаи хурд бо тасдиқи қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 3 октябри соли 2006, №449 таҳти унвони «Барномаи дарозмуддати сохтмони неругоҳҳои хурди барқӣ барои солҳои 2007–2020» алоқаманд мебошад. Дар доираи ин барнома

марҳалаҳои афзалиятноки татбиқ ва рӯйхати объектҳои аввалиндараҷаи сохтмони неругоҳҳои барқи обии хурд муайян карда шуданд (ҷадвали 2.11).

Дар натиҷаи татбиқи чорабиниҳои барномавӣ, дар давоми истиқлолият як қатор неругоҳҳои барқи обии хурд сохта шудааст. Ин нишон медиҳад, ки бахши гидроэнергетикаи хурд тадриҷан ҳамчун унсури муҳими таъмини минтақавии неруи барқ рушд меёбад.

Ҷадвали 2.11. - Неругоҳҳои барқи обии хурд (НБО-и хурд) дар Ҷумҳурии Тоҷикистон (шакли пурраи ҷадвал дар замимаи 5 пешниҳод шудааст)

Вилоят	Шумора	Иқтидор, ҳазор кВт.
Хатлон	39	1654
Суғд	82	9044,1
ВМКБ	55	5325
НТМ	129	8836,5
Ҳамагӣ	305	24859,6

2.9. Самаранокии иқтисодии комплекси энергетикӣ ҳамчун омили таъмини рушди устувор

«Дар айни замон низоми миллии энергетикӣ дар шароити норасоии шадиди захираҳои молиявӣ фаъолият намуда, маҷбур аст ин камбудиро тавассути коҳиш додани хароҷот ҷуброн намояд. Хароҷоти воқеии истифодабарӣ дар шароити тарифҳои амалкунанда, ки камтар аз 3 сенти ИМА барои 1 кВт·соат (мувофиқ ба арзиши аслии воқеии ҷорӣ) мебошанд, инчунин дар ҳолати ҳаҷми назарраси қарзҳои дебиторӣ ва кредиторӣ, аз сатҳи аз ҷиҳати иқтисодӣ асоснокшуда ба таври ҷиддӣ поёнтар аст. Аз ин рӯ, чунин нишондиҳандаҳо барои таҳлили дақиқ ва саҳеҳ истифода бурда намешаванд. Илова бар ин, дар соҳаи энергетикаи барқии ҷумҳурӣ усулҳои ягона ва бозғатимоди ҳисобкунии хароҷоти истифодабарӣ вуҷуд надоранд» [93, 94].

Барои гузаронидани таҳлили муқоисавии дуруст арзиши истеҳсоли барқ дар МБГ-ҳо метавонад аз рӯйи маводҳои асосноккунии техникаю иқтисодии Неругоҳи давлатии ноҳиявии (НДН) Фон-Яғноб, ки дар солҳои 1980-ум аз ҷониби «Атомтеплоэнергопроект» таҳия шудааст, муайян карда шавад. Ҳамзамон, ҳамчун мавриди сӯхти асосӣ барои ин МБГ истифодаи ангишти

кони Фон-Яғноб пешбинӣ шуда буд, ки он дар давраи мазкур дар марҳилаи истеъмоли саноатӣ қарор дошт ва то ҳоло идома дорад.

«Натиҷаи ҳисобҳо нишон дод, ки арзиши умумии худии тамоми давраи истеҳсол, ки чудо кардани ангишт, интиқоли он, истеҳсоли барқ ва интиқоли барқ ба истифодабарандагонро дар бар мегирад — дар сатҳи 4,94 сент ИМА барои 1 кВт·соат муқаррар шудааст, ки қисми сӯзишворӣ 1,45 сент барои 1 кВт·соатро ташкил медиҳад.

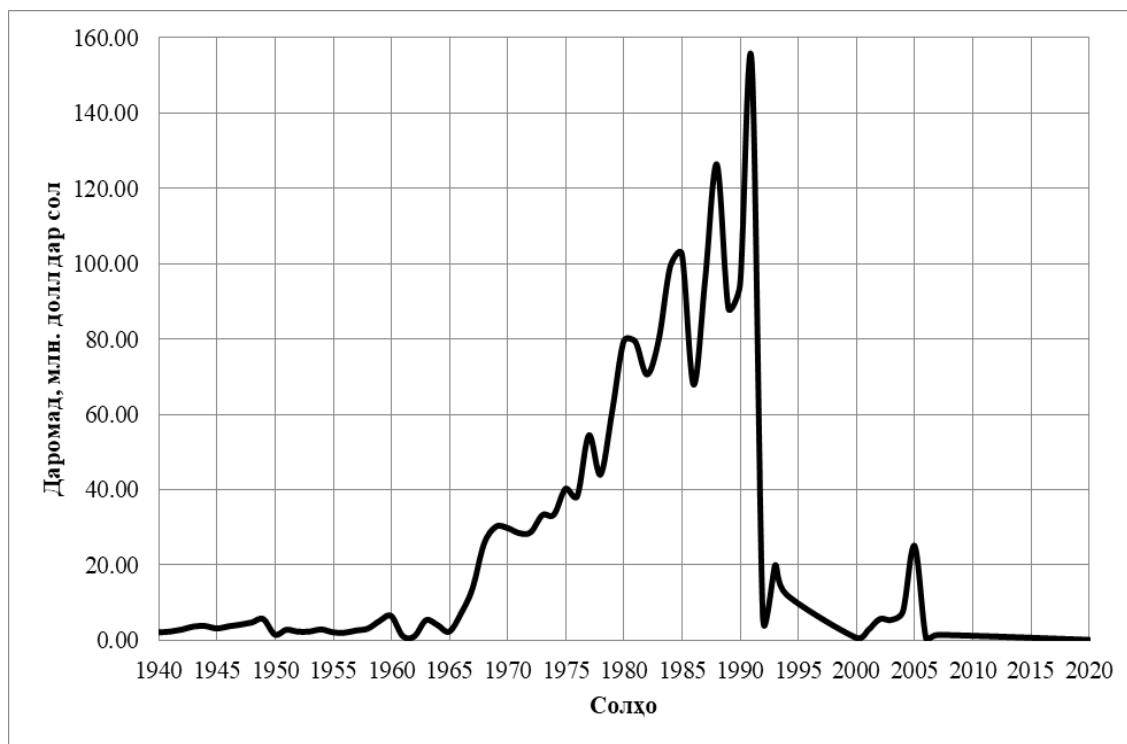
Бояд қайд намуд, ки ҳамаи ҳисобҳои арзиши барқ, ки дар НБО ва МБГ коркард шудаанд, ба солҳои 1980 дахл доранд. Шояд дар шароити муосир арзишҳои номбурда тағйир ёфта бошанд, аммо муносибати онҳо асосан бетағйир мемонанд.

Аз ин рӯ, метавон гуфт, ки ҳоло арзиши воқеии барқи НБО-ҳо дар Ҷумҳурии Тоҷикистон тақрибан панҷ маротиба камтар аз арзиши барқ дар МБГ-ҳои ангиштӣ мебошад. Ин хулоса ҳатто барои он МБГ-ҳо дуруст аст, ки дар сохтмон ва амалиёт хароҷоти назаррас барои рушди иҷтимоӣ ва инфрасохтори кони ангиштро надоштаанд.

Ҳар гуна рушди энергетика сармоягузорӣ барои сохтмони неругоҳҳои нав ва инфрасохторро дар бар мегирад. Дар ҳар сурат, ҳатто ҳангоми истифодаи маблағҳои қарзӣ дар марҳилаи аввал, манбаи чунин сармоягузорӣ метавонад танҳо ғоидаи системаи мавҷуда бошад» [95-98].

Таҷрибаи гузашта нишон медиҳад, ки даромади энергетикӣ Тоҷикистон метавонад барои ин мақсадҳо кофӣ бошад. Масалан, тавре ки дар маълумоти расмӣ нишон дода шудааст (расми 2.6), дар солҳои 1990-ум, вақте ки иқтисодии насбшудаи системаи энергетикӣ дар сатҳи ҳозира буд, даромади солонаи он тақрибан 150 миллион доллари ИМА буд.

Баъзе коршиносон метавонанд фикр кунанд, ки нархҳои кунунии неруи барқ нисбат ба солҳои 1990-ум, вақте ки бахши энергетика нисбатан мӯътадил кор мекард, баландтар аст. Вале чунин муқоиса бидуни ба инобат гирифтани омилҳои макроиқтисодӣ, аз ҷумла сатҳи таваррум ва болоравии арзиши молу хизматрасониҳо, воқеъбин нест.



Расми 2.6. - Даромади (фоидаи) системаи энергетикаи Тоҷикистон

Чунонки дар ҷадвали 2.12 таҳлил гардидааст, аз оғози солҳои 1990 то имрӯз сатҳи умумии нархҳо дар бахши энергетика ҳадди ақал панҷ баробар зиёд шудааст. Бо дарназардошти ин тағйирот, барои барқарор намудани мувозинати иқтисодие, ки ба шароити солҳои 1990 хос буд, тарифҳои амалкунанда бояд мутаносиб гардонида шаванд. Тибқи ҳисобҳои иқтисодӣ, сатҳи асосноки нархи неруи барқ дар чунин ҳолат на камтар аз 5 сент ИМА барои ҳар 1 кВт·соатро ташкил медиҳад.

Асоси энергетикаи саноатии Тоҷикистон ба таври воқеӣ гидроэнергетика мебошад. Ҷумҳурии Тоҷикистон захираҳои саноатии назаррас аз нафт ва гази табиӣ надорад ва захираҳои дуҷумлаи манбаи энергетикӣ (ангишт) дар ҳоли истифодаи солоне тақрибан даҳ маротиба камтар аз иқтидори гидроэнергетикӣ мебошад. Дар чунин шароит, энергетикаи гармидиҳӣ бар асоси ангишт метавонад танҳо ҳамчун компоненти иловагӣ ба баланси энергетикӣ баррасӣ шавад, ки пеш аз ҳама барои баланд бардоштани эътимоднокии таъминоти барқ ва қонеъ кардани камбудии мавсимӣ пешбинӣ шудааст.

Гидроэнергетика, ба фарқ аз гармӣ, амалан ба муҳити зист таъсири ифлоскунанда надорад ва арзиши истеҳсоли неруи барқ дар муқоиса бо

неругоҳҳои ангишт хеле пасттар аст. Таҳлилҳо нишон медиҳанд, ки ҳатто бе хароҷот барои ободонии инфрасохтори кони ангишт, тарифҳои аз ҷиҳати иқтисодӣ асоснок барои барқи истеҳсолшуда дар МБГ-и ангиштӣ 5 маротиба ва бештар аз гидроэлектростансияҳо мебошанд.

Ҳамзамон, гидроэнергетика дар як қатор нишондиҳандаҳои техникаю иқтисодӣ ба энергетикаи гармидиҳӣ дар асоси ангишт самаранокии камтар дорад. Ин гуфтаҳо аз он шаҳодат медиҳад, ки рушди самараноки соҳаи энергетикаи Тоҷикистон ба як барномаи мукамал ниёд дорад, ки афзалияти асосиро дар он истифодаи гидроэнергетика ташкил медиҳад ва истеъсоли неруи барқ бо истифода аз ангишт ҳамчун маъаки ёрикунанда хизмат мекунад.

Хулосаи боби 2

Дар боби мазкур масъалаҳои асосии рушди соҳаи энергетика бо дарназардошти шароити табиӣ, иқтисодӣ ва иқлимии Ҷумҳурии Тоҷикистон таҳлил гардиданд. Натиҷаҳо нишон медиҳанд, ки гидроэнергетика ҳамчун пояи асосии низоми энергетикӣ кишвар мавқеи калидӣ дошта, таъмини амнияти энергетикӣ ва рушди иҷтимоию иқтисодиро таъмин менамояд. Захираҳои бузурги обӣ имконият медиҳанд, ки кишвар дар самти истифодаи манбаъҳои барқароршавандаи энергия мавқеи устуворро нигоҳ дорад.

Ҳамзамон, таҳлил собит намуд, ки ноустувории омилҳои иқлимӣ, тағйирёбии речаи ҷараёни дарёҳо, афзоиши таҳшиншавӣ ва хавфҳои гидрометеорологӣ метавонанд ба самаранокӣ ва устувории дарозмуддати неругоҳҳои барқи обӣ таъсир расонанд. Дар чунин шароит зарурати такмили идоракунии захираҳои обӣ, оптимизатсияи речаи кори обанборҳо ва татбиқи моделҳои муносири арзёбии сценариявӣ ба миён меояд.

«Инчунин дар боби мазкур таҳия ва асосноккунии илмӣ дастгоҳи содда ва камхарҷи хунуккунии панелҳои офтобӣ пешниҳод гардидааст, ки тавассути истифодаи обпошак ва ҷараёни конвективии об ҳарорати панелҳоро то 20–25°C паст намуда, самаранокӣ ва устувории кори онҳоро

дар шароити ҳарорати баланди иқлимӣ, аз ҷумла дар минтақаҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон, ба таври назаррас баланд мебардорад».

«Дар маҷмӯъ, рушди минбаъдаи соҳаи энергетика бояд ба истифодаи самараноки иқтидори гидроэнергетикӣ, диверсификатсияи манбаъҳои истеҳсоли неруи барқ ва ҳамгироии сиёсати энергетикӣ бо талаботи мутобиқшавӣ ба тағирёбии иқлим асос ёбад». Татбиқи чунин равиш метавонад устувории низоми энергетикиро дар дурнамои стратегӣ таъмин намояд.

БОБИ 3. АСОСНОККУНИИ ИҚТИДОРИ ГИДРОЭНЕРГЕТИКӢ ВА ТАЪСИРИ РАВАНДӢОИ ТАҲШИНШАВӢ БА УСТУВОРИИ НИЗОМИ ЭНЕРГЕТИКӢ

3.1. Ҳисоб кардани самаранокии энергетикӣ дарёҳои бузурги

Тоҷикистон

Ҷумҳурии Тоҷикистон, ки дорои захираҳои бузурги обӣ ва имкониятҳои назарраси гидроэнергетикӣ мебошад, дар самти истифодаи самараноки ин захираҳо мавқеи стратегиро ишғол мекунад. Дарёҳои бузурги кишвар, аз ҷумла Амударё, Вахш, Панҷ ва Зарафшон, ҳамчун манбаъҳои асосии истеҳсоли неруи барқ, нақши ҳалкунанда доранд.

Бо вучуди иқтидори бузурги гидроэнергетикӣ, истифодаи пурраи ин захираҳо бо як қатор мушкилот ва омилҳои маҳдудкунанда рӯ ба рӯ мебошад. Яке аз чунин омилҳои муҳим равандҳо ин тағшиншавии хок дар обанборҳо ва иншооти гидротехникӣ мебошанд, ки ба кам шудани ҳаҷми ғоиданоки обанборҳо, коҳиши самаранокии неругоҳҳо ва кӯтоҳ шудани мӯҳлати истифодаи онҳо оварда мерасонанд. Дар натиҷа, устувории низоми энергетикӣ ва самаранокии истифодаи захираҳои обӣ зери таъсири манфӣ қарор мегирад.

Дар ин замина, асосноккунии илмӣ иқтидори гидроэнергетикӣ бо дарназардошти омилҳои гидрологӣ, гидравликӣ ва геоморфологӣ, инчунин баҳодихии таъсири равандҳои тағшиншавӣ ба фаъолияти неругоҳҳои барқӣ обӣ, аҳамияти махсус пайдо мекунад. Аз таҳлили пурраи масъала метавон роҳҳои оптимизатсияи истифодаи захираҳои обӣ ва баланд бардоштани самаранокии энергияро муайян намояд.

Ҳадафи асосӣ ин боб аз таҳқиқ ва асосноккунии иқтидори гидроэнергетикӣ дарёҳои бузурги Тоҷикистон, инчунин арзёбии таъсири равандҳои тағшиншавӣ ба устувории низоми энергетикӣ иборат мебошад. Барои расидан ба ин ҳадаф, вазифаҳои зерин баррасӣ мегарданд: омузиши манбаъҳои гидроэнергетикӣ дарёҳои асосӣ кишвар; таҳлили

нишондиҳандаҳои фаъолияти энергетикӣ; таҳқиқоти равандҳои таҳнишастӣ ва муайян кардани омилҳои эҷодии онҳо; санҷиши оқибатҳои чараёнҳои таҳшиншавӣ дар фаъолияти сохтмонҳои гидроэнергетикӣ; пешниҳоди чораҳои илмӣ-амалӣ барои баланд бардоштани устуворӣ ва самаранокии низоми энергетикӣ.

Ҳамин тариқ, баррасии комплекси масъалаҳои марбут ба иқтисоди гидроэнергетикӣ ва равандҳои таҳшиншавӣ ҳамчун яке аз самтҳои муҳими илмӣ ва амалӣ дар рушди устувори энергетикаи Тоҷикистон арзёбӣ мегардад.

Аз ҷумлаи нуқсонҳои ҷиддии рушди гидроэнергетика метавон тӯлонӣ будани марҳилаи оморасозӣ ва татбиқи лоиҳаҳо ном бурд. Ин раванд иҷрои қорҳои муфассали таҳқиқоти муҳандисӣ, таҳияи ҳуҷҷатҳои лоиҳавӣ ва сохтмони мустақими нерӯгоҳҳои барқӣ обиро дар бар мегирад. Таҷриба нишон медиҳад, ки фосилаи замонӣ аз қабули қарор оид ба сармоягузорӣ то ба истифода додани иншоот одатан аз 10 то 15 сол тӯл мекашад. Чунин давомнокӣ дар баъзе ҳолатҳо ба коҳиш ёфтани бозгашти сармоя ва паст гардидани самаранокии иқтисодии умумии лоиҳа таъсир мерасонад.

Дар чунин шароит вазифаи интихоби асосноки нерӯгоҳҳои барқӣ обии афзалиятнок, ки бояд дар навбати аввал амалӣ карда шаванд ва дорони нишондиҳандаҳои беҳтарини техникӣ-иқтисодӣ мебошанд, аҳамияти калидӣ пайдо мекунад.

Барои Ҷумҳурии Тоҷикистон ҳалли ин вазифа қиёсан имконпазир аст, зеро дар ҳудуди кишвар зиёда аз 80 створ (қитъа)-и пешакӣ таҳқиқшуда мавҷуданд, ки барои сохтмони нерӯгоҳҳои бузурги барқӣ обӣ мувофиқ мебошанд. «Бо дарназардошти он ки дар дурнамои дарозмуддат роҳи оқилонатарин аз худ намудани иқтисоди гидроэнергетикӣ рушди зинавӣ (каскадӣ) ба ҳисоб меравад, чараёни интихоби иншооти афзалиятнокро мувофиқи мақсад аст ба ду марҳила ҷудо намуд: дар марҳилаи аввал муайян намудани дарёҳои аз лиҳози энергетикӣ самаранок, ва дар марҳилаи дуюм, муайян намудани қитъаҳо ва иншооти ояндадори ҷойгиршуда дар онҳо» [143].

«Ба сифати объектҳои таҳқиқот барои рушди энергетикаи саноатӣ се дарёи ҷумхурии интиҳоб карда шуданд: Вахш, Сурхоб ва Обихингоб» [144].

Танҳо минтақаи ҷудогонаи ВМКБ истисно мебошад, ки дар доираи ин таҳқиқот баррасӣ намегардад.

Хусусиятҳои асосии энергетикӣ дарёҳои зикршуда дар замимаҳои 6,7,8,9 оварда шуда, дар расмҳои 3.1–3.11 пешниҳод гардидаанд. Қайд кардан зарур аст, ки чараёнҳои оби баррасишаванда аз рӯйи параметрҳои гидрологӣ ва геоморфологии худ, аз ҷумла баландии мутлақ, миқдори фарқияти баландӣ, дарозӣ аз манбаъ то резишгоҳ, сарфи об ва нишебии тӯлонӣ, ба таври назаррас аз ҳам фарқ мекунанд.

Дар шароити фарқияти назарраси параметрҳои ибтидоӣ, меёри универсалӣ ва объективӣ энергетикӣ барои арзёбии муқоисавӣ қудрати хосси чараёни об ба ҳисоб меравад, ки ҳамчун нисбати иқтидори эҳтимолии дарё ба дарозии он муайян карда мешавад.

Гарчанде, ки параметрҳои конструктивӣ ҳосилшудаи неругоҳҳои барқи обӣ якхелаанд, ки дар шароити муосир ҳам аз ҷиҳати самаранокии захираҳо ва ҳам аз ҷиҳати экологӣ аз онҳо бартарӣ доранд, маҳз қувваи хоси чараёни об қувваи муқарраршуда ва ҳаҷми солони истеҳсоли неруи барқро аз ҷониби неругоҳи барқи обӣ муайян мекунад. Мутаносибан, хароҷоти сармоявӣ барои сохтмони неругоҳ бо самаранокии энергетикӣ он баръакс таносуб дорад, агар зери самаранокии энергетикӣ қудрати хосси дар як воҳиди дарозии дарё фаҳмида шавад.

Арзёбии самаранокии энергетикӣ дарёҳо ба таври зерин анҷом дода шуд: барои ҳар як қитъаи ҷудокардашудаи чараёни об иқтидори эҳтимолии энергетикӣ он N муайян карда шуд:

$$N = 9.81\eta QH \quad (3.1)$$

Дар ин ҷо:

η – коэффитсиенти фоиданокии амал (КФА) = 1,0;

N – иқтидори энергетикӣ дарё, МВт;

Q – сарфи миёнаи оби дарё дар қитъаи баррасишаванда, м³/с;

H – напор (фарқияти баландӣ ё афтодани дарё дар қитъаи баррасишаванда),
м.

Дар асоси маълумоти ҳисобшуда, графикҳои иқтидори ҷамъшавандаи дарё аз манбаъ то резишгоҳ сохта шуданд, ки дар шакли вобастагии

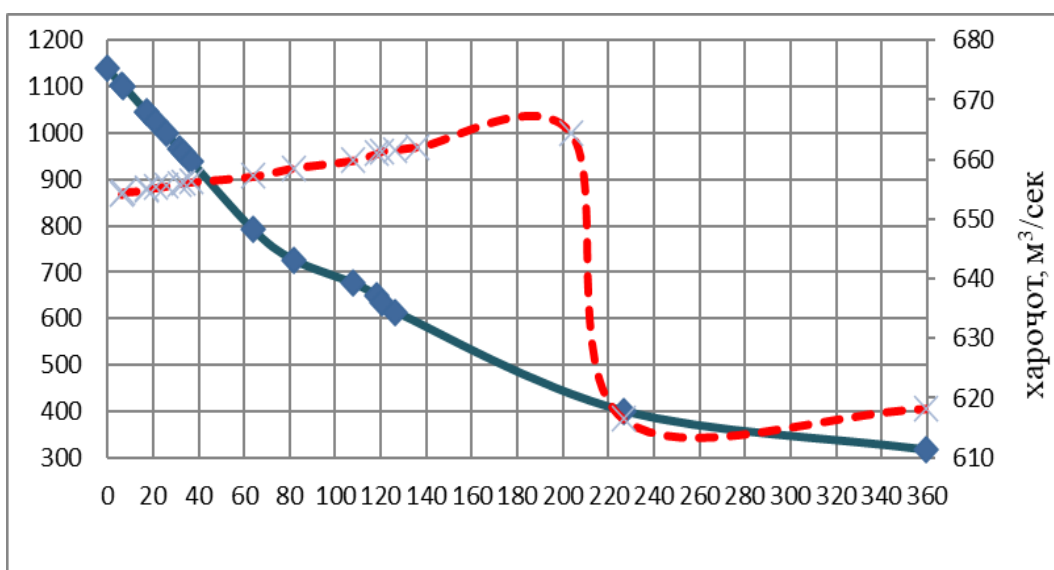
$$\Sigma N = f(L)$$

ки баъдан бо полиномҳои дараҷаи n аппроксиматсия карда шуданд, ки мувофиқати беҳтаринро бо қиматҳои воқеӣ таъмин менамоянд (расми 3.26). Сифати аппроксиматсия бо истифода аз коэффитсиенти детерминация R^2 , ки ҳамчун меъёри асосии дақиқии наздиксозӣ қабул гардидааст, арзёбӣ карда шуд.

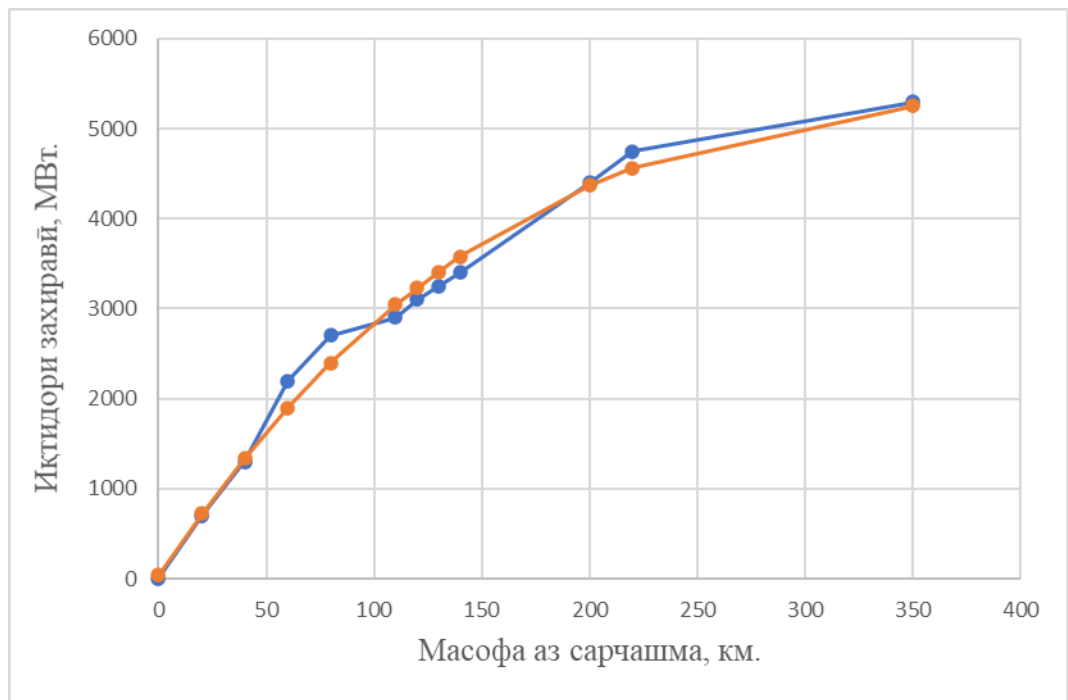
Сипас функсияи аппроксиматсионии ҳосилшуда нисбат ба дарозии ҷараёни об L дифференсиатсия карда шуд, ки дар натиҷа қиматҳои маҳаллии самаранокии энергетикӣ дарё барои қитъаҳои алоҳида муайян гардиданд:

$$df(L)/dL$$

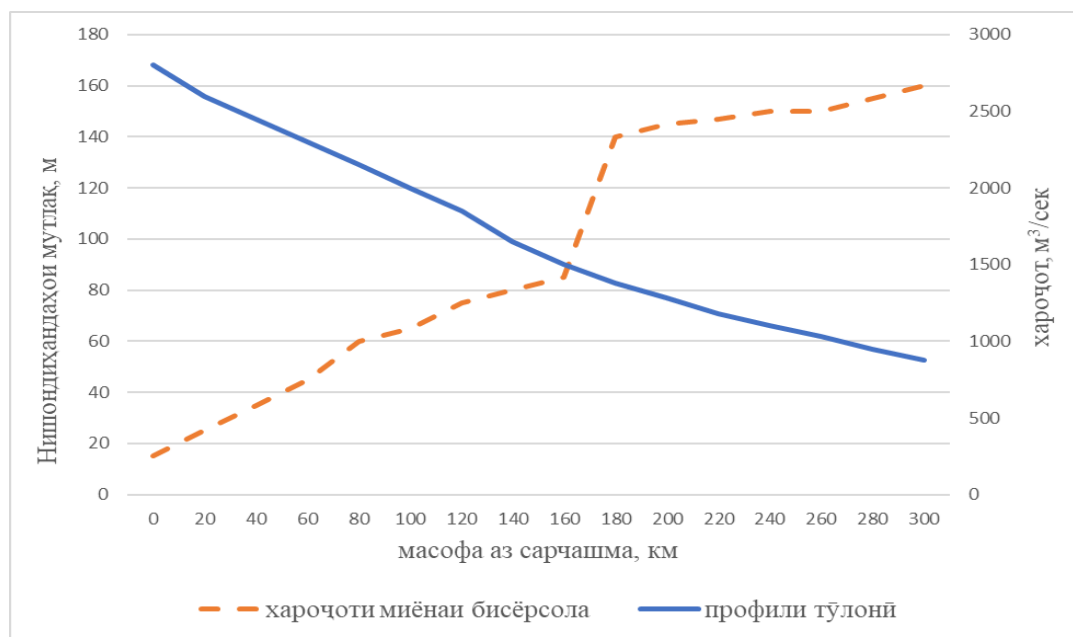
Ҳосилаи бадастомада қудрати энергетикӣ хосси ҷараёни обро ба як воҳиди дарозии он тавсиф намуда, имконият медиҳад қитъаҳои аз лиҳози ҷойгиркунии иншооти гидроэнергетикӣ аз ҷама ояндадори дарёҳоро муайян намуд.



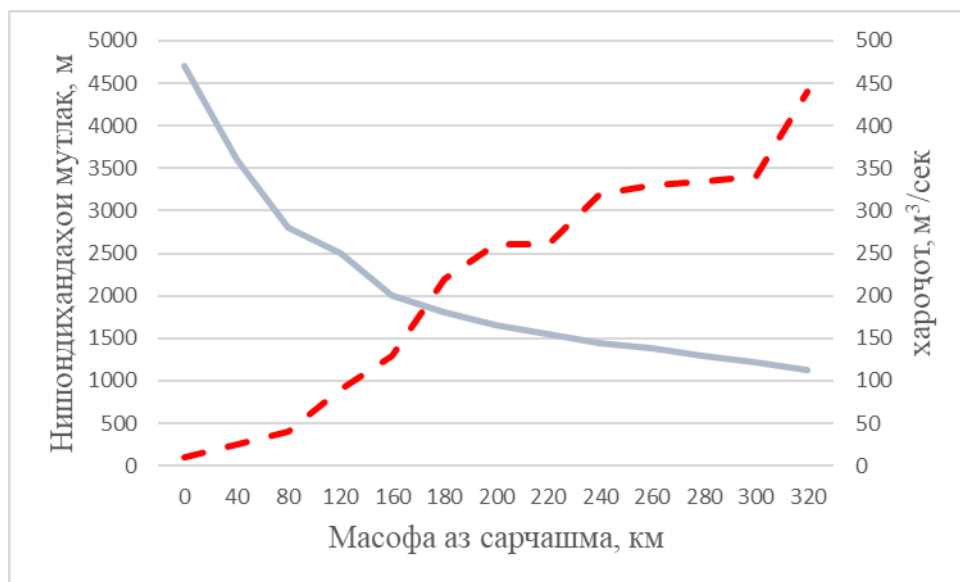
Расми 3.1. - Нақшаи энергетикӣ истифодабарии дарёи Вахш



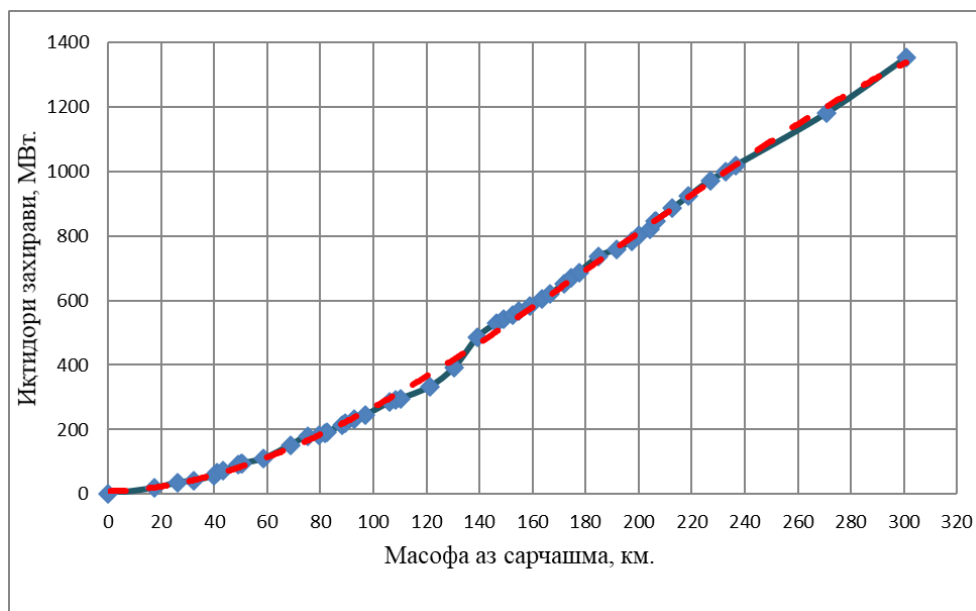
Расми 3.2. - Иқтидори энергетикии дарёи Вахш



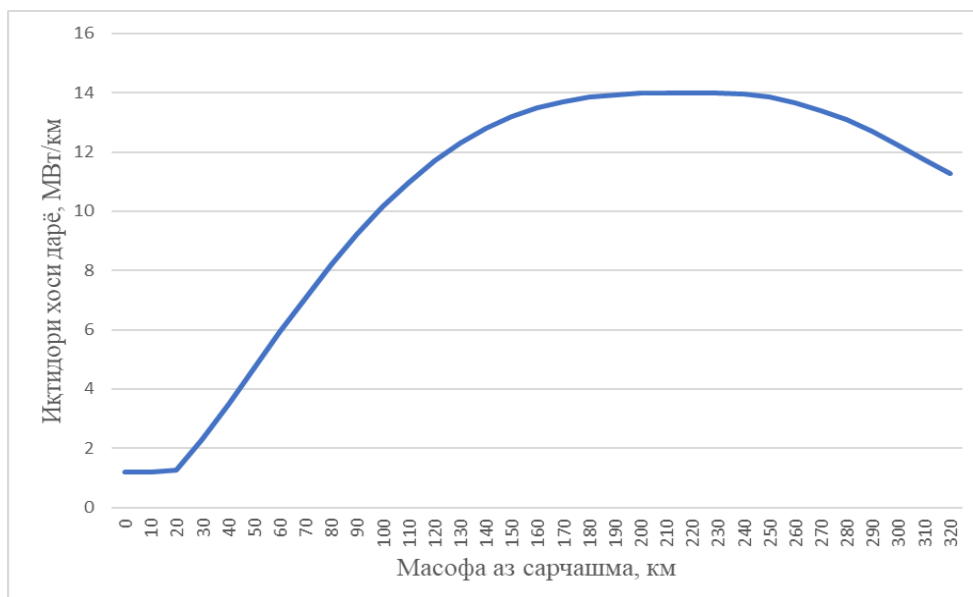
Расми 3.3. - Иқтидори энергетикии хоси дарёи Вахш: dN/dx



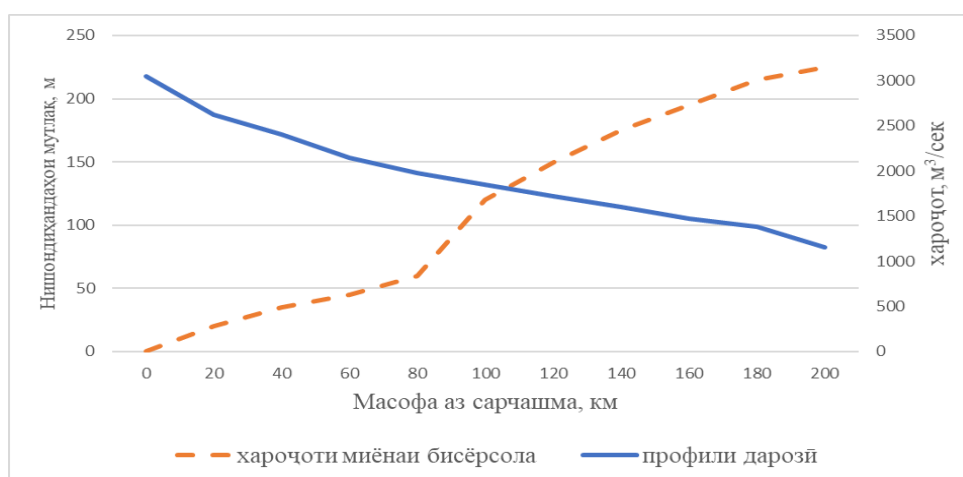
Расми 3.4. - Нақшаи истифодабарии энергетикии дарёи Сурхоб



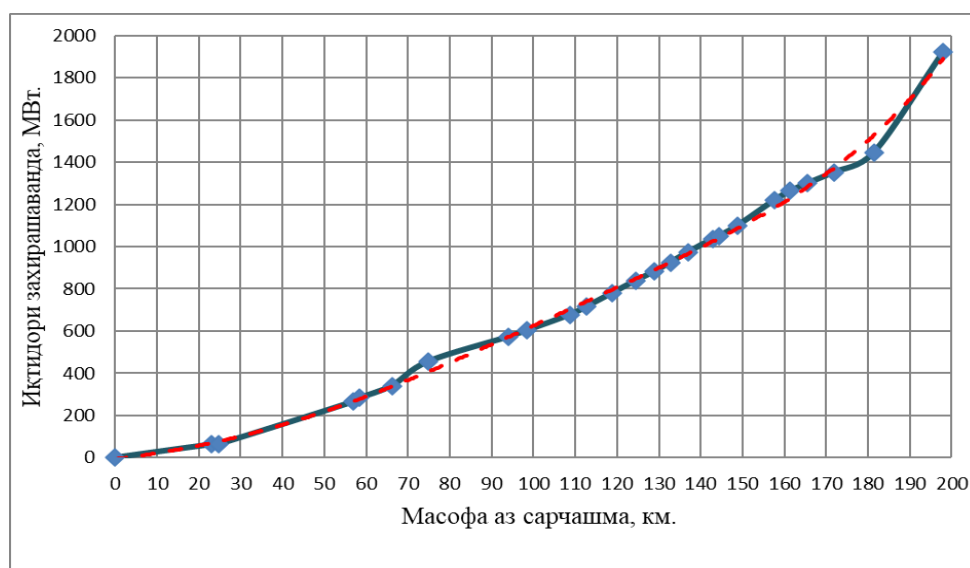
Расми 3.5. - Иқтидори энергетикии дарёи Сурхоб



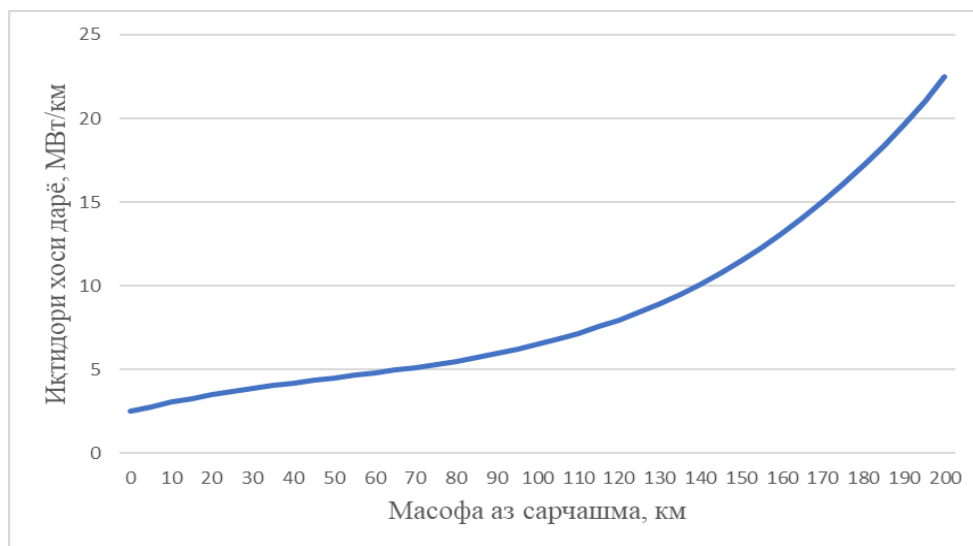
Расми 3.6. - Иқтидори энергетикии хоси дарёи Сурхоб: dN/dx



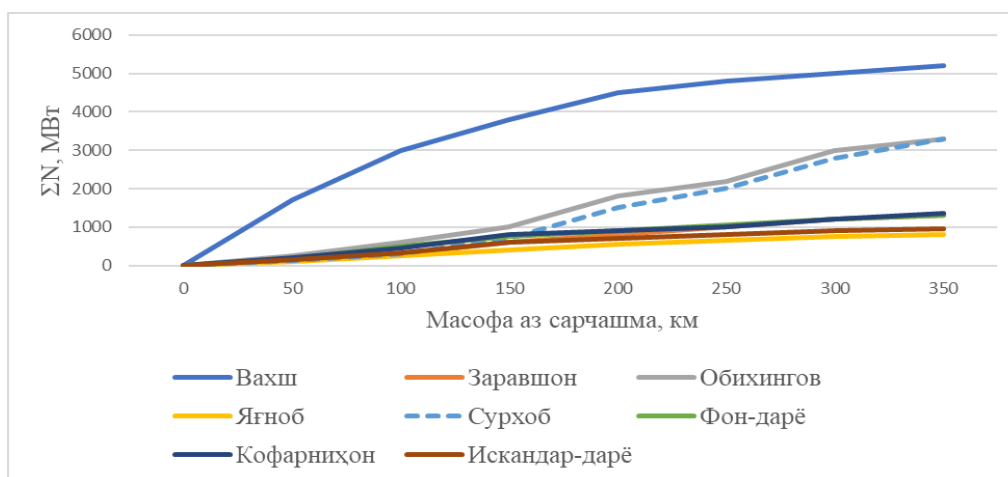
Расми 3.7. - Нақшаи истифодабарии энергетикии дарёи Обихингоб



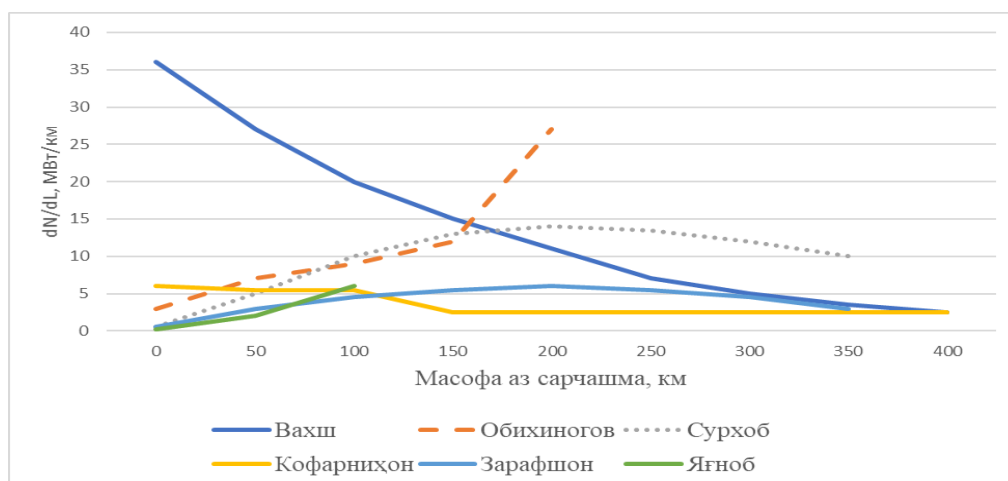
Расми 3.8. - Иқтидори энергетикии дарёи Обихингоб



Расми 3.9. - Иқтидори энергетикии хоси дарёи Обихингоб: dN/dx



Расми 3.10. - Иқтидори энергетикии ҳамаи дарёҳои калони Тоҷикистон



Расми 3.11. - Самаранокии энергетикии дарёҳои бузурги Тоҷикистон, dN/dL , МВт/км
Натиҷаҳои ҳисобҳои самаранокии энергетикии дарёҳо аз рӯи китъаҳо дар расми 3.11 нишон дода ва дар ҷадвали ҷамъбастии 3.1 оварда шудааст.

Чадвали 3.1. - Арзишҳои самаранокии миёнаи энергетикӣ дарёҳои Вахш, Обихингоб ва Сурхоб

Дарё	Вахш	Обихингов	Сурхоб
Dn/dL, МВт/км	14,71	9,97	9,89

Пас аз он дарёҳои Обихингоб ва Сурхоб қарор доранд, ки аз ҷиҳати самаранокии энергетикӣ қариб баробар мебошанд. Дигар дарёҳо аз рӯи ин нишондиҳанда ба таври назаррас аз онҳо қафо мемонанд.

Рӯйхати рейтингӣ ҳамаи дарёҳои тафтишшуда дар чадвали 3.2 оварда шудааст.

Тавре, ки дар боло қайд кардем, самаранокии энергетикӣ дарё ё қитъаи он дар ниҳоят дар қобилияти таъмини қувваи мувофиқи нуруғҳо бо ҳамон қарорҳои техникӣ ва андозаи НБО ифода меёбад, яъне бевосита арзиши сохтмон ва самаранокии иқтисодии лоиҳаҳои НБО муайян карда мешавад.

Чадвали 3.2. – Муқоисаи самаранокии энергетикӣ дарёҳо аз рӯи қитъаҳо

Масофа аз сарчашма (км)	Дарёҳо
0–25 км	Вахш, Фон-Дарё, Кофарниҳон, Искандар-Дарё, Обихингов, Яғноб, Зарафшон, Сурхоб
50–100 км	Вахш, Обихингов, Сурхоб, Кофарниҳон, Зарафшон, Яғноб
100–150 км	Вахш, Сурхоб, Обихингов, Кофарниҳон, Зарафшон
150–300 км	Обихингов, Сурхоб, Вахш, Зарафшон, Кофарниҳон

Маълумоти бадастомада имкон медиҳад, ки таҳлили муқоисавии арзиши нуруғҳои барқи обӣ (НБО)-ро ҳамчун функцияи самаранокии энергетикӣ дарё анҷом дод.

Барои ду нуруғҳои барқи обие, ки дар ду қитъаи дарё бо самаранокии энергетикӣ гуногун сохта мешаванд, чунин қабул мекунем:

$$\mathcal{E}_1/\mathcal{E}_2 = k \quad (3.2)$$

Бигузор дар ин ҳолат дарозии ин ду қитъаи дарё, ки иқтидори энергетикӣ онҳо аз ҷониби ҳар ду НБО азхуд карда мешавад, баробар бошанд. Дар чунин сурат хароҷот барои иншооти сохтмонӣ барои ҳар ду нуруғҳо яхела хоҳад буд, дар ҳоле ки иқтидори ин НБО-ҳо ва арзиши

таҷҳизоти онҳо ба таври мустақим ба самаранокии энергетикии онҳо мутаносиб хоҳанд буд:

$$N_1/N_2 = k \quad (3.3)$$

$$P_1^{\text{таҷҳизот}} / P_2^{\text{таҷҳизот}} = k \quad (3.4)$$

Мо дорем:

$$P_1 = P_1^{\text{таҷҳизот}} + P_1^{\text{КСМ}} \quad (3.5)$$

дар ин ҷо: P_1 ; $P_1^{\text{таҷҳизот}}$; $P_1^{\text{КСМ}}$ – маблағи умумӣ, хароҷоти таҷҳизот ва КСМ барои НБО №1.

Метавон қабул намуд, ки барои ҳар гуна неругоҳи барқи обӣ, ҳамчунон ки барои НБО-ҳои аллакай сохташуда ва дар ҳоли сохтмонбудаи дарёи Вахш, хароҷот барои таҷҳизот 30 фоиз, ва барои корҳои сохтмонӣ-монтажӣ (КСМ) 70 фоизи арзиши умумии НБО-ро ташкил медиҳанд, яъне:

$$P_1^{\text{таҷҳизот}} = \frac{0.3}{0.7} P_1^{\text{КСМ}} = 0.429 P_1^{\text{КСМ}} \quad (3.6)$$

Барои НБО №2 мо низ чунин хоҳем дошт:

$$P_2 = P_2^{\text{таҷҳизот}} + P_2^{\text{КСМ}} = P_1^{\text{таҷҳизот}} / k + P_1^{\text{КСМ}} \quad (3.7)$$

Бо гузоштани арзишҳо ба формулаҳои гирифташуда $P_1^{\text{таҷҳизот}}$, мо ба даст меорем:

$$P_1 / P_2 = \frac{0.429 P_1^{\text{КСМ}} + P_1^{\text{КСМ}}}{0.429 P_1^{\text{КСМ}} / k + P_1^{\text{КСМ}}} = \frac{1.429}{1 + 0.429 / k} \quad (3.8)$$

Яъне арзиши умумии НБО №1 дар:

$$\frac{1.429}{1 + 0.429 / k}$$

арзиши умумии НБО №2 як маротиба зиёдтар аст. Аммо:

$$P_i = p_i N_i \quad (3.9)$$

Дар ин ҷо:

p_i – арзиши хоси сохтмони НБО N_i , дар охир мо:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{1.429}{k(1 + 0.429/k)} = \frac{1.429}{(k + 0.429)} \quad (3.10)$$

Дар баробари ҳисобҳои дар боло зикршуда вобаста ба хароҷот барои иншооти сохтмонӣ, инчунин бояд қайд намуд, ки LCOE (Levelized Cost of Electricity) нишондиҳандаи иқтисодӣ мебошад, ки арзиши миёнаи истеҳсоли 1 кВт·соат неруи барқро дар тамоми давраи хизматрасонии неругоҳ муайян мекунад. Он ҳамаи хароҷотҳоро, аз ҷумла сармоягузорӣ (CAPEX), истифода ва нигоҳдорӣ (M), меёри дисконт ва ҳаҷми истеҳсоли неруро дар бар мегирад ва барои муқоисаи самаранокии иқтисодии лоиҳаҳои энергетикӣ истифода мешавад.

Формулаи умумии LCOE чунин аст:

$$LCOE = \frac{\sum \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum \frac{E_t}{(1+r)^t}} \quad (3.11)$$

ки дар он I_t – сармоягузорӣ, M_t – хароҷоти истифода ва нигоҳдорӣ, F_t – хароҷоти сӯзишворӣ, E_t – ҳаҷми истеҳсоли неру, r – меёри тахфиф (дисконт) ва n – давраи истифода мебошанд.

Барои неругоҳҳои барқи обӣ, ки хароҷоти сӯзишворӣ надоранд, LCOE асосан аз сатҳи сармоягузорию ибтидоӣ ва коэффисиенти истифодаи иқтидор вобаста мебошад. Дар ҳавзаи дарёи Вахш LCOE одатан дар ҳудуди 0.03–0.05 доллар/кВт·соат қарор дорад, ки бо арзиши пасти сохтмон (0.8–1.5 млн доллар/МВт) ва коэффисиенти баланди истифодаи иқтидор (0.45–0.60) шарҳ дода мешавад.

Дар муқоиса, дар дигар дарёҳои Тоҷикистон (Зарафшон, Панҷ, Фон ва минтақаҳои кӯҳӣ) LCOE ба 0.05–0.09 доллар/кВт·соат мерасад, ки 30–80% баландтар мебошад. Ин ба зиёд будани сармоягузорӣ (1.8–3.5 млн доллар/МВт), баланд будани хароҷоти инфрасохторӣ (20–35%) ва паст будани коэффисиенти истифодаи иқтидор (0.35–0.50) вобаста аст.

Ҷадвали 3.3. - Афзоиши миёнаи арзиши сохтмони неругоҳҳои барқи обӣ дар дарёҳои бузурги Тоҷикистон дар муқоиса бо дарёи Вахш

Ҷараёни об	дарёи Вахш	дарёи Обихингов	дарёи Сурхоб	дарёи Фон-Дарё	дарёи Искандар-Дарё	дарёи Зарафшон	дарёи Кофарниҳон	дарёи Яғноб
к	1	0.680	0.670	0.430	0.350	0.290	0.270	0.210
$p_i/p_{\text{Вахш}}$	1	1.290	1.300	1.670	1.830	1.980	2.050	2.250

Дар муқоиса бо ҳавзаи дарёи Вахш, ки яке аз самараноктарин минтақаҳои рушди гидроэнергетика дар Ҷумҳурии Тоҷикистон ба ҳисоб меравад, арзиши воҳидии сохтмони неругоҳҳои барқи обӣ ба таври назаррас паст мебошад. Таҳлилҳо нишон медиҳанд, ки дар ин ҳавза, ба тӯфайли мавҷудияти каскади пуриқтидор (Норак – 3000 МВт, Роғун – 3600 МВт, Сангтӯда-1 – 670 МВт, Сангтӯда-2 – 220 МВт), арзиши миёнаи сохтмон дар ҳудуди 0.8–1.5 млн доллар/МВт қарор дорад. Аз ҷумла, барои НБО-и Роғун ин нишондиҳанда тақрибан 1.1–1.7 млн доллар/МВт ва барои Сангтӯда-1 тақрибан 1.0–1.1 млн доллар/МВт мебошад. Ҳиссаи хароҷоти инфрасохторӣ дар ин ҳавза одатан аз 10–15% зиёд набуда, инчунин коэффисиенти истифодаи иқтидор (capacity factor) дар сатҳи 0.45–0.60 қарор дорад, ки ба паст шудани арзиши ниҳонии истеҳсоли неру (LCOE тақрибан 0.03–0.05 доллар/кВт·соат) мусоидат менамояд [99-102].

Дар баробари ин, дар дигар дарёҳои бузурги Тоҷикистон (Зарафшон, Панҷ, Фон ва минтақаҳои кӯҳии Помир) арзиши воҳидии сохтмон ба 1.8–2.8 млн доллар/МВт ва дар баъзе ҳолатҳо то 3.0–3.5 млн доллар/МВт мерасад. Барои неругоҳҳои миёна ва хурд (10–100 МВт) ин нишондиҳанда аксаран дар сатҳи 2.2–3.0 млн доллар/МВт қарор дошта, хароҷоти инфрасохторӣ метавонад то 20–35% аз буҷети умумиро ташкил диҳад. Дар натиҷа, дар муқоиса бо дарёи Вахш, афзоиши арзиши сохтмон ба ҳисоби миёна 40–70%, ва дар ҳолатҳои алоҳида то 80–100%-ро ташкил медиҳад. Илова бар ин, таъсири омилҳои геологӣ ва гидрологӣ (хатарҳои зилзила, ноустуворӣ

чинсҳо, таҳшиншавӣ, тағйирёбии захираҳои пирахӣ) метавонад хароҷоти иловагӣ то 10–20% ба буҷети лоиҳа ворид намояд, ки дар маҷмӯи ин лоиҳаҳо нисбат ба ҳавзаи дарёи Вахш ба ғурӯҳи лоиҳаҳои миёна ва баландхароҷот мансуб месозад [99-102].

3.2. Таҳлили омилҳои таҳшиншавӣ ва таъсири онҳо ба устувории низоми гидроэнергетикӣ

Ҳамчун бузургтарин шохоби дарёи Амударё дар ҳудуди Ҷумҳурии Тоҷикистон, дарёи Вахш ҳавзаи асосии рушди гидроэнергетикаи кишвар ба шумор рафта, тақрибан 93 фоизи неруи барқи ҷумҳуриро таъмин менамояд [103]. «Манбаи асосии ташаккули ҷараёни оби дарё пирахҳои баландкӯҳ ва обшавии барф буда, речай он хусусияти мавсимии равшан дорад: дар фасли зимистон ҳамагӣ 15–20 фоизи ҷараёни солона ташаккул меёбад, дар ҳоле ки зиёда аз 60 фоизи он ба давраи тобистони обшавии барфу пирахҳо рост меояд» [104].

Дар натиҷаи таҳқиқот Аминов Ҷ.Х. ва дигарон [105] муайян карда шуд, ки дар давраи солҳои 1978–2015 масоҳати оби обанбори НБО-и Норақ тақрибан ба 34,7% зиёд гардидааст, ки ин аз ҷамъшавии таҳшинҳо ва болоравии сатҳи қабри обанбор шаҳодат медиҳад. Ҳисобҳои индекси NDWI имконияти назорати бозътимоди дистансионии раванди таҳшиншавиро тасдиқ намуданд. Ҳамчунин муайян гардид, ки пас аз оғози сохтмони НБО-и Роғун суръати таҳшиншавӣ дар обанбори Норақ коҳиш ёфтааст, ки ин ба боздошти қисми муайяни таҳшинҳо дар болооби дарё вобаста мебошад.

Дар натиҷаи таҳқиқот Фазылов А.Р. ва Лавров Н.П. [106] муайян намуданд, ки ҳаҷми миёнаи солонаи воридшавии ҷараёни саҳт (таҳшинҳо) ба обанбори НБО-и Норақ тақрибан 88–100 млн м³-ро ташкил медиҳад, ки боиси таҳшиншавии назаррас ва коҳиш ёфтани ҳаҷми муфиди он тақрибан ба 0,387 км³ нисбат ба нишондиҳандаи лоиҳавӣ гардидааст; ҳамзамон тағйирёбии иқлим (баландшавии ҳарорат ва зиёдшавии боришот) метавонад равандҳои седиментацияро боз ҳам шиддат бахшад. Асоснок карда шудааст,

ки сохтмони НБО-и Роғун имконият медиҳад қисми зиёди таҳшинҳо дар болооби дарё боздошта шуда, суръати таҳшиншавӣ дар обанбори Норак коҳиш ёбад ва муҳлати истифодаи бехатари он тамдид гардад.

Дар натиҷаи таҳқиқот Гарелина С.А. ва дигарон [107] муайян намуданд, ки чараёни миёнаи солонаи таҳшинҳои дарёи Вахш дар сарбанди Норак тақрибан 108,2 млн тонна ё 94 млн м³ дар як солро ташкил медиҳад, ки ин боиси таҳшиншавии назарраси обанбор ва коҳиш ёфтани ҳаҷми муфиди он аз 4,5 км³ (лоиҳавӣ) то тақрибан 3,9 км³ гардидааст; таҳлили динамикаи пуршавии профили қаъри обанбор нишон медиҳад, ки қисми асосии таҳшинҳо дар бахши дарёи косаи обанбор ҷамъ мешаванд ва раванди лойолудшавӣ ба хусусиятҳои гидрологӣ ва чараёни саҳти дарё вобастагии зич дорад.

Ин механизми ҳоси ғизогирии дарё низоми гидроэнергетикии ҳавзаи Вахшро ба таъсири тағйирёбии иқлим хеле ҳассос мегардонад. Афзоиши ноустувории мавсимии чараён боиси коҳиши истеҳсоли неруи барқ дар фасли зимистон то 30–40 фоиз гардида, ба устувории низоми энергетикӣ таҳдиди ҷиддӣ эҷод менамояд [108]. Ҳамзамон, ҷамъшавии таҳшинҳо дар обанборҳо хароҷоти солонаи нигоҳдории неругоҳҳои барқи обиро зиёд намуда, муҳлати хизматрасонии лоиҳавии онҳоро коҳиш медиҳад [109]. Тағйирёбии иқлим инчунин метавонад баҳсҳои фаромарзии вобаста ба захираҳои обиро шиддат бахшида, ба ҳамкориҳои минтақавӣ таъсир расонад.

Бо дарназардошти ин, дар таҳқиқоти мазкур хавфҳои вобаста ба эрозияи хок ва таъсири онҳо ба рушди гидроэнергетика арзёбӣ мегарданд. Мақсади асосӣ муайян намудани:

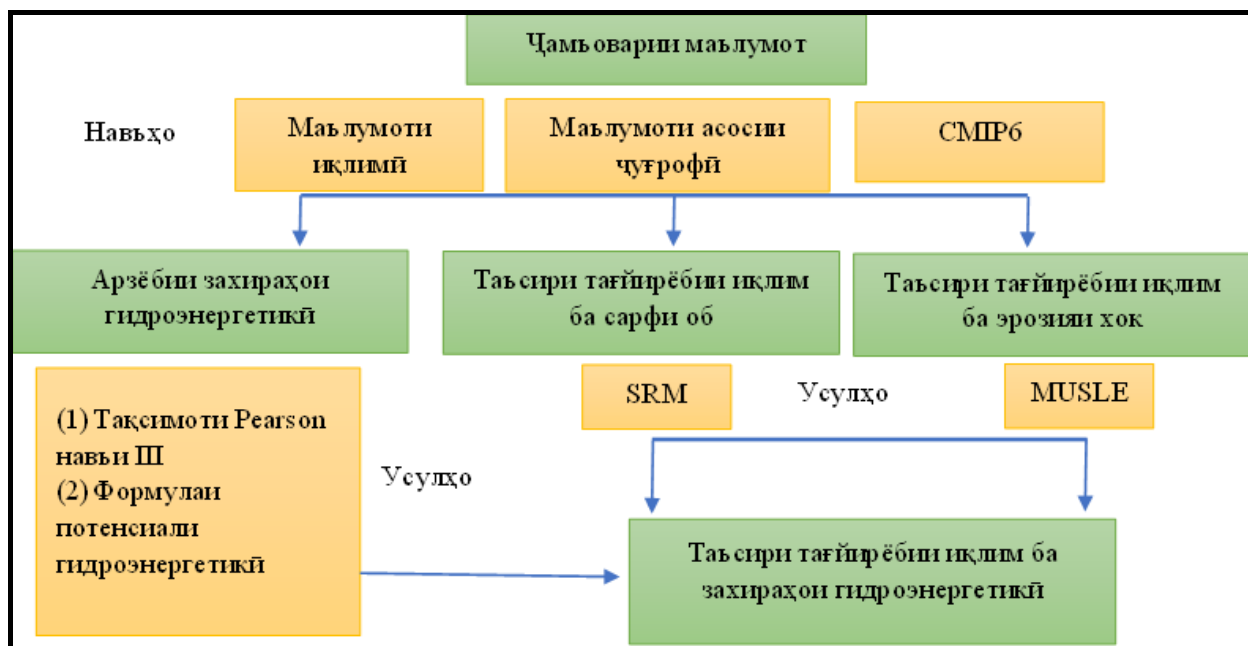
- таъсири тағйирёбии иқлим ба маҷрои об ва равандҳои эрозияи хок;
- таъсири тағйирёбии маҷро ва эрозия ба захираҳои гидроэнергетикӣ мебошад.

Натиҷаҳои таҳқиқот нишон медиҳад, ки заминаи илмӣ барои қабули қарорҳои идоракунии ва таъмини рушди устувори гидроэнергетика дар Осиёи Марказӣ хизмат намоянд.

3.3. Мавод ва усулҳои истифодашуда дар минтақаи таҳқиқот

Минтақаи таҳқиқот ҳавзаи дарёи Вахш буда, яке аз муҳимтарин минтақаҳои гидроэнергетикии Ҷумҳурии Тоҷикистон ба ҳисоб меравад. Ин ҳавза дар қисми марказӣ ва ҷанубии кишвар ҷойгир буда, бо релефи кӯҳӣ, мавҷудияти пирахҳои баландкӯҳ ва речаи мураккаби гидрологӣ тавсиф мешавад. Манбаи асосии ташаккули ҷараёни об обшавии барф ва пирахҳо буда, речаи обгузаронӣ хусусияти мавсимӣ дорад. Нақши стратегияи ҳавза дар таъмини амнияти энергетикӣ кишвар аҳамияти таҳқиқоти илмиро дар ин минтақа боз ҳам бештар мегардонад.

Бо мақсади таҳлили таъсири тағйирёбии иқлим ба рушди захираҳои гидроэнергетикӣ дар ҳавзаи дарёи Вахш, ҷаҳорҷӯбаи таҳқиқотӣ таҳия гардид (Расми 3.12). Сохтор марҳилаҳои асосии таҳлилро дар бар мегирад: ҷамъоварӣ ва коркарди маълумоти иқлимӣ ва гидрологӣ, моделсозии тағйирёбии маҷрои об, арзёбии эрозияи хок ва таҳшинҳо ва арзёбии таъсири онҳо ба иқтидори гидроэнергетикӣ. Ин равиш имкон медиҳад, ки робитаи байни тағйирёбии иқлим, равандҳои гидрологӣ ва рушди гидроэнергетика ба таври мукамал таҳлил карда шавад.



Расми 3.12. - Харитаи роҳи истифодабарии модел

3.4. Таъсири эрозияи хок ба захираҳои гидроэнергетикӣ дар шароити тағйирёбии иқлим

«Бо мақсади арзёбии таъсири эрозияи хок ба захираҳои гидроэнергетикӣ дар шароити тағйирёбии иқлим, модели MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) истифода гардид» [110]. Ин модел аз ҷониби Уилямс дар асоси муодилаи классикии USLE (Universal Soil Loss Equation) такмил дода шудааст. MUSLE ҳамчун модели миқдорӣ робитаи байни талафоти хок дар нишебихо ва маҷмӯи омилҳои таъсиррасонро тавсиф менамояд.

Моделҳои мазкур дар соҳаҳои ҳифзи хок ва об, арзёбии эрозия ва пешгӯии суръати талафоти хок, махсусан дар заминҳои кишоварзии нишеб, васеъ истифода мешавад. Бартариии асосии MUSLE дар он аст, ки он ба ҳама омилҳои таъсиррасонро ба ҳисоб мегирад. Бартариии асосии MUSLE дар он аст, ки он ба ҳама омилҳои таъсиррасонро ба ҳисоб мегирад. Ин хусусият имкон медиҳад, ки ҳама таъсирҳои барои ҳар як ҳолати боришотӣ ба дақиқии бештар ҳисоб карда шавад.

Муодилаи MUSLE чунин ифода мегардад [111]:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (3.12)$$

Дар муодила:

A – ҳаҷми пешгӯишавандаи эрозияи солони хок ($m/(km^2 \cdot sol)$) мебошад;

R – омили эрозионокии боришот ($MJ \cdot mm/(ga \cdot soat)$) буда, нишондиҳандаи кинетикии эрозия дар натиҷаи ҳама омилҳои таъсиррасонро ба ҳисоб мегирад.

Шиддат ва давомнокии боришот ба бузургии ин омил таъсири мустақим мерасонанд;

LS – омили топографӣ (беандоза) мебошад, ки аз ду ҷузъ иборат аст:

L – омили дарозии нишебӣ, ки эрозияи хокро нисбат ба нишебии стандартӣ 22,13 м ба эътидол меорад;

S – омили нишебии релеф, ки эрозияро нисбат ба нишебии стандартии 5,14° муқоиса мекунад. Дар таҳқиқоти мазкур арзишҳои LS дар асоси маълумоти модели рақамии баландӣ (DEM) ҳисоб карда шуданд;

K – омили эродиршавии хок ($m \cdot ga \cdot coat / (ga \cdot Mega \cdot choyl \cdot mm)$) буда, ҳассосияти хокро ба ҷудошавӣ ва интиқол зери таъсири неруҳои эрозионӣ инъикос менамояд;

C – омили пӯшиши замин ва идоракунии (беандоза) мебошад, ки таъсири растанипӯшӣ ва усулҳои хоҷагидориро ба равандҳои эрозия арзёбӣ мекунад;

P – омили чораҳои муҳофизатӣ (беандоза) буда, таносуби талафоти хокро дар шароити татбиқи тадбирҳои зиддиэрозионӣ нисбат ба кишти анъанавӣ нишон медиҳад.

Дар минтақаҳои баландкӯҳ суръати эрозияи хок аксаран ба таври нодуруст арзёбӣ мегардад: аз як тараф, таъсири эрозияи вобаста ба обшавии барф ва давраҳои яхбандӣ–обшавӣ (freeze–thaw) метавонад нодида гирифта шавад [112], ки боиси кам нишон додани ҳаҷми воқеии эрозия мегардад; аз ҷониби дигар, таъсири нишебии тез метавонад аз ҳад зиёд нишон додани нишондиҳандаҳои эрозия оварда расонад. Аз ин рӯ, барои мутобиқ намудани параметрҳо ба шароити воқеӣ, одатан маълумоти модели рақамии баландӣ (DEM) истифода мешавад.

Пэнг ва ҳаммуаллифон модели USLE-ро барои баҳодиҳии эрозияи хок дар минтақаи баландкӯҳи Қилиан (Чин) бомуваффақият татбиқ намудаанд. Бо дарназардошти он ки минтақаи таҳқиқоти мо аз ҷиҳати шароити табиӣ ва релеф ба минтақаи мазкур монанд мебошад, дар ин таҳқиқот параметрҳои LS тибқи арзишҳои пешниҳоднамудаи Пэнг қабул карда шуданд [113].

Омили эрозионокии боришот (R) таъсири боришотро ба равандҳои эрозияи хок инъикос менамояд ва формулаи ҳисобкунии он чунин аст:

$$R = \sum_{i=1}^{12} 1.735 \times 10 [(1.5 \times l_g \frac{p_i^2}{p} - 0.8188)] \quad (3.13)$$

Дар муодила:

p_i – миқдори боришоти моҳона (мм) мебошад, ки дар он i моҳи солро ифода мекунад ($i = 1, 2, \dots, 12$);

p – миқдори миёнаи солонаи боришот (мм) мебошад.

Омили K ҳаҷми эрозияи хокро дар як воҳиди масоҳат, ки дар натиҷаи таъсири эрозионокии боришот ба вучуд меояд, ифода менамояд. Ин нишондиҳанда хусусиятҳои физикӣ-механикии хок, аз ҷумла таркиби механикӣ, сохтор, миқдори моддаҳои органикӣ ва қобиляти обгузарониро ба назар мегирад.

Формулаи ҳисобкунии омили K чунин ифода мегардад [114]:

$$K = \left\{ 0.2 + 0.3 \times \exp \left[-0.0256 \times SAN \left(1 - \frac{SIL}{100} \right) \right] \right\} \times \left(\frac{SIL}{CLA + SIL} \right)^{0.3} \times \left(1 - \frac{0.25 \times C}{C + \exp(3.72 - 2.95 \times C)} \right) \times \left(1 - \frac{0.7 \times SN1}{SN1 + \exp(-5.51 + 22.9 \times SN1)} \right) \quad (3.14)$$

Дар ин ҷо:

SAN , SIL , CLA ва C мутаносибан ҳиссаи массаи (%) қум, лой (ил), гил ва карбони органикиро дар таркиби хок ифода менамоянд. Ин нишондиҳандаҳо хусусиятҳои гранулометрӣ ва таркиби органикии хокро инъикос карда, ба дараҷаи эродиршавии он таъсири мустақим мерасонанд.

ки дар он SAN ҳиссаи ғоизии қум дар таркиби хок мебошад. Ин параметр барои муайян намудани саҳми фраксияи ғайриқумӣ (яъне ҳиссаи зарраҳои майдатар аз қум) дар равандҳои эрозия истифода мегардад.

LS – омили дарозӣ ва нишебии релеф (беандоза) мебошад, ки аз ду ҷузъ иборат аст:

L – омили дарозии нишебӣ;

S – омили нишебии қитъа.

Дар шароити баробар, нишондиҳандаи LS таносуби талафоти хокро дар як нишебии муайян (бо дарозӣ ва нишебии мушаххас) нисбат ба талафоти хок дар қитъаи стандартӣ обшӯӣ бо шароити маъмулӣ ифода менамояд. Ба ибораи дигар, ин омил таъсири хусусиятҳои топографиро ба шиддатёбии равандҳои эрозия инъикос мекунад.

Формулаи ҳисобкунии LS чунин аст [115]:

$$S = \begin{cases} 10.8 \times \sin\theta + 0.03, & \theta < 5^\circ \\ 16.8 \times \sin\theta - 0.50, & 5^\circ \leq \theta < 14^\circ \\ 21.9 \times \sin\theta - 0.96, & \theta \geq 14^\circ \end{cases} \quad (3.15)$$

ки дар он θ нишебии қитъа (дараҷа, $^\circ$)-ро ифода менамояд.

Омили дарозии нишебӣ (L) тибқи усули классикии RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) ҳисоб карда мешавад. Ин усул таъсири дарозии нишебиро ба афзоиши ҷараёни рӯйизаминӣ ва шиддатёбии эрозия ба назар мегирад. Формулаи ҳисобкунии омили L чунин ифода мегардад:

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13} \right)^m \quad (3.16)$$

$$m = \begin{cases} 0.2, & \theta \leq 1^\circ \\ 0.3, & 1^\circ < \theta \leq 3^\circ \\ 0.5, & \theta > 5^\circ \end{cases} \quad (3.17)$$

Дар ин ҷо:

λ – дарозии нишебӣ (м) мебошад;

θ – кунҷи нишебӣ (дараҷа), ки аз маълумоти модели рақамии баландӣ (DEM) ҳосил карда шудааст.

Омили пӯшиш ва идоракунии (C) таносуби талафоти хокро дар шароити пӯшиши муайяни растанӣ нисбат ба талафоти хок дар шароити замини қорам (агар дигар омилҳо бетағйир бошанд) ифода менамояд. Ин нишондиҳанда таъсири растанипӯшӣ, боқимондаҳои растанӣ ва усулҳои агротехниро ба коҳиш ё афзоиши эрозия инъикос мекунад.

Формулаи ҳисобкунии омили C чунин аст [116]:

$$C = \begin{cases} 1, & c = 0 \\ 0.6508 - 0.3436 l_g(c), & 0 < c \leq 78.3 \\ 0, & c > 78.3 \end{cases} \quad (3.18)$$

Дар ин ҷо:

c – дараҷаи пӯшиши растанӣ мебошад, ки қимати омили C -ро муайян мекунад. Арзиши C дар ҳудуди аз 0 то 1 (беандоза) тағйир меёбад: $C = 0$ – ҳолати набудани эрозия (пӯшиши пурраи муҳофизатӣ); $C = 1$ – шароити ҳадди аксари эрозия (бе пӯшиши муҳофизатӣ).

Омили P – нишондиҳандаи ҷораҳои муҳофизати хок (беандоза) мебошад, ки таносуби талафоти хокро пас аз татбиқи тадбирҳои

зиддиэрозионӣ нисбат ба талафоти хок дар шароити кишти оддии нишеб (бе чораҳои муҳофизатӣ) ифода менамояд. Қимати он низ дар доираи аз 0 то 1 тағйир меёбад.

Барои минтақаҳои бунёдшуда (шаҳрӣ) ва обанборҳо, дар шароити муқаррарӣ қимати $P = 0$ қабул карда мешавад. Бо дарназардошти хусусиятҳои истифодаи замин дар минтақаи таҳқиқот, тавсияҳои дастури USDA Handbook 703 ва хусусиятҳои ҳавза, арзишҳои P барои навъҳои гуногуни истифодаи замин мутобиқ карда шуданд.

Қиматҳои таъйингардидаи омили P барои ҳар як категорияи истифодаи замин дар ҷадвали 3.4 пешниҳод шудаанд.

Ҷадвали 3.4. - Қиматҳои омили P барои навъҳои гуногуни истифодаи замин

Навъи истифодаи замин	Қимати P
Замини кишоварзӣ (Farmland)	0.1
Ҷангалзор (Forestland)	0.2
Чарогоҳ (Grassland)	0.6
Обанборҳо (Water Body)	0.0
Минтақаи бунёдшуда (Built-up Area)	1.0
Замини луч (Bare Land)	0.8

Эзоҳ: Қимати омили P таносуби талафоти хокро дар шароити мавҷудияти чораҳои муҳофизатӣ нисбат ба кишти оддии нишеб нишон медиҳад. Арзиши пасти P самаранокии баланди тадбирҳои муҳофизатии хокро ифода мекунад.

3.5. Тақсимои нишондоди Pearson навъи III, тарҳрезии моделсозӣ ва арзёбии эрозияи хок

Тақсимои Pearson навъи III дар таҳлили басомадии гидрологӣ васеъ истифода мешавад, зеро он ба тақсимои эҳтимолии нишондиҳандаҳои гидрологӣ (масалан, обҳезиҳо ва ҷараёни об) дар аксари минтақаҳо мутобиқати хуб дорад. Хусусан, ин тақсимои қобилияти самараноки инъикоси хусусиятҳои асимметрии падидаҳои ҳаддӣ (экстремалӣ)-ро доро мебошад [117].

Қисмати графии Pearson навъи III тақсимои якқулла (монопикӣ), асимметрӣ ва дорои қавши мусбат мебошад, ки як нуқтаи он маҳдуд (ниҳой) ва нуқтаи дигараш номаҳдуд (бепоён) аст. Аз нуқтаи назари математикӣ, он ба тақсимои Гамма (Gamma distribution) мувофиқат мекунад.

Функсияи зичии эҳтимолии он чунин ифода мегардад [118, 119]:

$$f(x) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} (x - \alpha_0)^{\alpha-1} e - \beta(x - \alpha_0) \quad (3.19)$$

Дар муодила:

$\Gamma(\alpha)$ – функсияи гаммаи параметри α мебошад;

α , β ва α_0 – се параметри асосие мебошанд, ки мутаносибан шакл (shape), микёс (scale) ва мавқеъ (location)-и тақсимооти Pearson навъи III-ро муайян мекунанд.

Дар ин ҷо:

- $\alpha > 0$ – параметри шакл буда, дараҷаи асимметрия ва қашавии тақсимотро муайян менамояд;

- $\beta > 0$ – параметри микёс буда, паҳноӣ ё парокандагии тақсимотро танзим мекунад;

- α_0 – параметри мавқеъ мебошад, ки ҷойгиршавии тақсимотро нисбат ба меҳвари уфуқӣ муайян месозад.

Ин параметрҳо дар якҷоягӣ шакл ва хусусиятҳои оморӣ тақсимооти Pearson навъи III-ро муайян намуда, барои таҳлили басомадии нишондиҳандаҳои гидрологӣ истифода мегарданд.

$$\begin{cases} \alpha = \frac{4}{C_s^2} \\ \beta = \frac{2}{X C_s C_v} \\ \alpha_0 = \bar{x} \left(1 - \frac{2C_v}{C_s}\right) \end{cases} \quad (3.20)$$

Дар муодила:

$\bar{x}$ – арзиши миёна (mean)-и интиҳоб мебошад;

C_s – коэффитсиенти асимметрия (coefficient of skewness);

C_v – коэффитсиенти вариатсия (coefficient of variation) мебошад, ки дараҷаи парокандагии маълумотро нисбат ба миёна инъикос мекунад.

Дар ҳисобҳои гидрологӣ одатан зарур аст, ки қимати тағйирёбандаи тасодуфӣ X_p , ки ба басомади (ё эҳтимолияти таъминнокии) муайяни P мувофиқ аст, муайян карда шавад. Барои ин функсияи зичии эҳтимоли

интеграл гирифта шуда, қимате ёфта мешавад, ки басомади ҷамъшуда (cumulative probability) P ба он баробар ё аз он зиёд бошад.

Муносибати мазкур чунин ифода мегардад:

$$P=F(x_p)=P(x \geq x_p) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \int_{x_p}^{\infty} (x - \alpha_0)^{\alpha-1} e^{-\beta(x-\alpha_0)} dx \quad (3.21)$$

Бо дарназардошти он ки минтақаи таҳқиқот қисман минтақаҳои баландкӯхро фаро мегирад, саҳми пиряхҳо ва обшавии барф дар ташаккули ҷараёни об назаррас мебошад. Аз ин рӯ, дар таҳқиқоти мазкур барои моделсозӣ ва таҳлили ҷараён модели SRM (Snowmelt Runoff Model) истифода гардид.

SRM модели гидрологие мебошад, ки барои симулятсияи ҷараёни оби вобаста ба обшавии барф дар ҳавзаҳои кӯҳӣ васеъ татбиқ мегардад. Асоси назариявии он ба усули дараҷа-рӯз (degree-day method) таъя мекунад. Ин модел бо сохтори нисбатан содда ва маъноӣ физикии равшани параметрҳо фарқ намуда, имкон медиҳад, ки ҷараёни об дар шароити таъсири ҳарорат ва пӯшиши барф бо дақиқии қобили қабул арзёбӣ карда шавад [115, 120].

Таҳлилҳои фазоӣ ва коркарди маълумоти ҷуғрофӣ дар муҳити барномаи ArcGIS 10.4 амалӣ карда шуданд. ArcGIS маҷмӯи нармафзорҳои касбии низоми иттилоотии ҷуғрофӣ (GIS) мебошад, ки аз ҷониби ширкати ESRI таҳия гардида, барои идоракунии, таҳлил ва визуализатсияи маълумоти фазоӣ васеъ истифода мешавад [121].

Тағйирёбии миқдори боришот ва ноустувории ҷараёни об дар шароити тағйирёбии иқлим метавонад ба афзоиши интиқоли таҳшинҳо ва ҷамъшавии онҳо дар обанборҳои гидроэнергетикӣ оварда расонад. Бо мақсади арзёбии талафоти хок ва об дар ҳавзаи дарёи Вахш, дар ин бахш муодилаи тағйирёфтаи эрозияи хок истифода гардид.

Барои ҳисоб намудани ҳаҷми эрозия дар минтақаи таҳқиқот модели MUSLE татбиқ карда шуд. Модел таъсири омилҳои асосӣ, аз ҷумла эрозионокии боришот, эродиршавии хок, хусусиятҳои топографӣ (дарозӣ ва

нишебии қитъа), пӯшиши растанӣ ва идоракунӣ, инчунин чораҳои муҳофизати хокро ба назар мегирад.

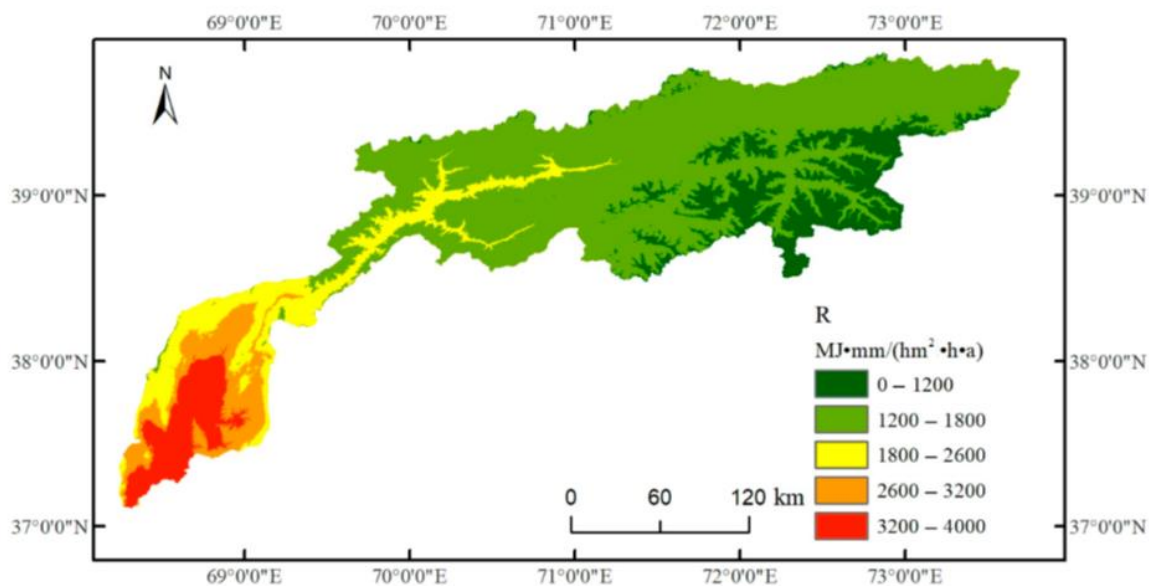
Тартиби муфассали ҳисобкунии нишондиҳандаҳо дар баҳши 2.5 шарҳ дода шудааст. Натиҷаҳои арзёбӣ дар расми зерин пешниҳод гардида, тақсимои фазоии шиддати эрозия ва минтақаҳои дорои хавфи баландро инъикос менамоянд.

Тибқи маълумоти пешниҳодшуда дар Расми 3.13, нишондиҳандаи эрозионокии боришот (R) дар минтақаи таҳқиқот аз 970 то 3800 $MJ \cdot mm / (га \cdot соат \cdot сол)$ тағйир меёбад. Тақсимои фазоии он тамоюли умумии коҳишёбиро аз ҷанубу ғарб ба самти шимолу шарқ нишон медиҳад.

Минтақаҳои дорои арзишҳои баланд (одатан зиёда аз 2600 *Мегаҷоул* $\cdot mm / (га \cdot соат \cdot сол)$) асосан дар қисматҳои поёноби ҳаввори ҳавза ҷойгир шудаанд. Ин ҳолат бо шиддати нисбатан баланди боришот ва хусусиятҳои иқлимии минтақаҳои пасткӯҳ вобаста мебошад.

Баръакс, минтақаҳои дорои арзишҳои паст (одатан камтар аз 1800 *Мегаҷоул* $\cdot mm / (га \cdot соат \cdot сол)$) бештар дар қисматҳои шимолу шарқии болооби ҳавза мутамарказ шудаанд, ки бо шароити кӯҳӣ ва миқдори нисбатан камтари боришот тавсиф мешаванд.

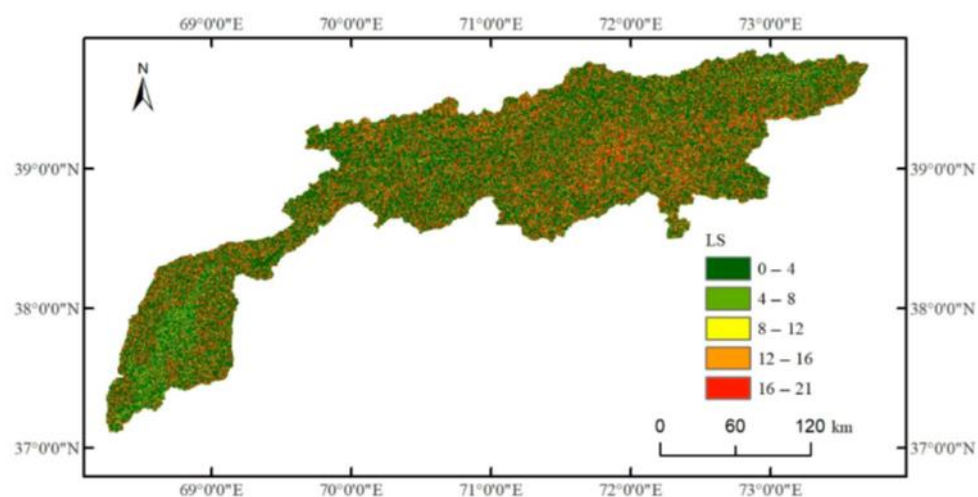
Ин натиҷаҳо нишон медиҳанд, ки хавфи эрозияи вобаста ба боришот дар қисматҳои поёноби ҳавза бештар буда, метавонад ба афзоиши интиқоли таҳшинҳо ба обанборҳои гидроэнергетикӣ мусоидат намояд.



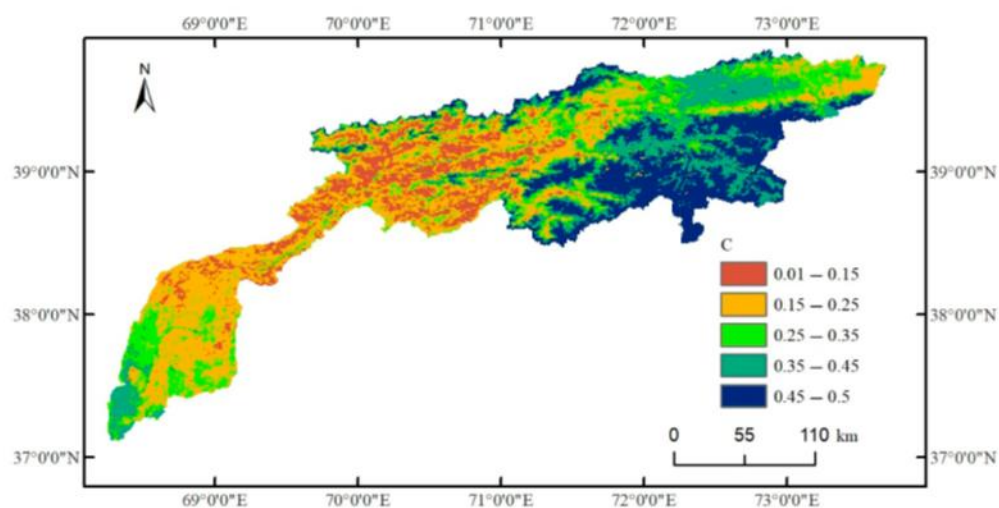
Расми 3.13. - Тақсимои фазои омили R дар ҳавзаи дарёи Вахш

Расми 3.14 нишон медиҳад, ки қимати омили топографӣ (LS) дар ҳудуди ҳавза аз 0 то 21 тағйир меёбад ва дорои тақсимои навбатии минтақаҳои дорои арзишҳои баланд ва паст мебошад. Қисматҳои ғарбии болооби ҳавза, умуман, нисбат ба қисматҳои шарқии поёноб арзишҳои баландтари LS доранд. Минтақаҳои дорои қиматҳои паст бештар дар наздикии маҷрои асосии дарё ҷойгир буда, минтақаҳои дорои қиматҳои баланд асосан дар хошияҳои барфпӯши кӯҳӣ паҳн гардидаанд.

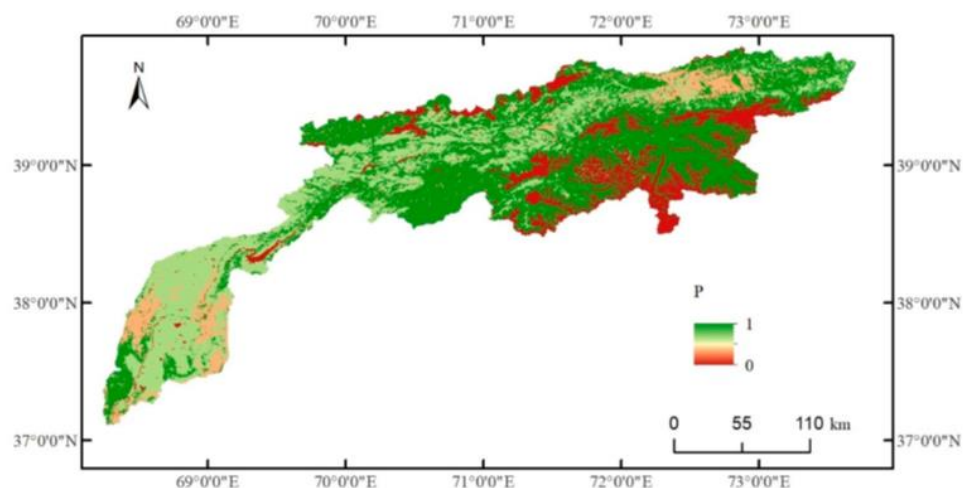
Расми 3.15 нишон медиҳад, ки қимати омили пӯшиши растанӣ (C) дар ҳавза аз 0,01 то 0,5 тағйир меёбад. Тамоюли умумӣ баланд будани арзишҳо дар шарқ ва паст будани онҳо дар ғарбро нишон медиҳад. Дар аксари минтақаҳои шарқӣ қиматҳо аз 0,25 зиёд буда, дар ғарб асосан камтар аз 0,25 мебошанд. Ҳамзамон, дар қисми поёнии ғарб минтақаи маҳаллии дорои арзиши баланд мушоҳида мешавад ва дар ғарб тақсимот тамоюли коҳишёбиро аз ҷануб ба шимол нишон медиҳад.



Расми 3.14. - Тақсимои фазоии омили LS дар ҳавзаи дарёи Вахш



Расми 3.15. - Тақсимои фазоии омили C дар ҳавзаи дарёи Вахш



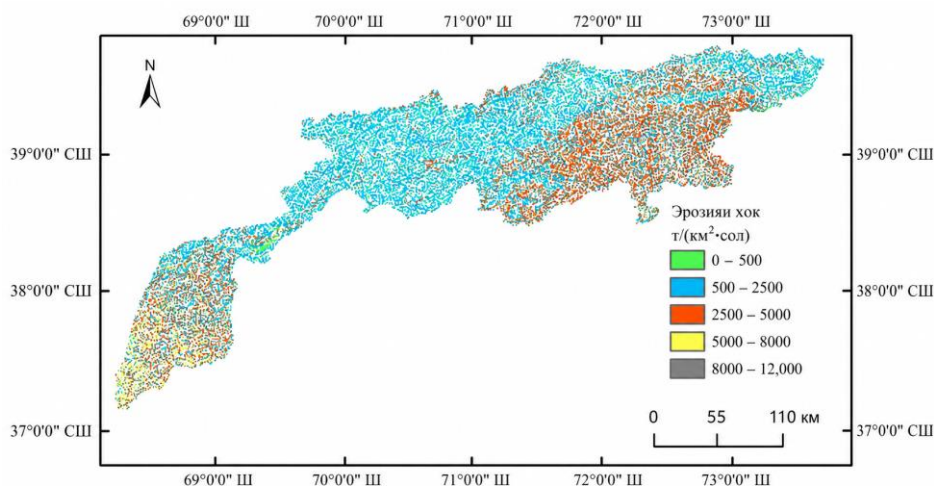
Расми 3.16. - Тақсимои фазоии омили P дар ҳавзаи дарёи Вахш

Расми 3.16 нишон медиҳад, ки минтақаҳои дорои қиматҳои баланд ва пасти омили P бештар дар қисми шарқии ҳавза мутамарказ шудаанд. Аксари минтақаҳои шарқӣ қиматҳои зиёда аз 0,25 доранд, дар ҳоле ки дар ғарб онҳо

асосан камтар аз 0,25 мебошанд. Ин ҳолат нишон медиҳад, ки дар қисматҳои болооби ҳавза фишор ба чораҳои муҳофизати хок ва об бештар мебошад. Тибқи маълумоти дар расми 3.17 пешниҳодшуда, сатҳи эрозияи хок дар ҳавза дар маҷмӯъ дар қисматҳои шарқӣ ва ғарбӣ нисбат ба қисми марказӣ баландтар мебошад. Аксари арзишҳо камтар аз 2500 т/(км²·сол)-ро ташкил медиҳанд.

Мувофиқи меъёрҳои таснифоти эрозияи хок, сатҳи эрозия ба шаш дараҷа ҷудо карда мешавад: сусти, миёна, шадид, ҳеле шадид, ниҳоят шадид ва ғавқулшадид. Ҳамаи таснифот дар тавзеҳоти харита (legend) нишон дода шудаанд. Қисми зиёди минтақаҳои шарқӣ ва ҷанубу ғарбӣ ба дараҷаи эрозияи миёна ва болотар мансуб буда, дар баъзе минтақаҳо сатҳи ғавқулшадид низ ба қайд гирифта шудааст.

Натиҷаҳо нишон медиҳанд, ки сарчашмаҳои ҳавзаи дарёи Вахш ба эрозияи шадиди хок дучор гардидаанд. Ин ҳолат метавонад боиси афзоиши интиқоли таҳшинҳо гардида, ба ҷамъшавии онҳо дар обанборҳои гидроэнергетикӣ миёнаоб ва поёноб таҳдиди ҷиддӣ эҷод намояд.



Расми 3.17. - Тақсимои фазои эрозияи хок дар ҳавзаи дарёи Вахш

3.6. Таъсири тағйирёбии эрозияи хок ба рушди гидроэнергетика

Эрозияи хок ба самаранокии истеҳсоли неруи барқ асосан тавассути кам кардани иқтидори муфиди обанбор ва паст кардани фишори гидравликӣ (фишор) таъсир мерасонад. Таҳшиншавии лойоба ва дигар маводи саҳт дар

обанборҳо мустақиман ба ҳаҷми захираи об таъсир карда, қобилияти танзими сатҳи об ва идоракунии чараёро коҳиш медиҳад.

Бо афзудани таҳшинҳо, ҳаҷми муфиди обанбор хурд шуда, сатҳи оби кори фуру мешинад. Ин боиси паст шудани фишори об гашта, қобилияти истеҳсоли неруи барқ маҳдуд мешавад. Тадқиқотҳо нишон медиҳанд, ки ҳар як метри мукабаби таҳшиншавӣ метавонад тақрибан $0,7-1,0 \text{ м}^3$ ҳаҷми муфиди обанборро коҳиш диҳад.

Аз ин рӯ, афзоиши эрозияи хок дар сарчашмаҳои ҳавза метавонад ба таҳшиншавии босуръат дар обанборҳои гидроэнергетикӣ оварда расонида, устувории дарозмуддати рушди гидроэнергетикаро зери хатар қарор диҳад.

Баландии напор (Н), яъне фарқи сатҳи об, яке аз параметрҳои калидӣ дар самаранокии истеҳсоли неруи барқ мебошад. Таҳшиншавӣ боиси паст гардидани арзиши Н гардида, мустақиман ҳаҷми истеҳсоли барқро коҳиш медиҳад. Илова бар ин, чамъшавии таҳшинҳо дар назди даромадгоҳи турбинаҳо ва каналҳои обрав муқовимати чараёро зиёд намуда, талафоти напорро (энергияи механикии гумшуда ба ҳар як воҳиди вазни об) афзоиш медиҳад. Таҷрибаи НБО «Се дара» (Three Gorges Dam) нишон медиҳад, ки соиш ва таъсири таҳшинҳо метавонад истеҳсоли неруи барқро то 5–15% коҳиш диҳад [122]. Ин таҷриба барои шароити Тоҷикистон низ аҳамияти муҳим дорад, зеро дарёҳои кӯҳии кишвар, аз ҷумла Панҷ, Вахш ва Зарафшон, дорои сатҳи баланди интиқоли таҳшинҳо мебошанд (то $500-2000 \text{ т/км}^2/\text{сол}$ дар баъзе ҳавзаҳо). Дар чунин шароит, таъсири таҳшиншавӣ метавонад на танҳо ба кам шудани истеҳсоли неру, балки ба зиёд шудани хароҷоти нигоҳдорӣ (то 10–20%) ва кам шудани муҳлати хизматрасонии таҷҳизот оварда расонад.

Ҳамзамон, фарсудашавии таҷҳизот хароҷоти нигоҳдорӣ ва таъмиро афзоиш медиҳад. Дар баъзе неругоҳҳои барқи обӣ хароҷоти солонаи хизматрасонӣ вобаста ба зарари таҳшинҳо то 30–50% зиёд шудааст.

Бо дарназардошти шароити миёнаи эрозияи хок дар ҳавза дар давоми солҳои гуногун ва бо тахмини он ки тақрибан 75% таҳшинҳо дар маҷрои дарё

ва обанборҳои гидроэнергетикӣ чамъ мешаванд, талафоти напор ҳисоб карда шуда, сипас коҳиши истехсоли неруи барқ муайян гардид. Натиҷаҳои ҳисобҳо дар ҷадвали 3.5 пешниҳод шудаанд.

Ҷадвали 3.5. - Таъсири тағйирёбии иқлим ба Неругоҳи барқи обии Роғун (бо сатҳи эътимоднокии 95%)

Нишондиҳанда	Иқтидори обанбор ($\times 10^8 \text{ м}^3$)	Ҳаҷми таҳшиншавӣ (м^3)	Талафоти фишор (м)	Талафоти неруи барқ ($\text{кВт}\cdot\text{соат/сол}$)
p (миёнаи бисёрсола)	133	329 818,71	$(8,31 \pm 1,15) \times 10^{-3}$	$(1,57 \pm 0,22) \times 10^6$
p $\uparrow + 1 \text{ мм}$	—	$\uparrow 1\,978,91$	$\uparrow (4,98 \pm 0,69) \times 10^{-5}$	$\uparrow 939,93 \pm 130,78$

Эзоҳ: Афзоиши боришот ба андозаи 1 мм боиси зиёдшавии ҳаҷми таҳшиншавӣ тақрибан ба 1 978,91 м³ мегардад, ки дар натиҷа талафоти напор ва коҳиши истехсоли неруи барқ низ мутаносибан меафзояд. Ҳисобҳо бо сатҳи эътимоднокии 95% анҷом дода шудаанд.

3.7. Таҳлили номуайянии таҳқиқот

Дар ин тадқиқот, модели обшавии барф (SRM) ва муодилаи тағйирёфтаи универсалии талафоти хок (MUSLE) асосан барои таҳлили тағйирот дар захираҳои об ва иқтидори неругоҳҳои барқи обӣ дар шароити тағйирёбии иқлим истифода шуданд. Номуайянии асосии тадқиқот бо омилҳои зерин вобаста аст:

(1) Маълумоти вурудии гуногунманбаъ. Дар таҳлил маълумоти DEM (модели рақамии баландӣ), маълумоти дурнамо (remote sensing), сценарияҳои тағйирёбии иқлим ва маълумоти мушоҳидавӣ истифода гардид. Номуайянии аз фарқияти дақиқӣ ва ҳалли фазои ин манбаъҳо, инчунин таъсири абрнокӣ ба маълумоти дурнамо ба вучуд меояд. Хусусан, маълумоти сценарияҳои иқлимӣ дорои сатҳи баланди номуайянии мебошад.

(2) Параметрҳои модели гидрологӣ. Дар ҳавза танҳо се истгоҳи гидрометеорологӣ мавҷуд аст, ки барои инъикоси пурраи гуногуншаклии фазоӣ дар шароити релефи мураккаби ҳавзаи дарёи Вахш кофӣ нест. Гарчанде аксари параметрҳо дар асоси мушоҳидаҳои саҳроӣ ва усулҳои баръакс (инверсия) муайян шудаанд, хатогиҳои маълумот ва калибркунии параметрҳо метавонанд ба натиҷаҳо номуайянии ворид намоянд.

(3) Параметрҳои омилҳои MUSLE. Дар амалияи истифодаи модели MUSLE, бисёр муҳаққиқон онро ба шароити маҳаллӣ мутобиқ месозанд, ки ин боиси фарқияти меёриҳо дар минтақаҳои гуногун мегардад. Бо дарназардошти он ки минтақаи таҳқиқот аз пасткӯҳ то баландкӯҳро фаро мегирад ва минтақаҳои баландкӯҳ дорои нишебихоӣ тез ва таъсири пиряху барф мебошанд, дар ин таҳқиқот таснифи алоҳидаи чунин фарқиятҳо анҷом дода нашудааст, ки метавонад номуайяниро афзоиш диҳад.

Бо мақсади коҳиш додани ин номуайяниҳо, дар тадқиқотҳои минбаъда тадбирҳои зерин пешбинӣ мешаванд: истифодаи маълумоти дурнамои баландҳал, интерполятсия ва ҳамгироии маълумоти фазоии гидрометеорологӣ, инчунин такмил додани тақсимбандии минтақавӣ бо дарназардошти релеф ва шароити ташаккули ҷараён. Ин чораҳо имкон медиҳанд, ки механизми бозхурди устувортар ва натиҷаҳои дақиқтар ба даст оварда шаванд.

Дар робита ба ин, бояд қайд кард, ки муаллифи рисола инчунин Дар қори Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон дар ҳамкорӣ бо маркази Байналмилалӣ тадқиқоти кишоварзӣ дар минтақаҳои хушк (ICARDA) як барномаи электронии муосирро таҳия ва татбиқ намуданд, ки ба классификатсия ва арзёбии дараҷаи эрозияи хок дар минтақаҳои гуногуни Ҷумҳурии Тоҷикистон равона гардидааст. Барномаи мазкур бо истифода аз модели универсалии талафоти хок (RUSLE) асос ёфта, имкон медиҳад, ки таъсири омилҳои асосӣ, аз ҷумла боришот, хусусиятҳои топографӣ, пӯшиши растанӣ ва таркиби хок ба равандҳои эрозсионӣ ба таври дақиқ таҳлил ва баҳогузорӣ карда шавад. Татбиқи ин барнома барои мониторинг, пешгӯӣ ва идоракунии устувори захираҳои замин, инчунин барои қабули қарорҳои илмӣ-асоснок дар соҳаи ҳифзи хок аҳамияти муҳим дорад. Пешбинӣ мегардад, ки соли 2026 барномаи мазкур дар сомонии расмӣ институт (<https://www.imoge.tj/ru/>) ҷойгир гардида, барои доираи васеи истифодабарандагон, аз ҷумла муҳаққиқон, мутахассисон ва сохторҳои соҳавӣ дастрас хоҳад шуд.

3.8. Идоракунии таҳшинҳо ва истеҳсоли гидроэнергетика

Гидроэнергетика дар таъмини амнияти энергетикӣ Тоҷикистон ва Осиёи Марказӣ мавқеи марказӣ дорад. Дар Тоҷикистон зиёда аз 350 неругоҳи барқи обӣ мавҷуд аст, ки зиёда аз 95 фоизи неруи барқи кишварро истеҳсол мекунанд. Тибқи стратегияи миллии рушд, Тоҷикистон афзоиши иқтисодии лоиҳавии низоми электроэнергетикӣ худро то соли 2030 ба 10 000 МВт [123] расонад. Ба чунин дурнамо метавонад аз ҳад зиёд гузоштани боришот ҳалал расонад, ки боиси кам шудани захираҳо дар обанборҳо мегардад. Захираҳои абразивӣ, ки аз турбинаҳо мегузаранд, метавонанд ба таҷҳизот зарар расонанд, хароҷоти таҷҳизотҳоро зиёд кунанд, самаранокии истеҳсоли неруи барқро коҳиш диҳанд ва хатари ҷиддии амниятро ба вуҷуд оранд [124]. Азбаски таҳшинҳо идома доранд, басташавии нақбҳои обпартоӣ ё дигар кубурҳо қобилияти обпартоиро коҳиш медиҳад, ки аллакай дар НБО-и Норақ мушоҳида шудааст [125, 126].

Барқарорсозии манзараи табиӣ (ландшафт) ва идоракунии устувори таҳшинҳо ба мувозинати ҷараёни таҳшинҳо, барқарор кардани интиқоли таҳшинҳо ба канали поёноб равона карда шудааст; истифодаи максималии нигоҳдории дарозмуддат, гидроэнергетика ва дигар манфиатҳои иқтисодӣ ва экологӣ; ва кам кардани зарари муҳити зист [127]. Стратегияҳои идоракунӣ ба беҳтар кардани тавозуни таҳшинҳо дар обанборҳо тавассути коҳиш додани баромади таҳшинҳо аз обанбор, самти ҷараёнҳои дорои таҳшинҳо дар гирду атроф ё тавассути обанбор ва хориҷ кардани таҳшинҳо пас аз таҳшиншавӣ нигаронида шудаанд. Идоракунии муваффақ одатан якҷанд стратегияҳоро дар бар мегирад [127].

Пешгирии таҳшиншавии боришот пеш аз ҳама тавассути барқарор кардани манзара интиҳоби беҳтарин ва сарфакортарин аст [128]. Дар ҳоле, ки бахши гидроэнергетикӣ зарурати идоракунии ташаккули таҳшинҳоро дар манзараҳои табиӣ (ландшафт) ҳамчун қисми ҷудонашавандаи стратегияи идоракунии таҳшинҳо [129] дарк кард, далелҳои иловагӣ барои манфиатҳои коҳиши ҷараёни таҳшинҳо ба обанборҳо лозиманд [124].

Ҳавзаи дарёи Вахш, ба ғайр аз тавлиди гидроэнергетика, хидматҳои экосистемаи гидрологиро таъмин мекунад, ки барои ҷамоатҳои маҳаллӣ ва амнияти оби тамоми минтақа муҳиманд. Барқарорсозии ландшафт ба барқарорсозии саломатии ҳок мусоидат мекунад ва як тадбири устувор барои таъмини хидматҳои гидрологии экосистема тавассути баланд бардоштани қобилияти нигоҳдории об дар ҳок мебошад [130]. Ин воридшавии обҳои зеризаминиро беҳтар мекунад, чараёни сатҳиро коҳиш медиҳад, чараёни мавсими танзим мекунад, миқдори обҳезиро коҳиш медиҳад ва дастрасии обро барои зироатҳои кишоварзӣ баланд мебардорад [131]. Кишоварзии обногузар ба туфайли миқдори зиёди намӣ дар ҳок ва воридшавии обҳои зеризаминӣ фоида меорад.

Манфиатҳои минбаъдаи гидрологии барқарорсозии манзараи табиӣ иборатанд аз чараёнҳои мутавозинтар бо авҷи хурдтари обҳезӣ, кам шудани эҳтимоли сарбандӣ (талафоти об аз обанборҳо) дар давраи ҳадди аксари обҳезӣ, ва кам шудани талафоти об барои истеҳсоли неруи обӣ. Ғайр аз ин, нақшаҳои обёрии поёноб метавонанд аз озодшавии оби саривақтӣ манфиат баранд. Дигар хидматҳои гидрологӣ, ки бо ҳок ва манзараҳои табиӣ солим алоқаманданд, аз тозакунии об, коҳиши обҳезӣ, ҳифзи маконҳои зист, ва хидматҳои экосистемаи фарҳангӣ ва фароғатӣ иборатанд.

3.9. Интиқоли таҳшин

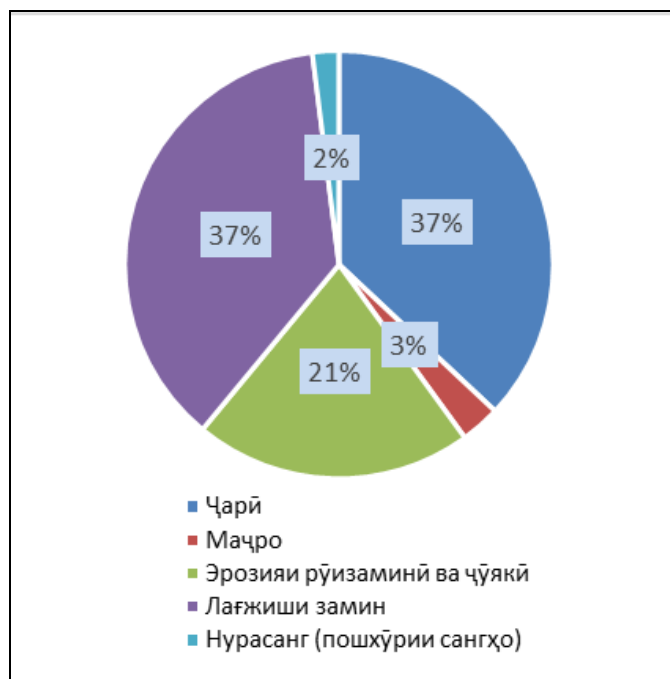
Дарёи Вахш нисбат ба ҳар як дарёи дигар дар Тоҷикистон аз ҳама баландтарин ҳаҷми бори таҳшинӣ дорад ва он миқдори зиёди таҳшиниро ба ҳамвориҳо интиқол медиҳад, ки дар он ҷо таҳшинҳои дағал бештар дар обанбори Норак ҷойгир шуда, ба иқтидори нигоҳдории оби он таъсир мерасонанд. Мувофиқи маълумоти [132], баландии ҷамъшавии рег дар обанбори Норак ба 50 метр мерасад.

Арзёбии консентратсияи таҳшинҳои муаллақ дар намунаҳои ҷамъоваришудаи об нишон медиҳад, ки баландтарин сатҳи таҳшиннокӣ дар оби дарё моҳи август ба амал меояд. Ин моҳ хушктарин, вале гармтарин моҳи

мавсим нест ва он бо баландтарин чараёни оби дарё (июл-август) алоқаманд аст, ки аз обшавии барфу пиряхҳои баландкӯҳ ғизо мегирад. Аксари таҳшинҳои калонтар аз 2 метр дар обанбори Норақ чамъ мешаванд, чунон ки коҳиши шадиди консентратсияи таҳшинҳои муаллақ дар поёни сарбанди Норақ нишон медиҳад.

Дар маҷмӯъ, консентратсияи таҳшинҳои муаллақ аз қисми болоии ҳавза то минтақаҳои пастзамин коҳиш меёбад, ки эҳтимолан ба таҳшиншавии онҳо дар қитъаҳои нисбатан ҳамвори маҷрои дарё вобаста аст. Намунаҳои оби дар поёноби сарбанди Норақ чамъоваришуда дорои обсабзҳо буданд, ки ба натиҷаҳо таъсир расонданд. Эҳтимол, обсабзҳо дар обҳои ором ва камҳаракати обанбори Норақ зиндагӣ мекунанд.

Таҳшине, ки аз манбаъҳои гуногун ба шабакаи чараёнҳо ворид мешавад, ё таҳшин шуда, ё ба поёноби дарё интиқол дода мешавад. Пас аз он ки таҳшин ба маҷро ворид гардид, дар доираи модели гидрологии SWAT пайгирӣ намудани манбаъҳои он имконнопазир аст. Аз ин рӯ, миқдори потенсиалии таҳшин бар асоси он фарзия тартиб дода мешавад, ки саҳми навъҳои гуногуни эрозия дар марҳилаи чараёни дохилимаҷроӣ бетағйир боқӣ мемонад. Расми 3.18 буҷети миёнаи дарозмуддати таҳшинҳоро, ки аз манбаъҳои гуногун моделсозӣ шудааст, нишон медиҳад. Мутаассифона, барои тасдиқи ин натиҷаҳо маълумоти кофӣ мавҷуд нест. Бояд қайд кард, ки зарур аст барои ба даст овардани маълумоти бештар оид ба манбаъҳои таҳшин тадбирҳо андешида шаванд, то ки чунин корҳои моделсозӣ дар оянда тасдиқ карда шаванд.



Расми 3.18. - Тавозуни таҳшинҳо (2012–2021) дар болооби Роғун аз рӯи намудҳои гуногуни эрозия [133]

Эрозияи маҷроӣ дарё ва регпошҳо нисбатан пасттарин тағйирпазирӣ нишон медиҳанд ва дар тӯли солҳо нисбатан доимӣ боқӣ мемонанд, дар ҳоле ки ярч ва эрозияи дараҷаҳо (чӯйборҳо) баландтарин тағйирпазирӣ нишон медиҳанд, чунон ки дар ҷадвали 3.6. оварда шудааст. Борҳои умумии солна байни 65 то 120 миллион тонн тағйир меёбанд. Ин нишон медиҳад, ки тағйирпазирӣ иқлим ба равандҳои таҳшиниҳо таъсири назаррас мерасонад. Борҳои миёнаи таҳшиниҳо дар болооби обанбори Роғун дар тӯли 10 сол 92.7 миллион тонн дар як солро ташкил медиҳад, ки ба мушоҳидаҳои ҷамъбасти [134] барои Норақ хеле мувофиқат мекунад.

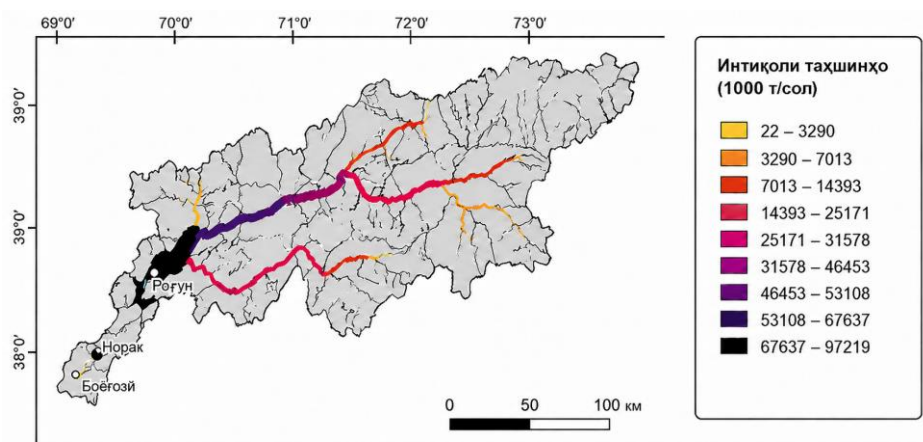
Ҷадвали 3.6. - Саҳми солнаи таҳшиниҳо аз рӯи намудҳои гуногуни эрозия дар болооби обанбори Роғун (миллион тонна дар як сол) [133]

Сол	Қабатӣ ва чӯякӣ	Ярч	Регпош	Дараҷа (чӯйбор)	Маҷроӣ дарё	Мозаикӣ
2012	21,3	69,5	3,4	35,3	3,5	131,7
2013	14,4	28,8	1,4	23,5	2,6	70,7
2014	23,0	30,1	1,6	43,0	2,4	99,7
2015	28,7	41,2	2,3	44,0	2,8	118,7
2016	20,3	33,3	1,8	38,7	2,6	96,3
2017	16,5	26,9	1,5	34,9	2,2	81,8

Идомаи ҷадвали 3.6.

2018	14,9	22,3	1,2	28,7	1,9	68,8
2019	23,9	45,2	2,5	37,5	2,5	111,2
2020	16,6	25,9	1,4	28,7	2,0	74,4
2021	14,6	21,2	1,1	32,6	1,3	70,6
Миёна	19,4	34,4	1,8	34,7	2,4	92,4

Баландтарин воридшавии эрозия дар қисматҳои миёнаи дарёҳои Сурхоб ва Оби Хингоб ба амал меояд, чунон ки дар расми 3.19 нишон дода шудааст, ки интиқоли миёнаи 10-солаи таҳшиниҳоро дар тӯли шабакаи дарёи Вахш, ки дар натиҷаи воридшавии ҳамаи намудҳои эрозия ҳосил мешавад, ифода мекунад. Нишебтарин ва баландтарин минтақаҳои ҳавза бештар пӯшида аз барф ва пирахҳо мебошанд ва бинобар ин саҳми назаррасе дар таҳшиниҳоро надоранд. Пас аз ҳамроҳшавии ҳарду дарё, Вахш баландтарин ҳаҷми таҳшиниҳоро дорад, ки он гоҳ дар сарбанди Роғун ба охир мерасад.



Расми 3.19. - Интиқоли миёнаи солонаи таҳшиниҳоро дар дарёи Вахш ва шохобҳои он бо тақсими маконӣ (фазой) [133]

Идоракунии устувори таҳшиниҳоро ба даст овардани мувозинат байни воридшавӣ ва хориҷшавии таҳшиниҳоро ва барқарорсозии интиқоли таҳшиниҳоро ба маҷрои поёнобро ҷустуҷӯ мекунад, то аз ин роҳ нигоҳдории дарозмуддати обанбор, гидроэнергия ва дигар манфиатҳоро ба ҳадди аксар расонад ва ҳамзамон зарари экологиро ба ҳадди ақал кам кунад [127].

Таҳшиниҳо инчунин доираи васеи таъсироти экологиро (ба монанди истеҳсоли газҳои гулхонаӣ, аз ҷумла метан, аз таҳшиниҳои беоксиген) ба вучуд меоранд, бори сарбанд ва дарвозахоро меафзоянд ва ба турбинаҳои механикӣ ва дигар таҷҳизоти механикӣ зарар мерасонанд. Зарар ба таҷҳизот тавассути фарсудашавии пӯшиши оксидӣ рӯйи парраҳо рух медиҳад, ки боиси нобаробарӣ дар сатҳ ва дар ниҳоят ба зарари ҷиддии бештари мавод мегардад. Фарсудашавии доимӣ метавонад боиси боздошти дарозмуддати кор барои таъмир ё иваз кардани таҷҳизот гардад. Ғайр аз ин, тадқиқотҳои охир таъсири ҳамбастагии эрозияи кавитатсионӣ (ҳалолшавӣ дар натиҷаи ҳосилшавии холигоҳҳои бухорӣ) ва эрозияи таҳшиниҳоро барҷаста нишон додаанд, ки нишон медиҳанд таъсири ҷамъшудаи кавитатсия ва эрозияи рег аз таъсири ҷудогонаи ҳар як кавитар аст [135].

3.10. Эрозияи таъсиррасон ба Норақ

Сарбанди Норақ бо баландии 300 метр дар дарёи Вахш бузургтарин НБО ва дуҷумин обанбори калони танзимкунанда дар ҳавзаи дарёи Ому (пас аз обанбори Туямуюн дар Ёзбекистон) ба ҳисоб меравад. Сарбанд дар солҳои 1960 сохта шудааст. Обанбор бо дарозии 70 километр ташкил шуда, иқтидори лоиҳавии он $10,5 \text{ км}^3$ буда, ин нишондиҳанда соли 1983 ба даст оварда шуд [126]. Норақ инчунин вазифаи обёрии мавсимии тақрибан 70,000 гектар заминро дар моҳҳои тобистон иҷро мекунад [126]. Аз замони сохтмон, таҳшиншавӣ иқтидори нигоҳдории обанборро ба таври назаррас коҳиш додааст. Дар давраи солҳои 1972 (оғози пуршавӣ) ва 2001 коҳиши иқтидори нигоҳдорӣ ба 2 км^3 , яъне тақрибан 20 фоизи ҳаҷми аввалаи обанбор баробар аст [136]. Дар сатҳи максималии нигоҳдорӣ, чуқурии об дар обанбор аз 158 метр дар наздикии сарбанд то 35 метр дар масофаи 30 км болотар тағйир меёбад, ки ин ба сабаби ҷамъшавии таҳшинҳо ва ташаккули қабати то 150 метраи таҳшинҳои делтавӣ вобаста аст. Мувофиқи маълумоти [137], ин таҳнишастҳо иқтидори нигоҳдории обанборро 33,5 фоиз коҳиш додаанд (тибқи D-Sediment, эҳтимолан то 50 фоиз), ки аз он 48,5 фоиз дар ҳаҷми

ғайрифатоли нигоҳдорӣ, вале танҳо 13,8 фоиз дар ҳаҷми фатоли нигоҳдории обанбор аз даст рафтааст. D-Sediment нишон медиҳад, ки то соли 2013 талафоти иқтидори нигоҳдорӣ метавонад то 50 фоиз расида бошад. Бо истифода аз қимати миёна, мо фарз мекунем, ки Норақ то соли 2016 42 фоизи иқтидори нигоҳдории худро аз даст дода буд, ки дар натиҷа иқтидори боқимондаи нигоҳдорӣ дар он сол 6,09 км³-ро ташкил дод [126].

То расидани баландии сарбанди НБО-и Роғун ба 1100 метр тақрибан 70 фоизи ҳаҷми миёнаи солонаи таҳшиниҳо (92,7 миллион тонна), ки ба қисми болоии обанбори Роғун ворид мешаванд, ба поёноб интиқол дода мешавад [138]. Ҳаҷми умумии таҳшиниҳое, ки дар давраи солҳои 2020–2030 аз сарбанд ба поёноб мегузаранд, дар ҳудуди 400 то 450 миллион метри мукааб ҳисоб карда мешавад [138]. Ин натиҷа бо ҳисобҳои дар ҷадвали 3.7 овардашуда мутобиқат мекунад.

Ҷадвали 3.7. - Талафоти иқтидори нигоҳдории обанбори Норақ дар гузашта ва оянда

Ҳаҷми аслии обанбори Норақ		10,50 км³
А	Талафоти иқтидор аз ҳисоби таҳшиниҳо (1983–2016)	42% (байни 33% то 50%)
Б	Иқтидори умумии боқимонда (2016)	6,09 км ³
В	Ҳаҷми миёнаи солонаи таҳшиниҳо ба обанбори Роғун (табдил аз 92,4 миллион тонна)	68,444,444 м ³
Г	Бори миёнаи солонаи таҳшиниҳо ба Норақ (2016–2020) - 70% интиқолёфта	47,911,111 м ³
Д	Эрозияи миёнаи солонаи байни Норақ ва Роғун (новобаста аз Роғун)	442,309 м ³
Е	Воридшавии миёнаи солонаи таҳшиниҳо ба Норақ (то соли 2020) (Д + Г)	48,353,420 м ³
Ж	40% таҳшиниҳо пас аз соли 2024 (миқдори миёнаи воридшавӣ ба Норақ пас аз соли 2024)	27,377,777 м ³
З	Чамъшавии таҳшиниҳо дар давраи 2020–2030 (70% то соли 2024 ва 45% пас аз соли 2024 интиқол ёфтааст)	411,667,534 м ³
И	Чамъшавии таҳшиниҳо дар Норақ то соли 2030	574,281,214 м ³
Й	Иқтидори боқимондаи Норақ (2030)	5,51 км ³

Идомаи ҷадвали 3.7

К	Ҷамъшавии таҳшиниҳо дар Норақ (2030–2050), бо фарзи он ки 3% таҳшиниҳои воридшаванда ба Роғун интиқол дода мешаванд + таҳшиниҳои доимии қитъаи Роғун–Норақ	49,912,847 м ³
Л	Иқтисоди пешбинишудаи боқимондаи Норақ дар соли 2050	5,46 км ³

Бо вуҷуди ин, равандҳои эрозия дар байни Роғун ва Норақ вуҷуд доранд, ки боиси сатҳҳои таҳшиншавӣ ба андозаи миқдори миёнаи солона 442,309 метри мукааб дар як сол мегарданд (ҷадвали 3.7).

Гарчанде, ки НБО-и Роғун ҳанӯз дар марҳилаи сохтмон қарор дорад, натиҷаҳои пешниҳодшуда, мутахассисони соҳа метавонанд барои коҳиш додани равандҳои эрозия дар ҳавзаи болооби Роғун ва минтақаи байни Роғун ва Норақ асоснок истифода шаванд. Ҳангоми татбиқи маҷмуи чораҳои барқарорсозӣ, сатҳи эрозия дар минтақаи байни Норақ ва Роғун дар давраи 30-сола то 43 м³ ба ҳар як гектари барқароршуда коҳиш меёбад (ҷадвали 10). Барқарорсозии манзараи табиӣ дар болооби Роғун инчунин боиси коҳиши таҳшиншавии дар обанбори Норақ мегардад, ҳарчанд ин таъсир барои ҳар гектар нисбатан камтар зоҳир мешавад, зеро қисми зиёди таҳшинҳо дар обанбори Роғун нигоҳ дошта мешаванд.

Хулосаи боби 3

Дар боби мазкур масъалаҳои оптимизатсияи сохтори энергетика бо таваҷҷуҳ ба сценарияи гидро-ангиштӣ ва арзёбии омилҳои табиӣ-иқлимӣ таҳлил гардиданд. Нишон дода шуд, ки дарёи Вахш пояи асосии гидроэнергетикаи кишвар буда, бо хусусияти равшани мавсимият фарқ мекунад: қисми зиёди чараён ба фасли тобистон рост меояд, дар ҳоле ки зимистон камобӣ мушоҳида мегардад.

Тадқиқотҳо собит намуданд, ки равандҳои таҳшиншавӣ дар обанборҳо, аз ҷумла дар НБО-и Норақ, ба тағйирёбии морфологияи онҳо таъсир мерасонанд. Истифодаи усулҳои дурсанҷӣ ва индекси NDWI имкони назорати динамикаи таҳшинҳоро фароҳам овардааст. Ҳамзамон, барои арзёбии эрозияи хок ва ташаккули таҳшинҳо модели MUSLE татбиқ гардид,

ки таъсири омилҳои боришот, нишебӣ, пӯшиши растанӣ ва хусусиятҳои хокро ба инобат мегирад. Натиҷаҳо нишон доданд, ки дар қисматҳои поёноб ва минтақаҳои дорои боришоти баланд шиддати эрозия бештар аст.

Дар баробари ин, ба номуайянии маълумоти иқлимӣ ва маҳдуд будани шабакаи мушоҳидаҳои гидрометеорологӣ таъкид гардид, ки метавонад ба дақиқии пешгӯиҳо таъсир расонад.

Дар маҷмӯъ, боб зарурати идоракунии ҳамгироёнаи захираҳои обӣ, мутобиқшавӣ ба тағйирёбии иқлим ва такмили моделикунонии гидрологиро барои таъмини устувории дарозмуддати низоми энергетикӣ кишвар асоснок менамояд.

БОБИ 4. ТАҲИЯИ МОДЕЛҲОИ МАТЕМАТИКӢ ВА ОПТИМИЗАТСИЯИ РЕҶАИ КОРИ ИНШООТҲОИ ЭНЕРГЕТИКИИ ҲАВЗАИ ДАРӢИ ВАҲШ ВА ТАҲЛИЛИ РУШДИ ЗАХИРАҲОИ ГИДРОЭНЕРГЕТИКӢ ДАР ШАРОИТИ ТАӢИРӢБИИ ИҚЛИМ

4.1. Таҳияи моделҳои оптимизатсионӣ-тақлидии математикии реҷаи кори НБО-и Роғун

Дар замони ҳозира, ки бо баланд шудани эҳтиёҷот ба неруи барқ, дигаргуниҳои обу ҳаво ва ҷараёнҳои мушахаси гидрологӣ тавсиф мешавад, масъалаи истифодаи самаранок ва устувори захираҳои гидроэнергетикӣ аҳамияти бештар пайдо мекунад. Ҷумҳурии Тоҷикистон, ки дорои захираҳои бузурги обӣ ва иқтидори назарраси гидроэнергетикӣ мебошад, барои таъмини амнияти энергетикӣ ва рушди устувори иқтисодӣ ба истифодаи оптималии ин захираҳо таъҷиб мекунад. Дар ин замина, неругоҳи барқи оби Роғун ҳамчун яке аз иншооти калидии гидроэнергетикии кишвар, нақши муҳим дар танзими ҷараёни дарёҳо, таъмини неруи барқ ва идоракунии захираҳои обӣ мебошад. Аммо фаъолияти самаранокӣ чунин низомҳои мураккаб ба таъсири омилҳои гуногун, аз ҷумла тағйирёбии иқлим, тағйироти гидрологӣ, нобаробарии мавсимии об, инчунин равандҳои таҳшиншавӣ вобаста мебошад.

Бо дарназардошти чунин омилҳо, ба кор бурдани равишҳои навин дар соҳаи моделсозии риёзӣ ва беҳтаркунонӣ барои тарҳрезии тартиботи мусоиди фаъолияти НБО аҳмияти махсус пайдо мекунад. Моделҳои оптимизатсионӣ-тақлидӣ имконият медиҳанд, ки рафтори системаи гидроэнергетикӣ дар шароити гуногун пешбинӣ гардида, қарорҳои идоракунии самаранок қабул карда шаванд. Ин гуна моделҳо имкон медиҳанд, ки таъсири сценарияҳои гуногуни иқлимӣ, тағйироти воридшавии об, инчунин талаботи энергетикӣ ба низоми кори неругоҳ ба таври дақиқ арзёбӣ карда шавад.

Ҳадафи асосии ин боб аз таҳияи моделҳои математикӣ ва беҳсозии тақлидии речаи кори НБО-и Роғун, инчунин таҳлили рушди захираҳои гидроэнергетикӣ дар шароити тағйирёбии иқлим иборат мебошад. Барои расидан ба ин ҳадаф, вазифаҳои зерин гузошта мешаванд: таҳлили хусусиятҳои гидрологӣ ва энергетикӣ ҳавзаи дарё; таҳияи модели математикӣ барои тавсифи режими кори неруғох; сохтани модели оптимизатсионӣ бо дарназардошти маҳдудиятҳо ва талаботи системавӣ; гузаронидани таҷрибаҳои тақлидӣ барои сценарияҳои гуногуни иқлимӣ; арзёбии самаранокии режими пешниҳодшуда ва муқоисаи он бо режимҳои мавҷуда.

Ҳамин тариқ, таҳияи моделҳои муносири математикӣ ва истифодаи усулҳои тақмилдиҳӣ ҳамчун воситаҳои асосии баланд бардоштани самаранокии истифодаи захираҳои гидроэнергетикӣ ва таъмини устувории системаи энергетикӣ дар шароити тағйирёбии иқлим баррасӣ карда мешаванд. Натиҷаҳои ин таҳқиқот метавонанд барои тақмил додани стратегияҳои идоракунии захираҳои обӣ ва энергетикӣ, инчунин барои қабули қарорҳои амалӣ дар соҳаи гидроэнергетика аҳамияти муҳим дошта бошанд. Имрӯз, вақте ки рақамсозии иқтисодии ҳамаи давлатҳои пешрафта ба раванди умумичаҳонӣ табдил ёфтааст, идоракунии оқилонаи энергия аҳмияти хоса пайдо мекунад. Дар Тоҷикистон ин пеш аз ҳама ба НБО вобаста аст, ки бар хилофи дигар навъҳои энергия, монанди гармӣ ё атомӣ, аз омилҳои табиӣ иқлимӣ, ки ба инсон иртибо надоранд, вобаста мебошад. Равишҳои идоракунии гидроэнергетика дар тӯли даҳсолаҳо дар тамоми ҷаҳон таҳия ва тақмил ёфтаанд. Дар таҳқиқоти бисёре аз олимони дигар, масъалаҳои умумии марбут ба идоракунии захираҳои об, истифодаи самаранокии онҳо дар ҷаҳорҷӯбаи стратегияҳои дарозмуддати беҳтаркунонии истифодаи замин ва об, ҳамчунин тадбирҳои ҳифзи муҳити зист бодикқат мавриди баррасӣ қарор гирифтаанд.

«Дар асарҳои Пряжинская В.Г. [139] равишҳо, принципҳо ва усулҳои умумии идоракунии захираҳои об, пеш аз ҳама барои Россия бо маҷмуи

мураккаби талаботҳои рақобатпазири як қатор истеъмолкунандагон таҳия карда шуданд: обёрӣ, моҳипарварӣ, саноат ва аҳоли, фароғат ва экология, бо таваҷҷӯҳи махсус ба фаъолиятҳои ҳифзи табиат моделҳои математикии бо ҳамкорон таҳияшуда даҳсолаҳо пеш сохта шуда буданд, аз ин рӯ барномасозии махсусро талаб мекунанд, ки барои муҳандисони оддии энергетикӣ дастрас нестанд ва асос. пайваст кардани математикҳои сатҳи баландро талаб мекунанд»[139].

«Дар асарҳои Данилов-Данильян В.И. ва Хранович И.Л. [140] масъалаҳои идоракунии ҳавзҳои байнидавлатӣ дар намоиши умумии онҳо муфассал баррасӣ карда мешаванд. Таҳқиқотҳо онҳо инчунин бештар ба моделҳои математикӣ нигаронида шудаанд, на ба таври муҳандисӣ, инчунин таҳқиқотҳо асосан бо минтақаи Руссия маҳдуд аст» [140].

«Наврузов С.Т. бевосита бо масъалаҳои гидроэнергетикаи Тоҷикистон машғул буд [141], аммо дар маҷмӯъ бо обёрӣ равона шудааст. Наврузов С.Т. асосноккунии назариявии бисёр масъалаҳои комплекси дар самти истифодабарии захираҳои обӣ ҳал кард. Қайд мекунад, ки сатҳи олии ташкили система иҷроӣ қатъии директиваҳои ташкилиро дар бар мегирад, ба монанди ҳуқуқи об, нархи об, нархи маҳсулоти кишоварзӣ, андоз аз ифлосшавӣ. Натиҷаҳои муҳимро дар бораи кори якҷояи гидроуслҳҳо дар каскад ба даст овард, масалан, ҳангоми ҳадди аксар кардани пуркунии ниҳонии обанборҳои пайдарпай ҷойгиршуда, инчунин ҳангоми маҳдуд кардани истеҳсоли умумии неруи барқ, коркарди обанборҳо бояд аз боло ба поён оғоз ёбад, яъне коркарди ҳар як обанбор бояд вақте оғоз шавад, ки ҳамаи обанборҳои болоӣ пурра кор кунанд» [141].

Барои ноил шудан ба идоракунии фаврӣ вазифаи оптимизатсияи речаи чараёни оби дарёи Вахш барои иншооти Роғун, ки махсус сохта мешавад, барои танзими мавсимӣ ва бисёрсола бо меъёри асосии таъмини истеъмолкунандагони ниҳой бо неруи барқ ҳал карда мешавад.

Дар боби мазкур натиҷаҳои таҳияи моделҳои мушаххаси идоракунии кори НБО-и Роғун аз нуктаи назари таъмини бозьтимоди истеъмолкунандагон бо неруи барқ оварда шудаанд.

Параметрҳои асосии лоиҳавии НБО Роғун:

а) тавоноии муқарраршуда 3760 МВт (6 агрегат аз 626,67 МВт).

б) сатҳи ҳисобшуда дар биефи поёӣ:

- сатҳи таъягоҳи форсированный (ФПУ) 1291,5 м;

- сатҳи муқаррарии дастгирӣ (НПУ) 1290 м;

- сатҳи ҳаҷми ғайрифаъл (УМО) 1185 м.

в) сатҳи ҳисобшудаи биефи поёӣ 982 м.

г) фишори холис:

- бузургтарин 320,0 м;

- ҳисобшуда 245,0 м;

- хурдтарин 200,0 м.

д) иқтидори обанбор:

- пурра 13.3 км³;

- муфид 10.3 км³.

4.2. Модели математикии танзими мавсимии НБО-и Роғун

Дар шакли умумӣ ҳисобҳо аз рӯйи модели пешниҳодшуда дар шакли чадвал иҷро карда мешаванд (Замимаи 10), тавре ки дар зер нишон дода шудааст (Модели 1).

Дар ин модел (чадвалҳо) дар сатрҳои 1 ва 2 маълумоти тақвими давраи таҳқиқотӣ сол ва моҳҳо нишон дода мешаванд.

Дар сатри сеюм, қараёни маълум ё пешбинишудаи об ба обанбор нишон дода мешавад ҳарчотӣ миёнаи моҳона, Q , м³/с.

Дар сатри чорум, ҳаҷми қараёни об ба обанбор дар як моҳ (аз рӯйи арзишҳои қимати Q), $W_{\text{воридшавӣ}}$, км³.

$$W_{\text{воридшавӣ}} = Q \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot n \quad (4.1)$$

Дар ин чо:

n - шумораи рӯзҳои ҳар моҳ

Дар сатри чорум, хароҷоти воқеӣ ё пешбинишудаи об аз тарафи НБО ҳамчун $Q_{\text{НБО}}$, ки меъёри миёнаи моҳона бо воҳиди $\text{м}^3/\text{с}$ истифода мегардад, нишон дода шудааст.

Дар сатри шашум, ҳаҷми оби гузашта аз НБО дар тӯли як моҳ (дар асоси қиматҳои маълуми $Q_{\text{НБО}}$), ҳамчун $W_{\text{НБО}}$ бо воҳиди км^3 ҳисоб карда мешавад.

$$W_{\text{НБО}} = Q_{\text{НБО}} * 60 * 60 * 24 * n \quad (4.2)$$

ки дар он: n - инчунин шумораи рӯзҳо дар як моҳ аст.

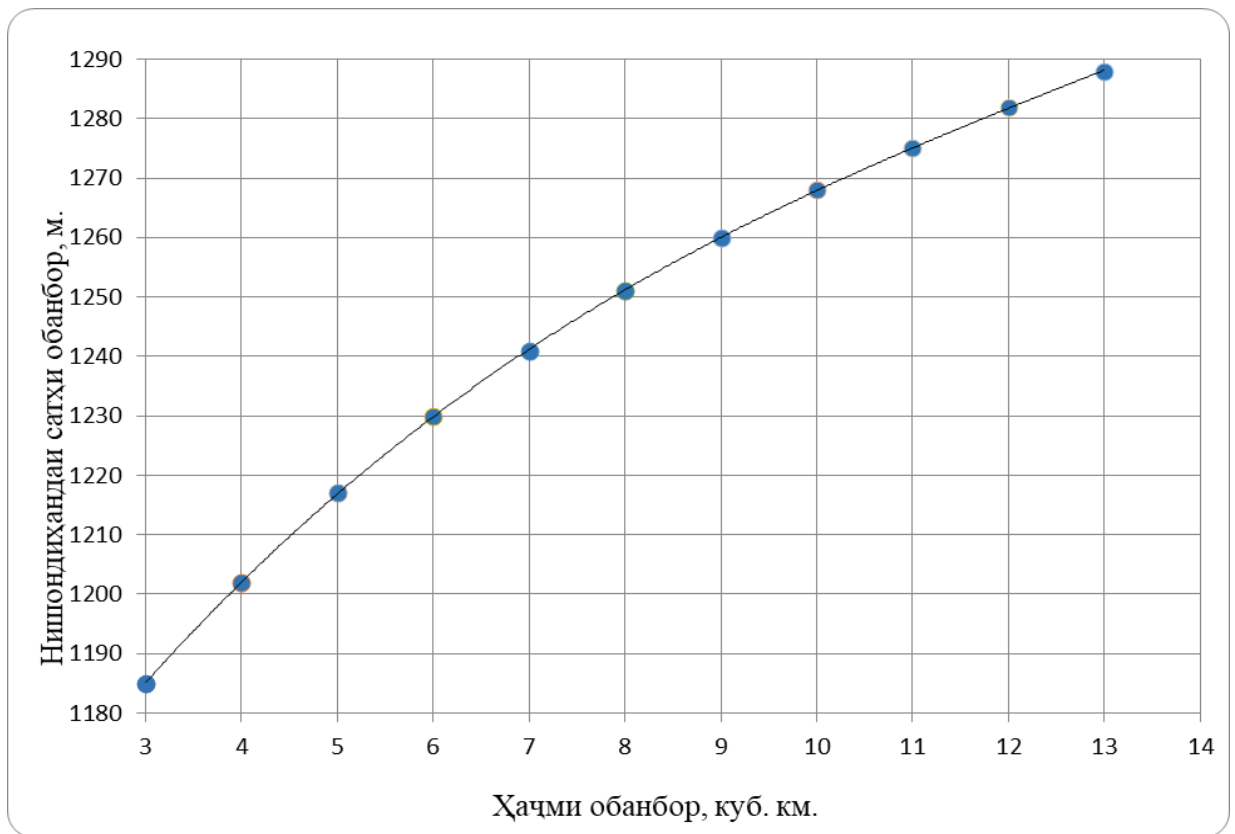
Сипас, дар сатрҳои ҳафтум ва ҳаштум ин ҳисоботҳо такрор мегардад, ки бо назардошти ҳаҷми аввалаи обанбор барои ҳар моҳи оянда ба ҳаҷми ниҳонии моҳи пешин баробар мебошад.

Дар сатри нухум, ҳаҷми миёнаи обанбор ҳамчун $W_{\text{миёнаи интиҳӣ}}$ ба тариқи зерин ҳисоб карда мешавад:

$$W_{\text{миёнаи интиҳӣ}} = (W_{\text{ибтидоӣ}} + W_{\text{интиҳӣ}}) / 2 \quad (4.3)$$

Дар сатри даҳум, нишондиҳандаҳои аздастравии об дар натиҷаи ҷолоишӣ оварда шудаанд, ки то ба даст овардани маълумоти аслий, мувофиқи пешниҳодҳои ҳуҷҷатҳои техникӣ, барои ҳар моҳ ба андозаи $0,01 \text{ км}^3$ баробар дар назар гирифта мешаванд.

Дар сатри ёздаум, ҳаҷми дастоварии об аз бухоршавӣ ба ченаки км^3 ҳисоб карда мешавад. Ин ҳисоб бо таъя ба вобастагии $H = f(W_v)$, ки дар расми 4.1 нишон дода шудааст.



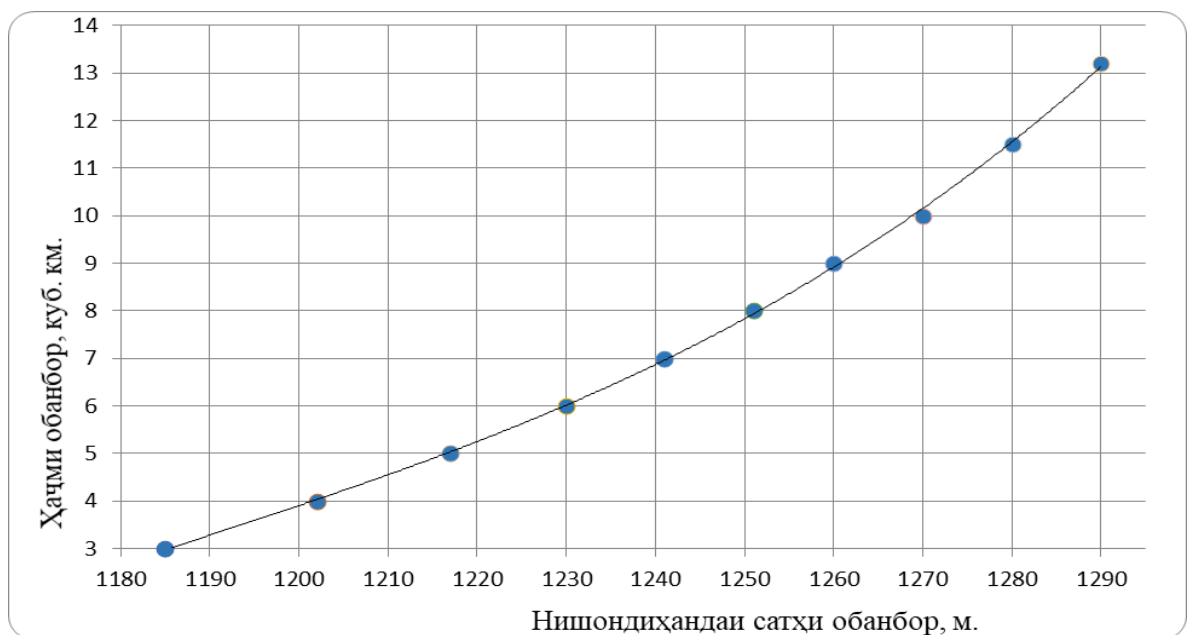
Расми 4.1. - Обанбори НБО-и Роғун. Вобастагӣ: $H=f(W)$

Манбаъ: маълумоти лоиҳаи Роғун.

Агар мо ин функсияро баръакс табдил диҳем, шумо вобастагии дилхоҳро ҳосил кунем:

$$W = f(H) \quad (4.4)$$

дар ҷадвали 4.1 ва дар расми 4.2 оварда шудааст.



Расми 4.2. - Обанбори НБО-и Роғун. Вобастагӣ: $W=f(H)$

Чадвали 4.1. - Вобастагии ҳаҷми обанбори Роғун аз нишонаи сатҳи он

H, м	1185	1203	1217	1230	1241	1251	1260	1268	1275	1282	1288	1290
W, км ³	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13,3

Аз ин ҷо, бо назардошти он, ки:

$$W_{\text{в-ща}} = \int S(H) dH \quad (4.5)$$

ки дар он: $S(H)$ - майдони сатҳи обанбор, ҳамчун функсияи сатҳи об дар он, вобастагии охиринро ба таври возеҳ ба даст овардан мумкин аст:

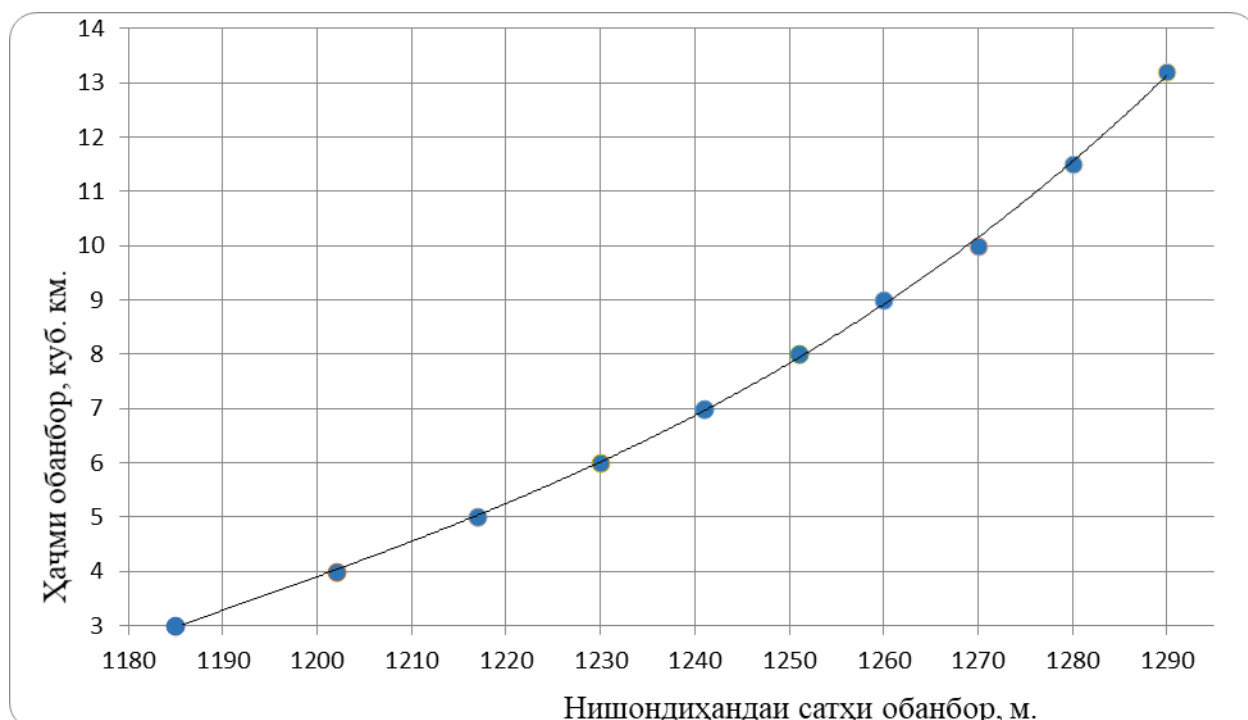
$$S(H) = \frac{dW_{\text{в-ща}}}{dH} = \frac{d(0,00000241821228785279H^3 - 0,00843530375184813H^2 + 9,85922059165082H - 3859,04622190149)}{dH} = \quad (4.6)$$

$$0,00000725463686355837 \cdot H^2 - 0,0168706075036963 \cdot H + 9,85922059165082$$

ки дар чадвали 4.2 оварда шудааст ва дар расми 4.3 нишон дода шудааст.

Чадвали 4.2. - Вобастагии майдони сатҳи обанбори Роғун аз нишонаи сатҳи он

H, м	1180	1200	1220	1240	1260	1280	1290
S, км ²	53,26	61,17	74,88	94,40	119,72	150,84	168,58

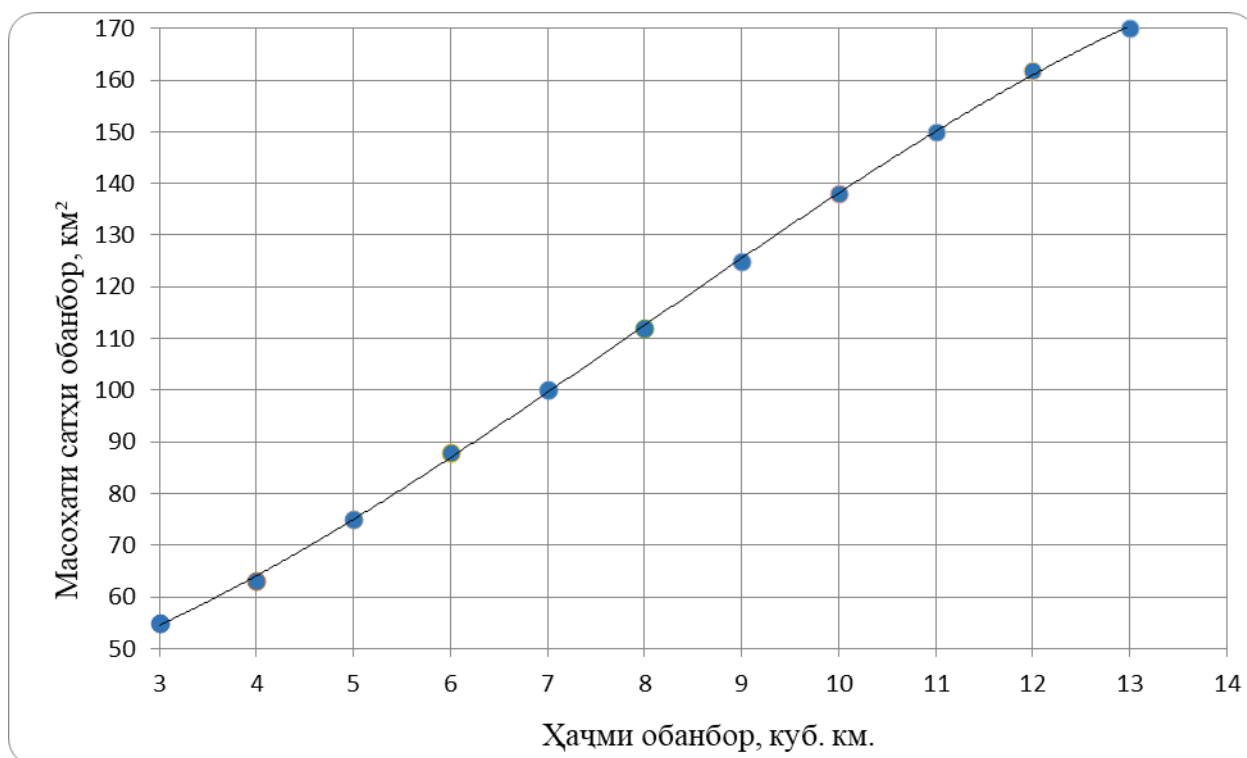


Расми 4.3. - Обанбори Роғун. Вобастагӣ: $S=f(H)$

Дар натиҷа, вобастагии $S = f(W)$, ки барои ҳисобҳои минбаъда зарур аст, дар чадвали 4.3 ва дар расми 4.4 оварда шудааст.

Ҷадвали 4.3. - НБО-и Роғун. Вобастагии $S = f(W)$

$W, \text{ км}^3$	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13,3
$S, \text{ км}^2$	54,69	62,85	72,45	83,91	95,52	107,60	119,72	131,47	142,51	154,27	164,91	168,58



Расми 4.4. - Обанбори НБО-и Роғун. Вобастагӣ: $S=f(W)$

Тибқи натиҷаҳои ҳосилшуда, метавонем талафоти об аз обанбори Роғунро бо истифода аз маълумоти таҳқиқоти дар ҳуҷҷатҳои лоиҳавии техникӣ пешниҳодшуда муайян намуд (ҷадвали 4.5).

Ҳисоби талафот дар сатри 11 сабт гардида, бо формулаи зерин сурат мегирад:

$$P_{\text{бухоршавӣ}} = S * t_{\text{талафот}} * 10^{-6} \quad (4.7)$$

Дар ин ҷо S :

$S = -0,0377792687 (W_{\text{давомнокии миёна}})^3 + 1,0055598849 (W_{\text{ср. промеж.}})^2 + 3,1891993856 W_{\text{давомнокии миёна}} + 36,7031932722$, дар сатри 12 арзишҳои дахлдори $t_{\text{талафот}}$ оварда шудаанд.

Ҷадвали 4.5. - Талафоти бухоршавии обанбори НБО-и Роғун

Моҳҳо	Қабати талафоти об барои бухоршавӣ аз сатҳи обанбор, t _{талафот} , мм.
Январ	43
Феврал	0
Март	20
Апрел	25
Май	39
Июн	73
Июл	105
Август	138
Сентябр	128
Октябр	89
Ноябр	91
Декабр	54
Дар сол	805

Пас аз ин дар сатри 13 арзишҳои натиҷаи миёнаи ҳаҷми обанбор дар як моҳ ҳисоб карда мешаванд, $W_{\text{ҳисоби миёна}}$

$$W_{\text{ҳисоби миёна}} = W_{\text{давомнокии миёна}} - P_{\text{полоиш}} - P_{\text{бухоршавӣ}} \quad (4.8)$$

Дар сатри 14 ҳаҷми партофтани ҳолӣ аз шарт ҳисоб карда мешавад:

- Агар $W_{\text{ҳисоби миёна}}$ (сатри 13) камтар аз ҳаҷми пурраи обанбор:

$$W_{\text{ҳисоби миёна}} < 13,3 \text{ км}^3 \quad (4.9)$$

$$\text{ба } P_{\text{бефоида}} = 0$$

- Агар $W_{\text{ҳисоби миёна}}$ (сатри 13) аз ҳаҷми пурраи обанбор калонтар аст:

$$W_{\text{ҳисоби миёна}} > 13,3 \text{ км}^3 \quad (4.10)$$

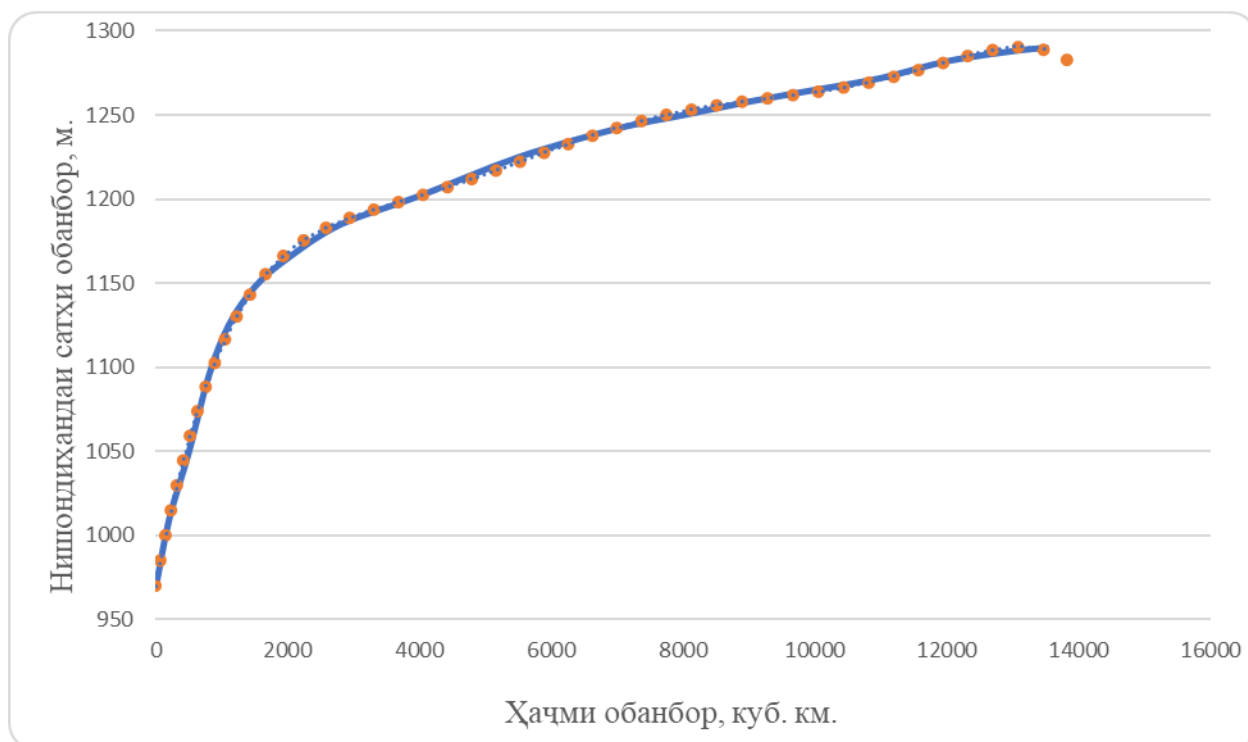
$$\text{ба } P_{\text{беҳуда}} = W_{\text{ҳисобимиёна}} - 13,3$$

Аз рӯйи ин арзишҳо дар сатри 15 арзишҳои мувофиқи $P_{\text{хол}}$ барои хароҷоти миёнаи якмоҳаи ҳолӣ, $Q_{\text{беҳуда}}$, аз рӯйи вобастагӣ ҳисоб карда мешаванд:

$$Q_{\text{хол}} = P_{\text{хол}} * \frac{10^0}{86400 * n} \quad (4.11)$$

дар куҷо: n - шумораи рӯзҳо дар як моҳ.

Ҳамаи ин имкон медиҳад, ки сатҳи мушаххаси (нишонаи) об дар обанбор ба ҳисоби миёна дар як моҳ ҳисоб карда шавад. Вобастагии лоиҳавӣ: $H = f(W)$ дар расми 4.5 нишон дода шудааст.



Расми 4.5. - Обанбори НБО-и Роғун. Вобастагӣ: $H=f(W)$ барои обанбор

Ин хати қач ба тамоми ҳаҷми обанбори НБО Роғун, аз ҷумла ҳаҷми истифоданашуда ва ғоиданок дахл дорад. Бо мақсади танзими кори насос, модели таҳиягардида танҳо ҳаҷми муфиди обанборро ба ҳисоб мегирад, бинобар ин барои муайян намудани сатҳи об муносибати дақиқтар истифода мешавад.

$$H_{6.6} = 0,0382192163 \cdot (W_{\text{миёнаи интиҳои}})^3 - 1,4945253298 \cdot (W_{\text{миёнаи интиҳои}})^2 + 25,8905708334 \cdot (W_{\text{миёнаи интиҳои}}) + 1\,120,1775065541 \quad (4.12)$$

Чунин ҳисобҳои $H_{6.6}$ дар сатри 17 оварда шудааст.

Дар сатри ҳаҷдахум, нишондиҳандаҳои сатҳи об дар биефи поёнии гидроузел ҳамчун вобастагӣ аз сарфи умумии об тавассути гидроузел (аз ҷумла ғайроияти НБО ва партофти ҳолӣ) оварда гардидаанд:

$$H_{6.6} = 0,0000000005 \cdot (Q_{\text{НБО}} + Q_{\text{беҳуда}})^3 - 0,0000032663 \cdot (Q_{\text{НБО}} + \quad (4.13)$$

$$Q_{\text{беҳуда}})^2 + 0,0071690948*(Q_{\text{НБО}} + Q_{\text{беҳуда}}) + 978,77$$

Ҳамчун вобастагии ду сатри охирин, дар сатри нуздаҳум, фишори умумӣ ба НБО, $H_{\text{брутто}}$ ҳисоб карда мешавад.

Дар сатри бистум, арзишҳои коэффитсиенти A ($= 9,81$ μ) дар вобастагии умумӣ барои ҳисоб кардани истеҳсоли неруи барқ нишон дода шудаанд:

$$\Xi = A * Q * H \quad (4.14)$$

ки то гузаронидани таҳқиқоти табиӣ дар ҳуди НБО-и Роғун, ба монанди НБО-и Норақ қабул шудааст:

$$A = 10,37901 - 0,00672 * H_{\text{брутто}} \quad (4.15)$$

Дар сатри бисту якум, ба монанди НБО-и Норақ арзишҳои ҳадди имконпазири кавитатсия ва қобилияти гузариши арзиши хароҷоти об тавассути НБО ҳисоб карда шудаанд:

$$Q_{\text{МАХ}} = 0,00003869*(H_{\text{брутто}})^4 - 0,03529695*(H_{\text{брутто}})^3 + 11,92065309*(H_{\text{брутто}})^2 - 1765,53505094*(H_{\text{брутто}}) + 98141,08410839 \quad (4.16)$$

Баъд аз ин дар сатри бисту ду, истеҳсоли неруи барқ дар як моҳ ҳисоб карда мешавад:

$$\Xi = A * Q_{\text{НБО}} * H_{\text{брутто}} \quad (4.17)$$

ва дар сатри бисту се, арзиши умумии истеҳсоли неруи барқ аз оғози давраи омӯзишӣ оварда шудааст.

Бо ин таҳияи модели математикии танзими мавсимии НБО-и Роғун ба анҷом мерасад. Ҷадвали ҳисобҳо аз рӯйи ин модел дар боло нишон дода шудааст Модели 1.

4.3. Модели математикии танзими бисёрсолаи НБО-и Роғун

Модели танзими мавсимӣ, ки дар боло таҳия гардида буд, метавонад барои танзими дарозмуддати маҷрои об мутобиқ карда шавад. Намунаи он дар поён пешниҳод шудааст (Модели 2).

Дар интихоби пешниҳодшуда, модел барои давраи солҳои 1990-2016 бо истифода аз маълумоти мушаххаси гидрологии дарёи Вахш сохта шудааст. Аз ин лиҳоз, дар сатри се сарфи миёнаи солонаи об тибқи ҷадвали 4.6 инъикос ёфтааст.

Дар ин модел дар муқоиса бо Модели 1 тағйироти зерин ворид карда шудааст:

Дар сатри чорум ҳаҷми обгузаронии солона нишон медиҳад, ки аз рӯйи вобастагӣ ҳисоб карда мешавад:

$$W_{\text{пр}} = Q_{\text{пр}} \frac{86499 * 365}{10^9} \quad (4.18)$$

Ҳамчунин ҳаҷми об тавассути НБО, $W_{\text{НБО}}$ дар сатри 6 ҳисоб карда мешавад.

Дар сатри даҳ, талафоти об барои филтркунӣ дар як сол доимӣ ва мувофиқи лоиҳа баробар ба $0.1 \text{ км}^3/\text{сол}$ қабул карда мешавад.

Дар сатри дувоздаҳ, арзиши t талафот мувофиқи замимаи 11 ба $805 \text{ мм}/\text{сол}$ қабул карда шудааст.

Дар сатри понздаҳ хароҷоти партофтани ҳолӣ $Q_{\text{хол}}$ аз рӯйи ҳаҷми маҷрои ҳолӣ аз рӯйи вобастагӣ ҳисоб карда мешавад:

$$Q_{\text{хол}} = P_{\text{хол}} \frac{10^9}{86400 * 365} \quad (4.19)$$

Истеҳсоли солонаи неруи барқ, $\mathcal{E}$, дар сатри бисту як аз рӯйи хароҷоти алоҳидаи об барои 1 кВт.соат , q ҳамчун функсияи фишори $H_{\text{брутто}}$ ҳисоб карда мешавад.

Дар ин ҳолат, вобастагии $q = f(H_{\text{брутто}})$ аз рӯйи маълумоти Модели 1 муайян карда мешавад. Онҳо дар ҷадвалҳои 4.6 ва 4.7 ва дар расми 4.6 нишон дода шудааст.

Ҷадвали 4.6. - НБО-и Роғун. Маълумот барои ҳисоб кардани хароҷоти ҳоси об барои тавлиди неруи барқ (Модел 1)

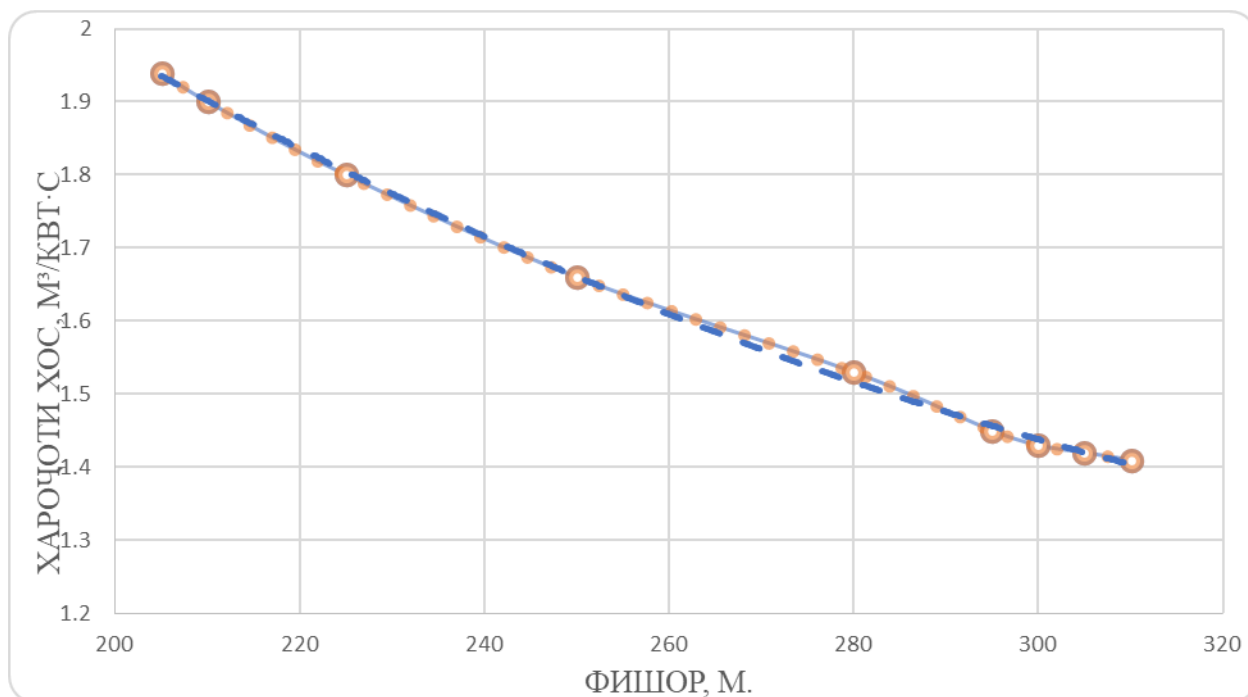
Ҳаҷми об тавассути НБО, $W_{\text{НБО}}, \text{ км}^3$	0,40	0,36	0,40	1,56	1,61	1,56	1,61	1,61	1,56	1,61	1,56	1,61
Истеҳсоли неруи барқ, Э, млрд. кВт.с	0,21	0,19	0,21	0,82	0,89	0,94	1,05	1,11	1,10	1,14	1,09	1,11
Фишори умумӣ ба НБО, $H_{\text{брутто}}, \text{ М.}$	206,18	206,60	206,59	211,61	226,17	249,60	277,37	297,62	307,61	307,69	302,74	296,48

Ҷадвали 4.7. - НБО-и Роғун. Хароҷоти ҳоси об барои истеҳсоли неруи барқ: $q = f(H)$

$Q/\text{Э}, \text{ м}^3/\text{кВт.с}$	1,408	1,408	1,425	1,444	1,448	1,524	1,658	1,797	1,899	1,938	1,938	1,941
Фишори умумӣ ба НБО, $H_{\text{брутто}}, \text{ М.}$	307,69	307,61	302,74	297,62	296,48	277,37	249,60	226,17	211,61	206,60	206,59	206,18

Дар ин ҳолат, барои ҳисоб кардани арзишҳои хароҷоти алоҳида, q , дар сатри 20 вобастагии полиноминалӣ қабул карда шуд, ки соддатар аст ва арзиши R^2 нисбат ба арзиши логарифмӣ каме баландтар аст:

$$q = 0,0000217455 \cdot (H_{\text{брутто}})^2 - 0,0163921897 \cdot (H_{\text{брутто}}) + 4,3951294852 \quad (4.20)$$



Расми 4.6. - НБО-и Роғун. Истеъмоли ҳоси об барои тавлиди неруи барқ

4.4. Модели танзими бисёрсолаи чараёни об аз чониби каскади НБО-и Роғун ва Норак

Модели 2, ки дар боби қаблӣ таҳия гардидааст, метавонад инчунин барои иҷрои ҳисобҳои арзёбии танзими дарозмуддати маҷрои оби дарёи Вахш ба манфиати соҳаи гидроэнергетика бо дарназардошти каскади ду НБО-и Роғун ва Норак мутобиқ гардонида шавад.

Ин имконият аз он сарчашма мегирад, ки ҳардуи НБО-ҳо дар як маҷрои дарё фаъолият намуда, аз руи параметри асосӣ фишор H , ба ҳам наздик мебошанд. Фарқиятҳо асосан дар нишондиҳандаҳои сарфи хоси об q барои тавлиди неруи барқ ба назар мерасад, ки онҳоро метавон дар ҳисобҳо ба осонӣ ба эътибор гирифт.

Намунаи тағйирёфтаи модел дар зер оварда шудааст. Дар доираи модели 3 чунин фарзия қабул мегардад, ик барои НБО-ҳои Роғун ва Норак, ки аз ҷиҳати нишондодҳо ба ҳам монанданд, метавон обанборҳои онҳоро шартан ба як низоми ягона муттаҳид намуд ва тамоми каскадро ҳамчун як иншооти ягонаи гидроэнергетикӣ баррасӣ кард, ки дар он ҳаҷми тавлиди неруи барқ ҷамъбаст мегардад.

Ҳамзамон, ҳаҷми муфиди обанбори НБО-и Норак, ки дар шароити кунунӣ $3,2 \text{ км}^3$ -ро ташкил медиҳад, ба ҳисоб гирифта мешавад.

Бо ҳамин тартиб, дар модели 3 параметрҳои зерин обанбори муттаҳидшуда қабул мешаванд:

- ҳаҷми умумӣ 16.5 км^3 ;
- ҳаҷми муфид 13.5 км^3 ;
- ҳаҷми ғайрифайдал 3 км^3 .

Дар ин ҳолат, нишондодҳои биефҳои болоӣ ва поёӣ, инчунин фишори гидроузли умумӣ мутобиқ ба нишондиҳандаҳои НБО-и Роғун қабул карда мешавад.

Бартариии асосии Модели 3 нисбат ба Модели 2 чунинанд:

Дар сатрҳои даҳ ва ёздаҳ талафоти об барои филтратсия ва бухоршавӣ нисбат ба Модели 2 ду баробар зиёд карда шудааст.

Дар сатри чордах партофтани холӣ (холостой сброс) аз ҳаҷми умумии ду обанбор (Роғун ва Норақ) ҳисоб карда мешавад:

$$= \text{агар } (C15 > 16,5; C15 - 16,5; 0)$$

Дар сатрҳои бист ва бистуяк хароҷоти алоҳидаи об барои истеҳсоли неруи барқ дар НБО-ҳои Роғун ва Норақ алоҳида ҳисоб карда мешавад. НБО-и Роғун дар Модели 2, барои НБО-и Норақ аз рӯйи нишондиҳандаҳои воқеии истгоҳ, ки дар ҷадвалҳои 4.8 ва 4.9 оварда шуда, дар расми 4.7 нишон дода мешавад.

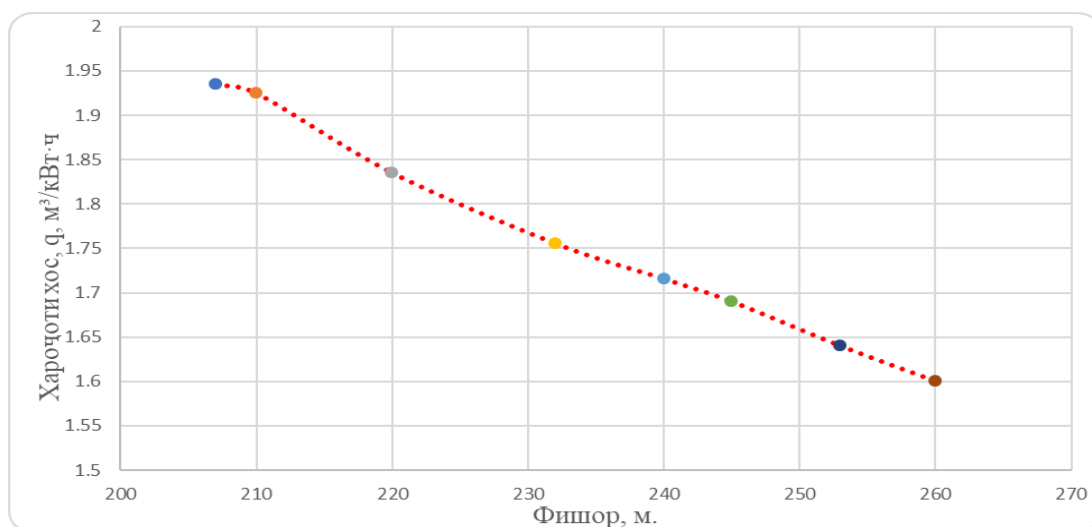
Оптимизатсияи режими кори каскади НБО-ҳои Роғун ва Норақ дар режими танзими бисёрсола (Модели 3) дар замиаи 12, ҷадвалҳои 4.17, 4.18 ва дар расми 4.21 оварда шудааст.

Ҷадвали 4.8. - НБО-и Норақ. Маълумот барои ҳисоб кардани истеъмоли хоси об барои тавлиди неруи барқ (Модели 3)

$W_{\text{НБО}}, \text{ км}^3$	1,87	1,30	1,38	1,48	1,47	1,24	1,27	1,62	2,05	2,16	2,52	2,19
$\Delta, \text{ млрд. кВт.с}$	1,17	0,81	0,85	0,88	0,84	0,68	0,67	0,84	1,06	1,18	1,46	1,34

Ҷадвали 4.9. - НБО-и Норақ. Хароҷоти хоси об барои истеҳсоли неруи барқ: $q = f(H)$ (Модели 3)

$W/\Delta, \text{ м}^3/\text{кВт.с}$	1,60	1,60	1,63	1,64	1,69	1,72	1,76	1,83	1,83	1,90	1,93	1,94
$H_{\text{брутто}}, \text{ м.}$	261,8	260,4	254,4	253,3	243,7	238,8	232,4	220,9	220,8	212	208,2	206,8



Расми 4.7. - НБО-и Норақ. Хароҷоти хоси об барои тавлиди неруи барқ. $q=f(H)$

Моделҳои математикии дар ин бахш таҳияшуда имкон медиҳанд, ки тамоми маҷмӯи масъалаҳои марбут ба идоракунии оперативии бузургтарин НБО-и Роғун, ки дар ҷумхурии сохта мешавад, аз ҷумла дар маҷмӯа бо НБО-и Норак ҳал карда шаванд.

4.5. Моделсозӣ ва таҳлили дурнамои рушди захираҳои гидроэнергетикӣ дар ҳавзаи дарёи Вахш

«Бо афзоиши аҳоли ва рушди пайвастаи иҷтимоию иқтисодӣ, талабот ба захираҳои энергетикӣ зиёд гардида, ҳамзамон фишор ба муҳити зист шиддат мегирад [142-144]. Гидроэнергетика ҳамчун манбаи тоза ва барқароршавандаи энергия дорои хусусиятҳои ҷун татқиқшавандагӣ, дастрасӣ, самаранокии баланд ва хароҷоти нисбатан паст буда, аз ин рӯ рушд ва истифодаи он дар миқёси ҷаҳонӣ эътирофи васеъ пайдо кардааст» [145, 146].

«Дар шароити афзоиши муттасили талабот ба неруи барқ ва тақвияти таъсири тағйирёбии глобалии иқлим [147], бисёр кишварҳо рушди гидроэнергетикаро яке аз самтҳои афзалиятноки сиёсати энергетикӣ қарор додаанд. Ин раванд ҳамчун воситаи муҳими муқовимат ба тағйирёбии иқлим ва таъмини рушди устувор арзёбӣ мегардад» [148, 149]. «Айни замон гидроэнергетика тақрибан 20 фоизи талаботи ҷаҳонии неруи барқро қонеъ менамояд. Зиёда аз 55 давлат беш аз нисфи истеҳсоли неруи [150] барқи худро аз ҳисоби неругоҳҳои барқи обӣ таъмин меkunанд, аз ҷумла 24 кишваре мавҷуданд, ки дар онҳо саҳми гидроэнергетика дар сохтори тавлиди неруи барқ зиёда аз 90 фоизро ташкил медиҳад» [151, 152].

Бо вучуди ин, низоми гидроэнергетикӣ ба тағйирпазирии иқлим ва тағйирёбии дарозмуддати он хеле ҳассос мебошад [151]. Ин ҳолат махсусан барои кишварҳои Осиёи Марказӣ, ки ба таъсири иқлим осебпазиранд, аҳамияти ҷиддӣ дорад [153]. Масалан, дар минтақаи Вилояти Мухтори Кӯҳистони Бадахшони Ҷумҳурии Тоҷикистон коҳиши назарраси масоҳати пириҳои Федченко ба қайд гирифта шудааст [154].

«Тибқи натиҷаҳои таҳқиқоти ширкати Hydro-Quebec, равандҳои марбут ба тағйирёбии иқлим - аз ҷумла барвақт об шудани барф дар фасли баҳор, коҳиши сарфи об дар тобистон ва афзоиши партофти об дар зимистон - метавонанд ба иқтидори тавлиди неру, танзими қуллаи сарборӣ, идоракунии талабот ва амнияти сарбандҳо таъсири ҷиддӣ расонанд» [155, 156].

Ҳамин тариқ, омӯзиши таъсири тағйирёбии иқлим ба захираҳои гидроэнергетикӣ ва таҳияи чораҳои мутобиқшавӣ барои таъмини устувории системаи энергетикӣ аҳамияти стратегӣ касб менамояд.

«Дар минтақаи Осиёи Марказӣ тамоюли фарқкунандаи иқлимӣ бо хусусияти «хушкшавии қисмати ғарбӣ ва намнокшавии қисмати шарқӣ» мушоҳида мегардад [157, 158]. Дар се даҳсолаи охир ҳарорати миёнаи солона дар ҳавза 1,2–1,8 °C боло рафта, ин раванд ба суръат гирифтани ақибнишинии пирияхҳо мусоидат намудааст».

«Натиҷаҳои моделсозӣ нишон медиҳанд, ки дар сурати афзоиши ҳарорат то 2 °C эҳтимол дорад дар марҳилаи кӯтоҳмуддат ҳаҷми сарфи об то 16,51% зиёд гардад» [159]. Тибқи маълумоти воҳиди таҳқиқоти иқлимии Climatic Research Unit (CRU), дар давраи солҳои 1970–2013 тағйирпазирии фазой ва мавсимии боришот дар ҳавза шиддат ёфтааст. Аз ҷумла, тамоюли хушкшавии фасли тирамоҳ ба қайд гирифта шуда (коҳиши нишондиҳандаҳои минтақавии хушксолӣ то 23%), ҳамзамон дар фасли баҳор зиёдшавии намнокӣ мушоҳида мегардад.

«Афзоиши ҳолатҳои боришоти шадид ба таҳшиншавии бештар дар обанборҳо оварда расонда, хушксолӣ бошад хавфи норасоии неруи барқро дар фасли зимистон зиёд менамояд» [159, 160].

Мақсади ин тадқиқот таҳлили миқдории ҳолати кунунии захираҳои гидроэнергетикӣ дар ҳавзаи дарёи Вахш ва арзебии тағйироти онҳо дар сценарияҳои гуногуни иқлимӣ мебошад.

Ин мақола ба динамикаи захираҳои гидроэнергетикӣ дар ҳавзаи дарёи Вахш бахшида шудааст ва ҳадафҳои зерин ба даст оварда шудаанд:

- арзёбӣ ва баҳодиҳии иқтисодии гидроэнергетикӣ дар ҳавзаи дарёи Вахш;
- таҳлили тағйирёбии эҳтимолии захираҳои гидроэнергетикӣ дар асоси сценарияҳои муҳталифи тағйирёбии иқлим.

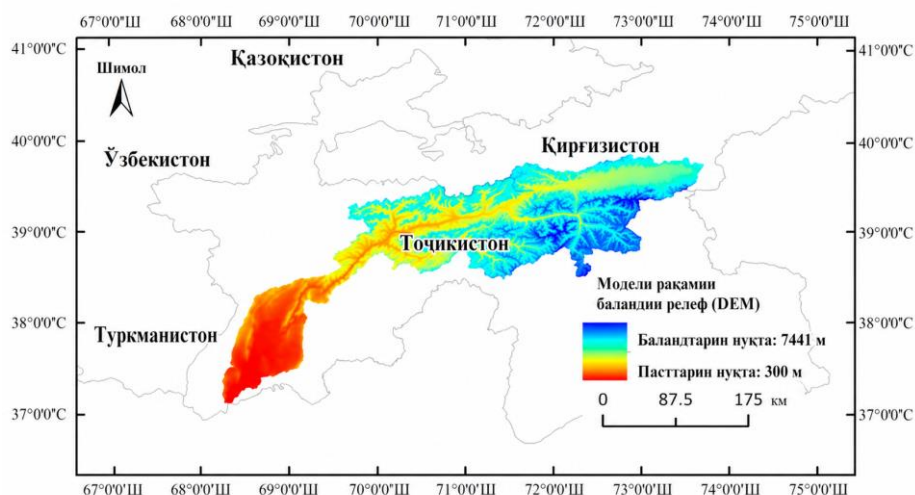
4.6. Маълумоти истифодашуда ва усулҳои таҳқиқи дурнамои рушди захираҳои гидроэнергетикӣ дар ҳавзаи дарёи Вахш

Ҳамчун объекти таҳқиқот ҳавзаи дарёи Вахш дар Ҷумҳурии Тоҷикистон интихоб гардид. Ин дарё аз қаторкӯҳҳои Даумурук дар ҷануби Қирғизистон сарчашма гирифта, аз ҳудуди Қирғизистон ва Тоҷикистон гузашта, дар ниҳоят ба Амударё ҳамроҳ мешавад.

«Дарозии умумии дарё 524 км-ро ташкил дода, масоҳати умумии ҳавзаи обҷамъкунӣ 39 100 км² мебошад, ки аз он тақрибан 7900 км² дар ҳудуди Қирғизистон ҷойгир аст. Қисмати болооби дарё дар ҷанубу шарқи Қирғизистон, дар марзи Чин ва Тоҷикистон воқеъ буда, дар арзҳои 39°–40° шимолӣ ва тӯлҳои 72°–74° шарқӣ қарор дорад» [161, 162].

Минтақаи сарчашма бо релефи кӯҳистонии баланд, қаторкӯҳҳои азим ва дараҳои чуқур тавсиф мешавад (расми 4.8). Баландии миёнаи маҳал аз сатҳи баҳр зиёда аз 3000 метрро ташкил медиҳад. Иқлими минтақа асосан континенталии муътадил буда, хусусиятҳои возеҳи иқлими баландкӯҳиро доро мебошад.

Дар қисмати болооб (аз 3000 м боло) ҳарорати миёнаи солона одатан аз 10 °С пасттар аст, дар ҳоле ки дар водиҳои поёноб ин нишондиҳанда то 18 °С мерасад. Қисмати ҷанубу шарқии ҳавза, аз ҷумла минтақаҳои наздик ба Помир, солона ба ҳисоби миёна тақрибан 511 мм боришот мегирад. Бо ҳаракат ба самти поёноб миқдори боришот ба таври назаррас коҳиш ёфта, дар баъзе ноҳияҳо ҳаҷми солонаи он аз 200 мм ҳам камтар мебошад.



Расми 4. 8. - Харитаи ҷойгиршавии минтақаи таҳқиқот

Маълумоти ҳарорат ва боришот барои давраи солҳои 1975–2016 аз ҷониби Агентии обуҳавошиносии назди Кумитаи ҳифзи муҳити зисти назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон пешниҳод гардид.

Барои давраи оянда (2020–2100) маълумоти дурнамо дар асоси моделҳои Лоихаи байналмилалӣ муқоисавӣ моделҳои иқлимӣ пайваستшуда (марҳилаи панҷум) – CMIP5 таҳия шуда, се сценарияи асосии консентратсияи газҳои гулхонаӣ – RCP2.6, RCP4.5 ва RCP8.5 – истифода гардиданд. RCP2.6 – сценарияи паст (коҳиши партобҳо, таъсири кам); RCP4.5 – сценарияи миёна (партобҳо устувор мешаванд); RCP8.5 – сценарияи баланд (афзоиши зиёд, таъсири шадид). «Ин сценарияҳо ба сатҳҳои маҷбуркунии радиатсионӣ мутаносибан 2,6; 4,5 ва 8,5 Вт/м² мувофиқ буда, пешбинӣ менамоянд, ки то соли 2100 консентратсияи CO₂ тақрибан ба 420, 540 ва 940 қисмҳо дар як миллион (ppm) мерасад» [162].

«Маълумоти вобаста ба қабати барф (1975–2016) ва инчунин маълумоти дурнамои Лоихаи байналмилалӣ муқоисавӣ моделҳои иқлимӣ пайвастшуда (марҳилаи шашум) – CMIP6 (2020–2100) аз пойгоҳи додаҳои Агентии миллии ҳавонавардӣ ва кайҳонии ИМА – NASA дастрас гардид» [163].

Маълумоти рақамии релеф (SRTM DEM) бо дақиқии 90 × 90 м барои минтақаи таҳқиқот аз платформаи Geospatial Cloud гирифта шуд.

Маълумоти истифодабарии замин ва нишондиҳандаҳои сарфи об барои давраи солҳои 1976–1990 аз Маркази миллии муҳити зисти Платои Тибет / «Қутби сеюм» дастрас карда шуданд.

4.7. Арзёбии захираҳои гидроэнергетикӣ

Иқтидори назариявии гидроэнергетикии дарё арзиши миёнаи дарозмуддати энергияи потенциалии гидравликии онро ифода менамояд, ки дар асоси ҳаҷми миёнаи солонаи сарфи об ва фарқияти баландии қитъаҳои алоҳида ҳисоб карда мешавад.

Дар таҳқиқоти мазкур барои ҳисоббарорӣ модели рақамии релеф (DEM) бо тақсмоти қитъаҳо ба фосилаи 20 км истифода гардид. Иқтидори назариявӣ бо дарназардошти фарқияти баландии байни буришҳои болооб ва поёноб ва инчунин ҳаҷми миёнаи солонаи сарфи об муайян карда шуда, аз рӯйи формулаи зерин ҳисоб карда мешавад [164]:

$$E_{TRWater} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot \Delta H \cdot t \quad (4.21)$$

ки дар он:

$E_{TRWater}$ – иқтидори назариявии гидроэнергетикии дарё (J);

ρ – зичии об (дар таҳқиқоти мазкур 1,0 кг/л қабул гардидааст);

g – шитоби афтиши озод (9,8014 м/с², мутобиқи Формулаи байналмилалии ҷозиба, соли 1979, барои арзи 39° ҳисоб шудааст);

Q – ҳаҷми миёнаи солонаи сарфи об (м³/с);

ΔH – фарқияти баландии байни қитъаҳои буриши болооб ва поёноб (м);

t – давомнокии вақт (8760 соат дар як сол).

4.8. Моделсозии таъсири тағйирёбии иқлим ба сарфи об

Бо дарназардошти он ки дар ҳавзаи дарёи Вахш саҳми сарфи барфоб дар ташаккули маҷрои умумии об хеле баланд мебошад, барои моделсозии равандҳои гидрологӣ дар шароити сенарияҳои гуногуни иқлимӣ модели гидрологии SRM (Snowmelt Runoff Model) истифода гардид.

Моделҳои SRM як модели концептуалии «дараҷа-рӯз» (degree-day) буда, масоҳати бо барф пӯшонидашударо ҳамчун яке аз нишондиҳандаҳои асосии воридотӣ ба инобат мегирад. Муодилаи асосии он тибқи формулаи (4.22) ифода мегардад [165].

$$Q_{n+1} = [C_{sn} \cdot a_n(T_n + \Delta T_n)S_n + c_{Rn}P_n] \frac{A \cdot 10,000}{86,400} (1 - k_{n+1}) + Q_n k_{n+1} \quad (4.22)$$

ки дар он:

Q – ҳаҷми миёнаи шабонарӯзии сарфи об ($\text{м}^3/\text{с}$);

C – коэффисиенти сарф, ки талафотро ҳамчун нисбати сарф ба боришот (runoff/precipitation) ифода мекунад;

C_s – коэффисиенти сарфи барфоб;

C_r – коэффисиенти сарфи оби боронӣ;

a – омили «дараҷа-рӯз», ки умқи обшавии барфро аз ҳисоби як дараҷа-рӯз нишон медиҳад ($\text{см} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \cdot \text{рӯз}^{-1}$);

ΔT – ислоҳи ҳарорат (экстраполятсия) аз истгоҳи мушоҳидавӣ ба баландии миёнаи гипсометрии ҳавза ё минтақаи баландию релефӣ ($^\circ\text{C}$);

S – ҳиссаи масоҳати бо барф пӯшонидашуда нисбат ба масоҳати умумӣ;

P – миқдори боришоте, ки дар ташаккули сарфи об иштирок мекунад;

A – масоҳати ҳавза ё минтақаи баландию релефӣ (км^2);

k – коэффисиенти коҳиш (recession coefficient), ки пастшавии сарфи обро дар давраҳои беобшавии барф ва бе боришот тавсиф менамояд;

n – пайдарҳамии рӯзҳо дар давраи ҳисобкунии сарф.

Ифодаи $\frac{10,000}{86,400}$ барои табдили воҳидҳо аз $\text{см}/\text{км}^2/\text{рӯз}$ ба $\text{м}^3/\text{с}$ истифода бурда мешавад.

Бо дарназардошти таъсири назарраси тағйирёбии иқлим дар Осиёи Марказӣ, низоми моделсозии мо барои ҳар се сценарияи концентратсияи намоёндагии партовҳо - RCP2.6, RCP4.5 ва RCP8.5 - татбиқ гардид. Барои ин дурнамои иқлимии маҷмӯаи моделҳои байналмилалӣ CMIP6 истифода шуд.

Аз ҷумла:

- RCP2.6 сценарияи коҳиши шадиди партовҳоро ифода намуда, расидан ба сатҳи партовҳои ҳолиси манфири то соли 2100 пешбинӣ мекунад;

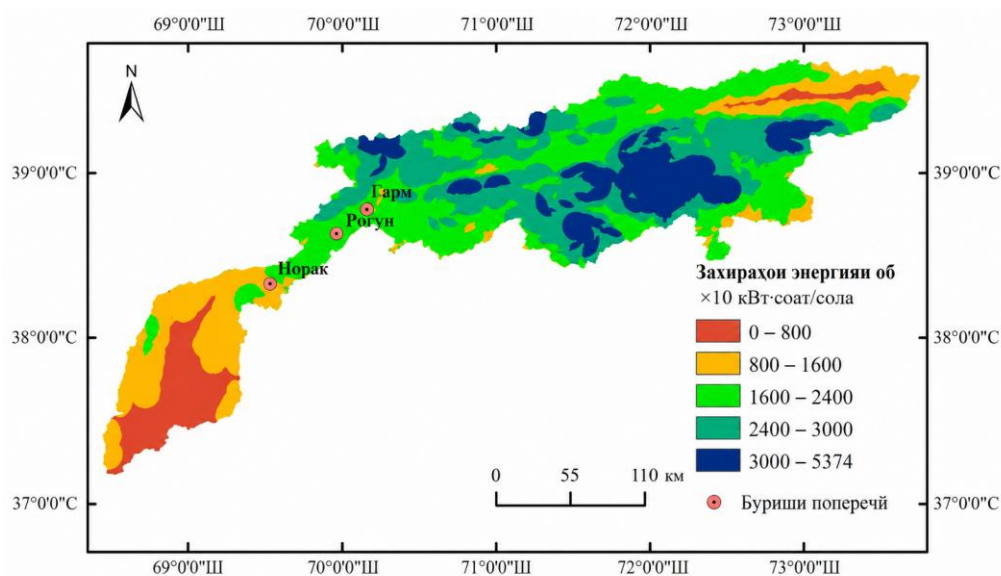
- RCP4.5 сиёсати мӯътадили танзими партовҳоро инъикос намуда, устуворшавии маҷбуркунии радиатсиониро дар сатҳи $4,5 \text{ Вт/м}^2$ то соли 2100 пешбинӣ менамояд;

- RCP8.5 сценарияи партовҳои баландро таҷассум намуда, дар сурати набудани чораҳои муассири коҳишдиҳӣ ба $8,5 \text{ Вт/м}^2$ маҷбуркунии радиатсионӣ то соли 2100 мерасонад.

4.9. Натиҷа ва муҳокимаи арзёбии захираҳои энергетикӣ обӣ дар ҳавзаи дарёи Вахш ва тақсими фазоии захираҳои гидроэнергетикӣ

Мувофиқи талаботи фосолаи оптималӣ байни НБО, фарқияти баландии қитъаҳои воҳидӣ бо қадами 20 км дар тамоми ҳудуди ҳавза ба таври нуқта ба нуқта арзёбӣ гардид. Барои ҳисоббарорӣ ҳаҷми миёнаи солонаи сарфи об дар қитъаҳои дарё бар асоси нишондиҳандаҳои бисёрсолаи солҳои 1976–1990 қабул карда шуд.

Натиҷаҳои ҳисоббарорӣ дар Расми 4.18 инъикос ёфтаанд.



Расми 4.9. - Тақсими фазоии захираҳои гидроэнергетикӣ дар ҳавзаи дарёи Вахш.

Ҳисобкунии захираҳои гидроэнергетикӣ ҳавзаи дарёи Вахш бо истифода аз формулаи (1) анҷом дода шуд. Дар ҳисобҳо зичии об (ρ) баробар

ба $1,0 \text{ кг/м}^3$, шитоби афтиши озод (g) – $9,8014 \text{ м/с}^2$ ва шумораи умумии соатҳои солони (t) – 8760 соат қабул гардид.

Тибқи натиҷаҳои таҳлил, захираҳои гидроэнергетикӣ дар ҳавзаи дарёи Вахш дар доираи васеъ тағйир ёфта, аз 52 то 537,4 млрд кВт·соат дар як солро ташкил медиҳанд. Қисмати асосии иқтидори баланд дар минтақаҳои кӯхистонии болооб ҷойгир буда, дар поёноб нишондиҳандаҳо нисбатан пасттаранд. Таҳлили омори нишон медиҳад, ки аксарияти ҳудудҳо дорои иқтидори назарраси энергетикӣ мебошанд ва беш аз 90 фоизи масоҳати ҳавза зиёда аз 100 млрд кВт·соат дар як сол имконияти истеҳсоли неру доранд.

Бо тақия ба инфрасохтори амалкунандаи гидроэнергетикӣ, барои арзёбии муфассал се қитъаи асосии гидрологӣ - Ғарм, Роғун ва Норақ - интиҳоб гардида, натиҷаҳои ҳисобҳо дар ҷадвали 4.10 пешниҳод шудаанд. Ин ҳолат аз фаровонии захираҳои гидроэнергетикӣ ва аҳамияти стратегии ҳавза дар таъмини амнияти энергетикӣ кишвар шаҳодат медиҳад.

Ҷадвали 4.10. - Ҳисоббарории захираҳои гидроэнергетикӣ дар қитъаҳои намунавии гидрологӣ

Ном	Фарқияти баландӣ (м) аз сатҳи баҳр	Ҳаҷми миёнаи солони сарфи об ($\text{м}^3/\text{с}$)	Захираҳои гидроэнергетикӣ ($\times 10^8 \text{ кВт} \cdot \text{соат/сол}$)
Ғарм	2007	321,92	554,65
Роғун	2036	645,00	1127,37
Норақ	1413	650,05	788,53

Тибқи натиҷаҳои ҳисоббарорӣ, қитъаи Роғун дорои иқтидори баландтарини гидроэнергетикӣ буда, пас аз он Норақ ва Ғарм ҷойгир мешаванд. Ин нишондиҳандаҳо аҳамияти стратегӣ қисми миёна ва болооби ҳавзаи дарёи Вахшро барои рушди минбаъдаи гидроэнергетика тасдиқ менамоянд.

Тибқи маълумоти ҷадвали 4.18, захираҳои гидроэнергетикӣ ҳар се қитъаи таҳқиқшуда аз 50 млрд кВт·соат дар як сол бештар мебошанд. Аз рӯйи ҳаҷми иқтидор тартиби онҳо чунин аст: Роғун > Норақ > Ғарм.

Натиҷаҳо нишон медиҳанд, ки тақсими захираҳои гидроэнергетикӣ дар қитъаҳои гуногун танҳо аз мавқеи болооб ё поёноб будан вобаста нест.

Гарчанде дар баъзе қитъаҳои поёноб (масалан, Фарм) ҳаҷми миёнаи солонаи сарфи об баландтар бошад ҳам, фарқияти назарраси баландӣ дар қитъаҳои алоҳида метавонад таъсири ҳалкунанда дошта, ба натиҷаи умумии ҳисоббарорӣ бештар таъсир расонад.

Ин ҳолат собит менамояд, ки дар арзёбии иқтидори гидроэнергетикӣ омилҳои морфометрӣ (махсусан фарқияти баландӣ) дар баробари ҳаҷми сарфи об нақши калидӣ мебозанд.

4.10. Хусусиятҳои тақсимои эҳтимолии захираҳои гидроэнергетикӣ

Бо назардошти он ки сарфи солонаи об дорои тағйирпазирӣ ва номуайянии баланд мебошад, ин омил метавонад барои рушди энергетикаи обӣ мушкилот эҷод намояд. Бо мақсади коҳиш додани хавфҳо ва асоснок намудани сармоягузориҳои иқтисодӣ, омузиши қонуниятҳои тақсимои эҳтимолии захираҳои гидроэнергетикӣ аҳамияти муҳим дорад.

Дар ин замина, барои се қитъаи намоёндагӣ - Фарм, Роғун ва Норақ - таҳлили омӯрӣ бо истифода аз тақсимои Пирсон навъи III (Pearson Type III) гузаронида шуд. Натиҷаҳои бадастомада дар расми 4.10 пешниҳод гардидаанд.

Тибқи натиҷаҳо, ҳангоми сатҳи таъмини кафолатнокӣ дар ҳудуди $75\% \leq p \leq 90\%$, диапазони тақсимои захираҳои гидроэнергетикӣ чунин муайян гардид:

- барои Фарм: аз $1,64 \times 10^{10}$ то $1,81 \times 10^{10}$ кВт·соат дар як сол;
- барои Роғун: аз $3,33 \times 10^{10}$ то $3,67 \times 10^{10}$ кВт·соат дар як сол;
- барои Норақ: аз $2,33 \times 10^{10}$ то $2,57 \times 10^{10}$ кВт·соат дар як сол.

Ҳангоми банақшагирии неругоҳҳои силсилавии обӣ (каскадӣ), муайян намудани иқтидори кафолатнок ҳамохангсозии фаъолияти неругоҳҳои болооб ва поёнобро талаб менамояд. Азбаски меъёри маъмулӣ барои таъмини кафолатнокӣ одатан дар ҳудуди 75-90% қарор дорад, қитъаҳои мазкур барои банақшагирии минбаъдаи истифодаи гидроэнергетикӣ дар ин доираи эҳтимоли муносиб арзёбӣ мегарданд.

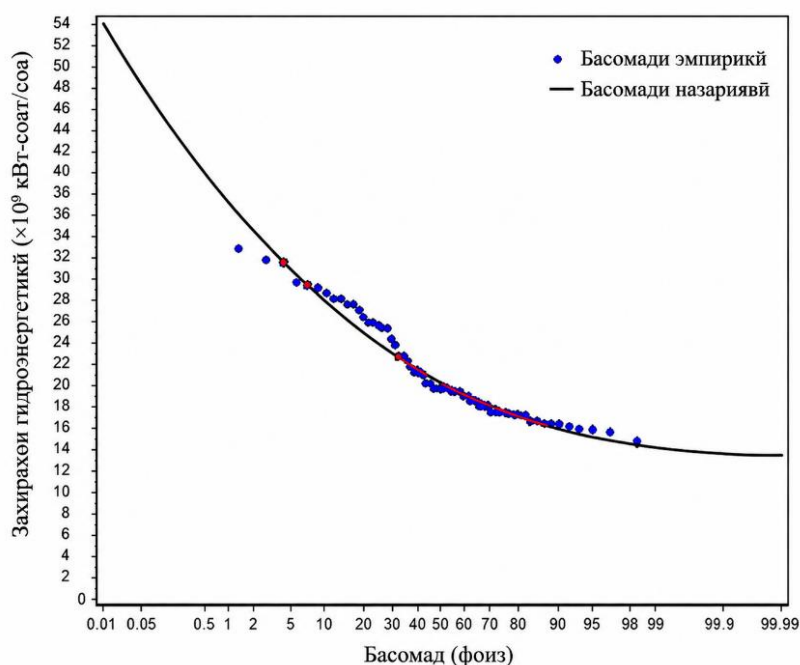
4.11. Хусусиятҳои тақсими дохили солони захираҳои гидроэнергетикӣ

Тақсими дохилисолони захираҳои гидроэнергетикӣ асоси муҳим барои тарҳрезии ҳаҷми обанборҳои танзимкунанда дар неругоҳҳо ба ҳисоб меравад, зеро он имкон медиҳад танзими захираҳои об дар давраҳои ғайриселобӣ таъмин карда шавад.

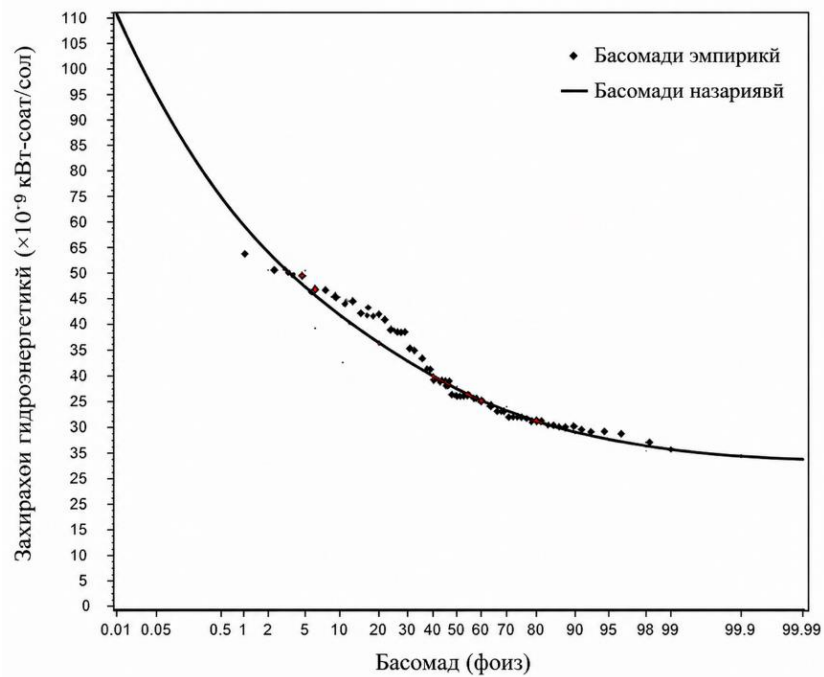
Таҳлили омории маълумоти миёнасолаи давраи солҳои 1976-1985 натиҷаҳои зеринро нишон дод (ниг. расми 4.10):

Тибқи маълумоти расми 4.10 тақсими дохилисолони захираҳои гидроэнергетикӣ хеле номутавозин мебошад. Қиматҳои пасттарин дар моҳҳои январ–март ба қайд гирифта шуда, мутаносибан $6,03 \times 10^8$; $12,24 \times 10^8$ ва $8,58 \times 10^8$ кВт·соатро ташкил медиҳанд, ки барои ҳар як қитъа тақрибан 2,77% ҳаҷми солонро дар бар мегирад.

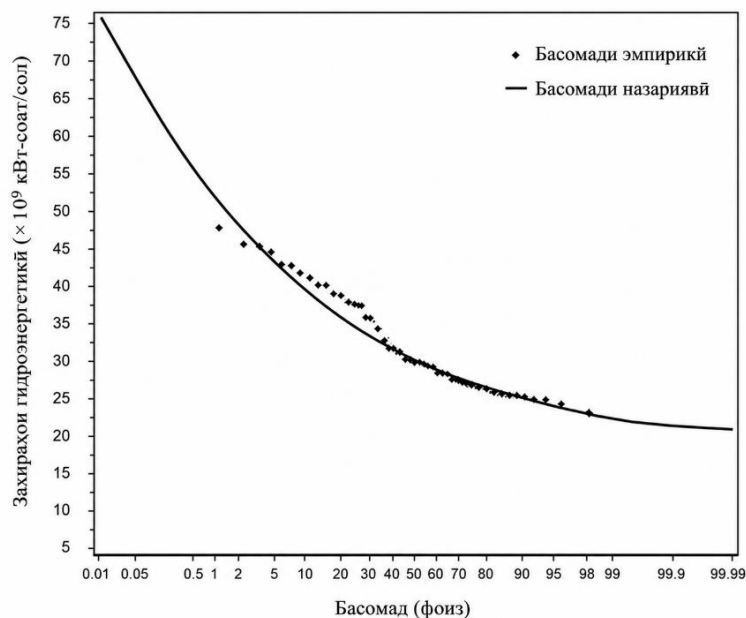
Баръакс, баландтарин нишондиҳандаҳо дар моҳи июн мушоҳида мешаванд - $47,83 \times 10^8$; $97,04 \times 10^8$ ва $68,02 \times 10^8$ кВт·соат, ки ба ҳисоби миёна 21,96% аз ҳаҷми умумии солонро ташкил медиҳанд.



(А) Дидбонгоҳи Ғарм



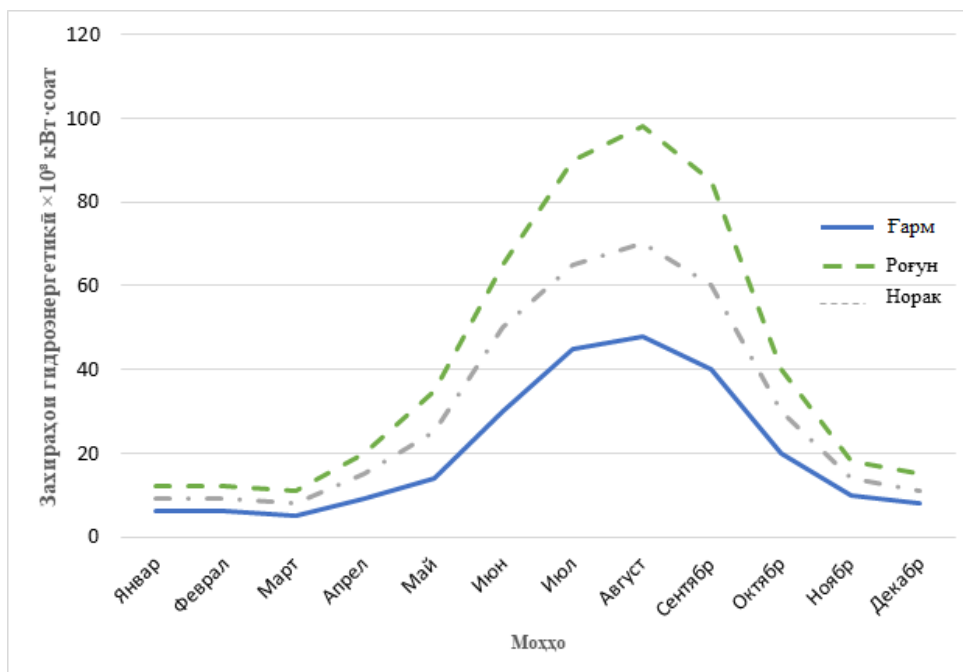
(Б) Дидбонгоҳи Роғун



(В) Дидбонгоҳи Норак

Расми 4.10. - Тақсими эҳтимолии захираҳои гидроэнергетикӣ

Дар маҷмӯъ, ҷиҳеле дар расми 4.11 нишон дода, ба давраи серобӣ (май–сентябр) 75,13% ҳаҷми умумии захираҳои гидроэнергетикӣ рӯст меояд, дар ҳоле ки ҳафт моҳи боқимонда танҳо 24,87%-ро дар бар мегиранд. Ин ҳолат зарурати танзими мавсимии захираҳои об ва банақшагирии иқтисодии обанборҳоро барои таъмини устувории таъминоти энергетикӣ дар фасли камобӣ нишон медиҳад.



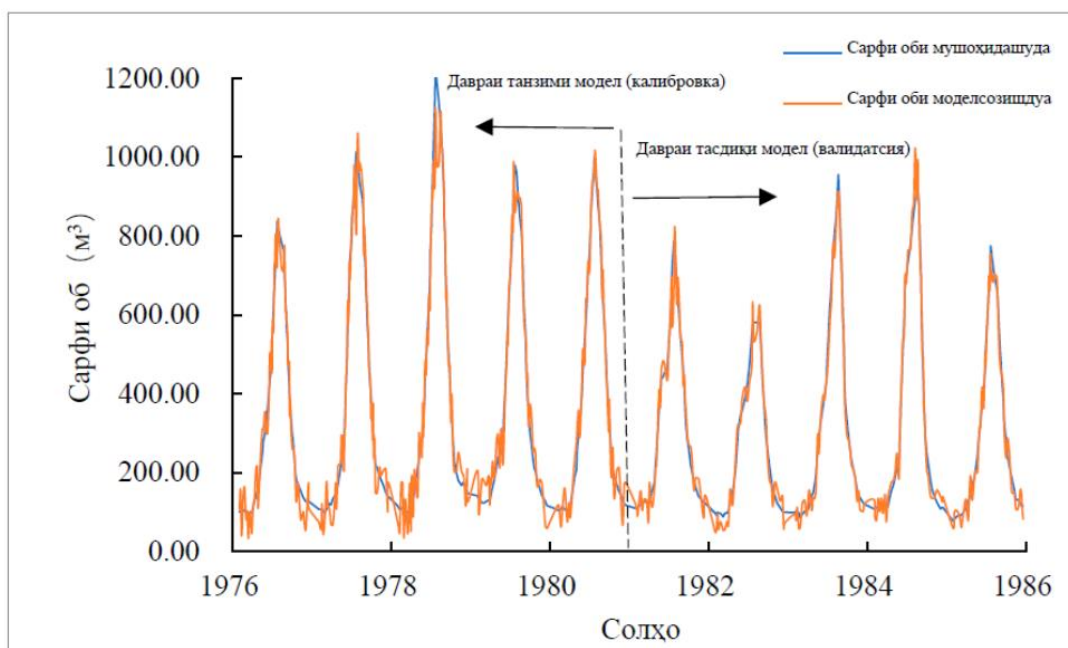
Расми 4.11. - Хусусиятҳои тақсими захираҳои гидроэнергетикӣ дар давоми сол

4.12. Таъсири тағйирёбии иқлим ба захираҳои гидроэнергетикӣ ва сарфи об

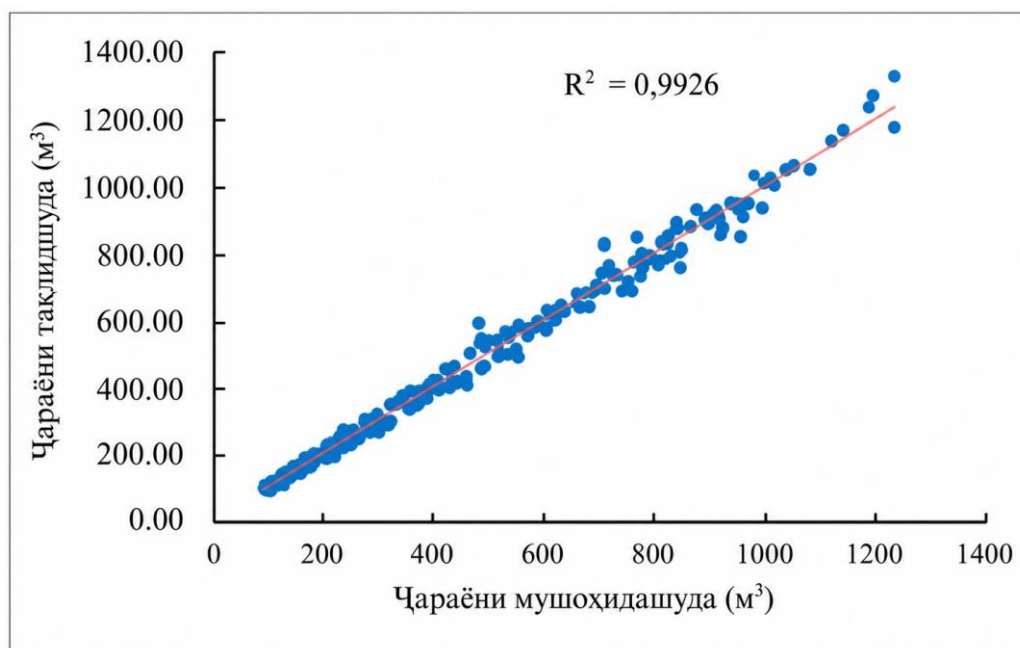
Дар ҳавзаи дарёи Вахш обшавии пирахҳо ва барф, ки зери таъсири тағйирёбии иқлим қарор доранд, ба ташаккули сарфи дарё таъсири назаррас мерасонанд. Бо ин мақсад дар таҳқиқоти мазкур барои моделсозии тағйирёбии сарфи об модели SRM (Snowmelt Runoff Model) истифода гардид.

Барои танзими (калибровкаи) модел маълумоти солҳои 1976–1980 аз дидбонгоҳи гидрологии Ғарм истифода шуда, барои санҷиши дурустии модел (валидация) маълумоти солҳои 1981–1985 ба кор бурда шуданд. Натиҷаҳои моделсозӣ дар расми 12 пешниҳод гардидаанд.

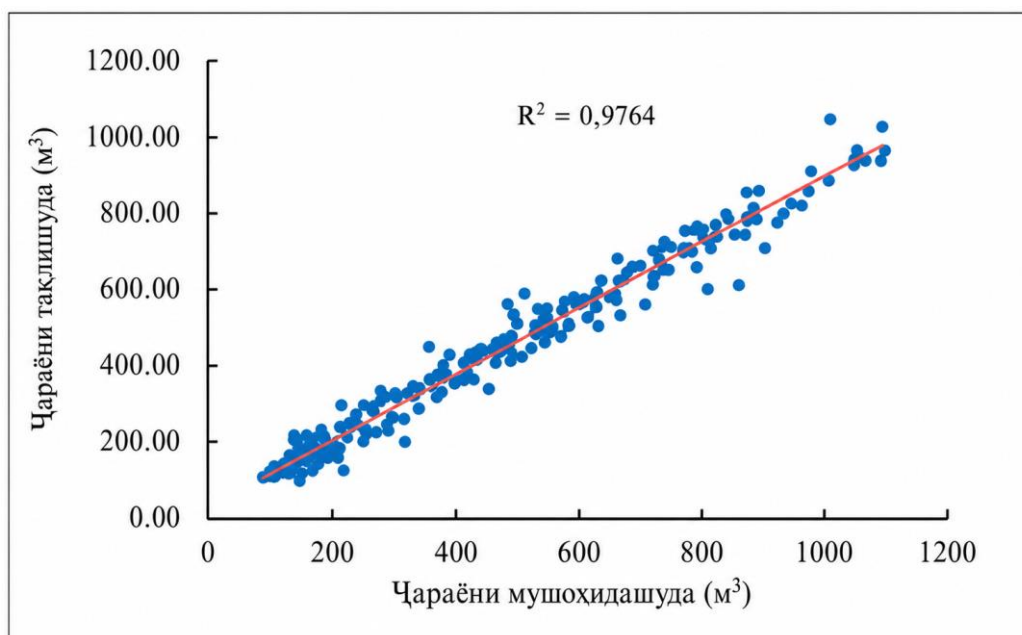
Тавре ки аз расми 13 бармеояд, мувофиқати баланди байни маълумоти мушоҳидашуда ва натиҷаҳои моделсозӣ ҳам дар марҳилаи танзим ва ҳам дар марҳилаи санҷиш ба назар мерасад. Барои арзёбии дақиқии модел аз нишондиҳандаҳои оморӣ – коэффисиенти детерминатсия (R^2) ва коэффисиенти самаранокии Nash–Sutcliffe (NSE) - истифода гардид. Натиҷаҳои ҳисобшуда дар Расми 4.13 инъикос ёфтаанд.



Расми 4.12. - Моделсозии сарфи об дар қитъаи гидрологии Фарм дар асоси модели SRM



(А) Давраи калибрченкунӣ (1976–1980)



(В) Давраи тасдиқкунӣ (1981–1985)

Расми 4.13. - Муқоисаи сарфи воқеӣ ва моделсозӣшудаи шабонарӯзӣ бо истифода аз диаграммаҳои пароканда (scatter plot)

Қиматҳои баланди R^2 ва NSE ($>0,97$) далели мувофиқати хеле хуби модел бо маълумоти воқеӣ буда, қобилияти он барои моделсозии сарфи об дар шароити тағйирёбии иқлимро тасдиқ менамоянд.

Моделҳои SRM дар моделсозии равандҳои гидрологӣ дар истгоҳи гидрологии Ғарм дақиқии баланд нишон дода, қобилияти амалии худро барои истифода дар ҳавзаи дарёи Вахш дар таҳқиқоти дурнамоӣ тасдиқ менамояд. Ин натиҷаҳо имконият медиҳанд, ки модел барои арзёбии минбаъдаи таъсири тағйирёбии иқлим ба сарфи об ва захираҳои гидроэнергетикӣ истифода бурда шавад.

Бо вуҷуди ин, бояд қайд кард, ки сатҳи баланди мувофиқат метавонад қисман ба давраи нисбатан кӯтоҳи қаторҳои маълумотӣ, ки барои моделсозӣ истифода шудаанд, вобаста бошад. Маҳдудияти давомнокии силсилаи вақт метавонад ба натиҷаҳо дараҷаи муайяни номуайяний ворид намояд ва ҳангоми таҳлили дурнамои дарозмуддат бояд ин омил ба инобат гирифта шавад.

Тағйирёбии нишондиҳандаҳои иқлимӣ – ҳарорати максималӣ ($T_{\text{макс}}$), ҳарорати минималӣ ($T_{\text{мин}}$), ҳарорати миёна ($T_{\text{миёна}}$) ва боришот (P) – барои минтақаи таҳқиқот нисбат ба давраи моделсозӣ дар ҷадвали 4.11 пешниҳод гардидааст.

Чадвали 4.11. - Қиматҳои тағйирёбии сценарияҳои иқлимӣ дар ҳавзаи дарёи Вахш нисбат ба давраи асосӣ (1976–1986)

Нишондиҳанда	Сценария	2030	2040	2050	2060	2070	2080
Т_{макс} (°C)	RCP2.6	0,19	0,18	0,33	0,46	0,44	0,27
	RCP4.5	0,20	0,28	0,36	0,52	0,62	0,61
	RCP8.5	0,21	0,51	0,76	0,83	1,19	1,40
Т_{мин} (°C)	RCP2.6	0,22	0,22	0,35	0,40	0,44	0,27
	RCP4.5	0,26	0,32	0,33	0,50	0,49	0,51
	RCP8.5	0,19	0,46	0,63	0,70	1,04	1,15
Т_{миёна} (°C)	RCP2.6	0,21	0,20	0,34	0,43	0,44	0,27
	RCP4.5	0,23	0,30	0,35	0,51	0,56	0,56
	RCP8.5	0,20	0,49	0,69	0,76	1,12	1,28
Р (мм)	RCP2.6	6,67	5,96	6,97	9,60	6,06	11,41
	RCP4.5	6,27	3,79	8,18	9,86	8,16	8,75
	RCP8.5	8,19	8,22	10,44	8,25	6,72	6,21

Таҳлили маълумоти чадвали 4.11 нишон медиҳад, ки дар панҷоҳ соли оянда дар ҳавзаи дарёи Вахш тамоюли умумии гармшавии иқлим пешбинӣ мегардад. Афзоиши миёнасолаи ҳарорат дар доираи 0,31–0,82 °C арзёбӣ шуда, боришот низ ба ҳисоби миёна тақрибан 8 мм зиёд мегардад.

Аз нигоҳи сценарияҳои иқлимӣ, дараҷаи афзоиши ҳарорат мутобиқи тартиби RCP2.6 <RCP4.5 <RCP8.5 тағйир меёбад. Дар сценарияи RCP2.6 болоравӣ беш аз 0,3 °C, дар RCP4.5 беш аз 0,4 °C ва дар RCP8.5 зиёда аз 0,7 °C-ро ташкил медиҳад. Дар мавриди боришот бошад, афзоиш дар ҳамаи сценарияҳо тақрибан дар ҳудуди 7,5–8,0 мм боқӣ мемонад.

Бо истифода аз параметрҳои калибровкашуда, модели SRM барои ҳисоб намудани қиматҳои миёнаи моҳонаи ҳарорати максималӣ (Т_{макс}), ҳарорати минималӣ (Т_{мин}), ҳарорати миёна (Т_{миёна}) ва боришот дар шароити сценарияҳои RCP2.6, RCP4.5 ва RCP8.5 татбиқ гардид. Натиҷаҳои моделсозӣ дар Расми 4.23 пешниҳод шудаанд.

Тибқи натиҷаҳои расми 4.23, бо зиёд шудани ҳарорат ва боришот ҳаҷми сарфи об низ ба дараҷаҳои гуногун афзоиш меёбад. Дар панҷоҳ соли оянда, бо сатҳи эътимоднокии 95%, ҳаҷми умумии сарфи об барои қитъаҳои Фарм, Роғун ва Норак мутаносибан $415,64 \pm 57,77$; $832,78 \pm 114,52$ ва $839,30 \pm 168,09$ м³/соняро ташкил медиҳад.

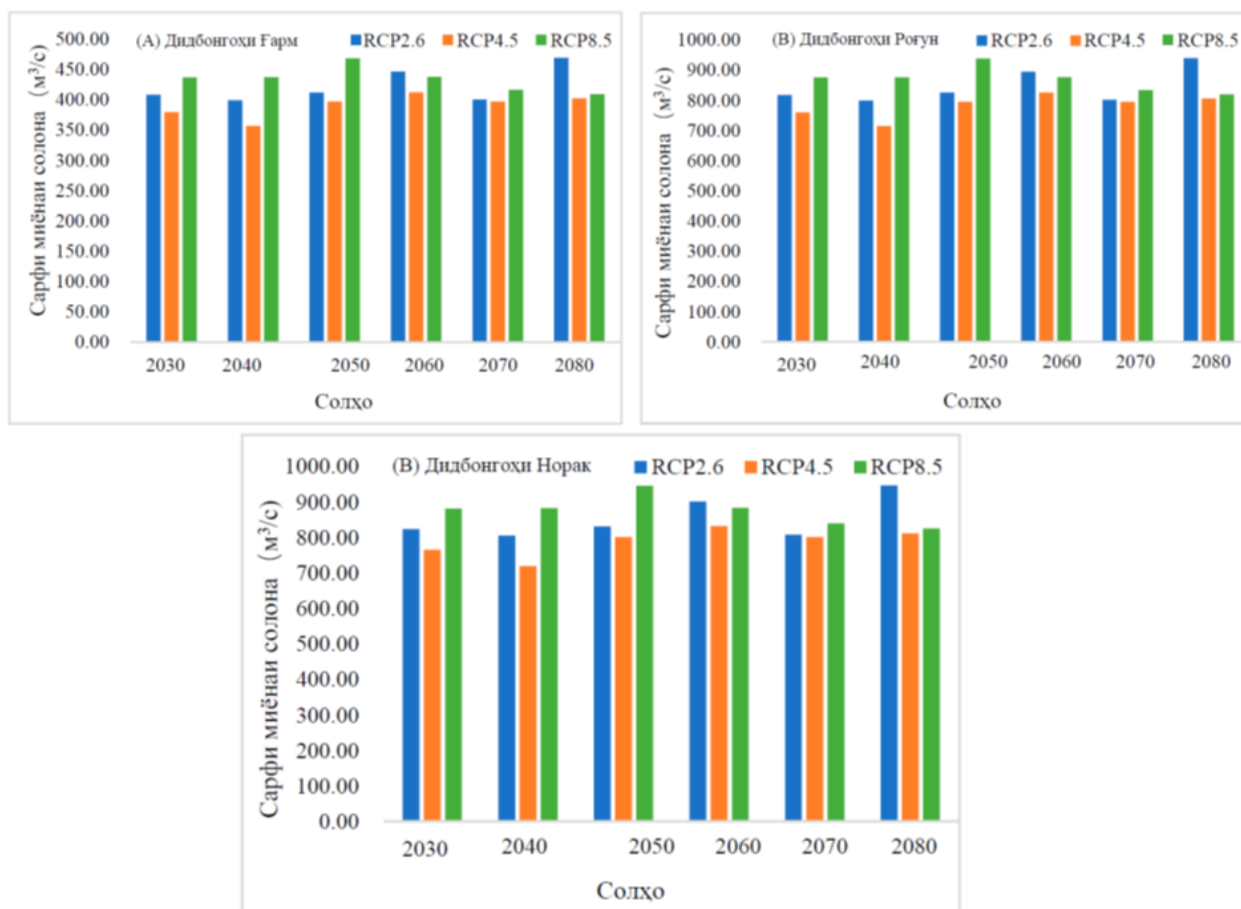
Тамоюли афзоиши сарф мутобиқи пайдарҳамии RCP4.5 <RCP2.6 <RCP8.5 ба қайд гирифта шудааст, ки аз тамоюли тағйирёбии боришот фарқ

мекунад. Ин номувофикатӣ бо он шарҳ дода мешавад, ки дар ҳавза саҳми асосии ташаккули сарф ба обшавии барф ва пиряхҳо вобаста буда, баландшавии ҳарорат низ нақши ҳалқунанда мебозад.

Бо сатҳи эътимоднокии 95%, афзоиши сарфи об дар қитъаҳои Ғарм, Роғун ва Норақ мутаносибан $93,72 \pm 13,04$; $187,78 \pm 25,84$ ва $189,25 \pm 37,91$ м³/сонияро ташкил дода, барои ҳар се қитъа афзоиш қариб ба 30% мерасад.

Натиҷаҳои таҳқиқоти мазкур бо ҳулосаҳои пажӯҳишҳои қаблӣ ҳамоҳанг мебошанд. Тибқи арзёбиҳои илмӣ, дар Осиёи Марказӣ тамоюли гузариш ба иқлими гармтар ва нисбатан намноктар пешбинӣ мегардад. Баландшавии ҳарорат боиси афзоиши обшавии барфу пиряхҳо гардида, дар навбати худ сарфи об дар минтақаҳои наздик ба пиряхҳоро зиёд менамояд.

Ин тағйироти иқлимӣ метавонад ба афзоиши басомад ва шиддати селу обхезиҳо дар минтақаи Осиёи Марказӣ мусоидат намояд [121], ки зарурати тақвияти идоракунии захираҳои об ва мутобиқсозии инфрасохтори гидротехниро тақозо мекунад.

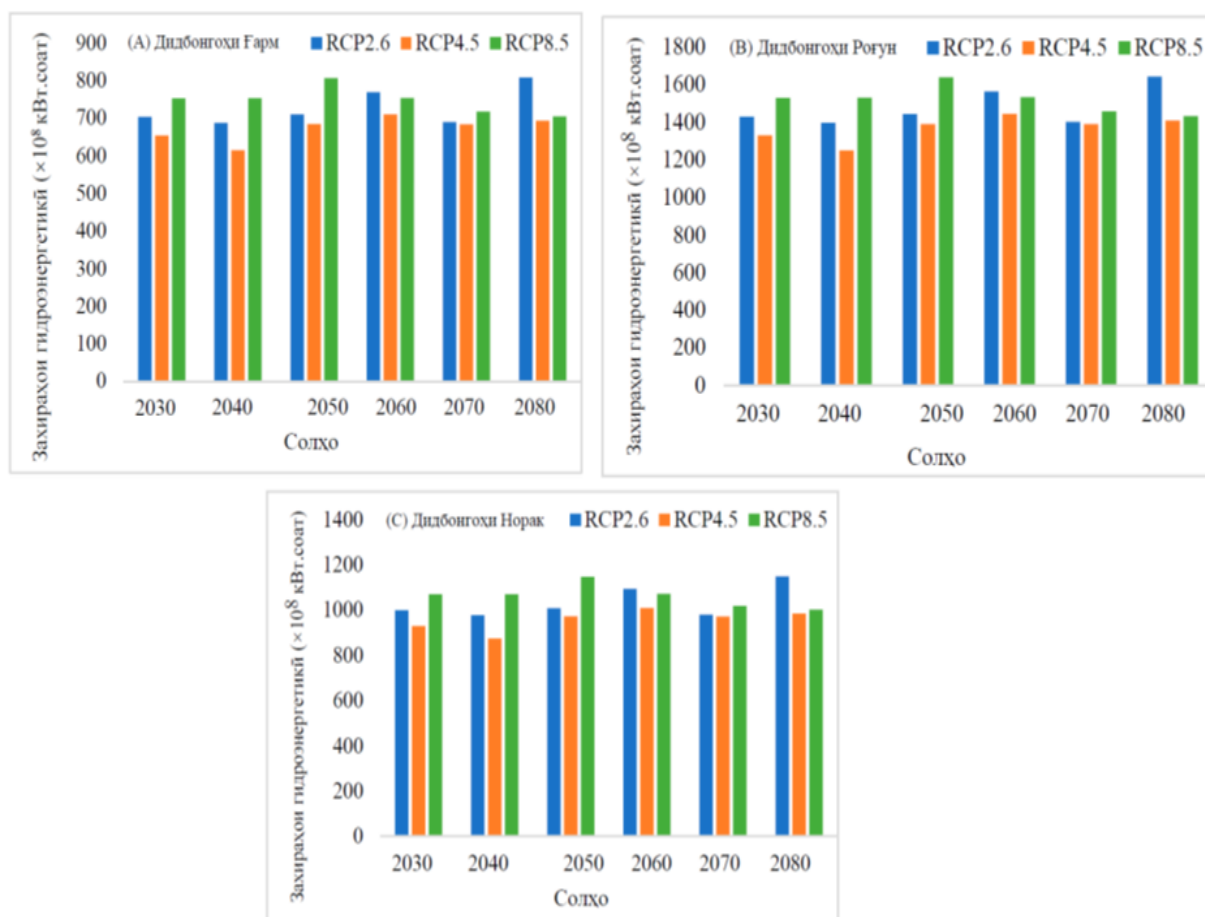


Расми 4.14. - Тағйирёбии сарфи об дар шароити сценарияҳои гуногуни иқлимӣ

4.13. Таъсири тағйирёбии иқлим ба захираҳои гидроэнергетикӣ

Дар асоси натиҷаҳои моделии истеъмоли об дар сценарияҳои гуногуни иқлимӣ тағирот дар захираҳои гидроэнергетикӣ аз рӯи формулаи (1) ҳисоб карда шуд.

Натиҷаҳои ҳисоббарорӣ дар расми 4.15 пешниҳод гардидаанд, ки динамикаи тағйирёбии иқтидори гидроэнергетикӣ дар қитъаҳои таҳқиқшуда дар шароити гуногуни иқлимиро инъикос менамоянд.



Расми 4.15. - Тағйирёбии захираҳои гидроэнергетикӣ дар шароити сценарияҳои гуногуни иқлимӣ

Расми 4.15 нишон медиҳад, ки дар доираи се сценария (RCP2.6, RCP4.5 ва RCP8.5) афзоиши сарфи об боиси зиёд гардидани захираҳои гидроэнергетикӣ мегардад. Бо сатҳи эътимоднокии 95%, ҳаҷми афзоиш дар доираи $162 \pm 22,54$ то $328 108 \pm 45 652,24$ кВт·соат дар як сол тағйир меёбад.

Аз рӯи дараҷаи афзоиш пайдарҳамии зерин мушоҳида мегардад: $RCP4.5 < RCP2.6 < RCP8.5$.

Аз нигоҳи фазой, қитъаи Ғарм камтарин афзоишро нишон медиҳад, дар ҳоле ки Норак бештарини афзоишро дорад ва пас аз он Роғун қарор мегирад. Тамоюли тағйирёбӣ бо динамикаи сарфи об мувофиқат мекунад, ки вобастагии мустақими захираҳои гидроэнергетикиро аз сарфи об тасдиқ менамояд.

4.14. Модели концептуалӣ-математикии ҳамгироёнаи низоми гидроэнергетикӣ дар ҳавзаи дарёи Вахш дар шароити тағйирёбии иқлим

Модели концептуалии истеҳсоли неруи барқ дар ҳавзаи дарёи Вахш ҳамчун системаи илмӣ-амалӣ, ки ба таҳлили ҳамаҷонибаи равандҳои гидрологӣ, энергетикӣ ва иқлимӣ асос ёфтааст, пешниҳод карда мешавад. Дар шароити муосир, ки бо афзоиши талабот ба энергия, ноустувории иқлим ва захираҳои маҳдуди табиӣ тавсиф мешавад, зарурати истифодаи равишҳои ҳамаҷониба барои идоракунии самараноки системаи энергетикӣ вучуд дорад. Ҷумҳурии Тоҷикистон, ки зиёда аз 90 фоизи истеҳсоли неруи барқи худро аз ҳисоби неругоҳҳои барқи обӣ таъмин менамояд, ба таври мустақим аз ҳолати захираҳои обӣ ва тағйирёбии онҳо вобаста мебошад. Аз ин рӯ, таҳияи модели илмӣ асоснок, ки имкон медиҳад равандҳои табиӣ ва техникӣ дар як низоми ягона таҳлил карда шаванд, аҳамияти калидӣ дорад.

Модели пешниҳодшуда ба принципҳои равиши системавӣ ва ҳамгироии об-энергия-иқлим нексус така намуда, робитаҳои мутақобилаи байни захираҳои обӣ, истеҳсоли энергия ва тағйирёбии иқлимро дар як фазои ягона баррасӣ менамояд. Дар доираи ин равиш, ҳавзаи дарёи Вахш ҳамчун як системаи динамикии кушода мавриди таҳлил қарор мегирад, ки дар он равандҳои гидрологӣ, таъсири омилҳои иқлимӣ ва фаъолияти антропогенӣ бо ҳам зич алоқаманд мебошанд. Истифодаи чунин равиш имкон медиҳад, ки на танҳо ҳолати ҷорӣ низом, балки тағйирёбии эҳтимолии он дар оянда бо дараҷаи баланди эътимод пешгӯӣ карда шавад.

Асоси иттилоотии модели концептуалӣ аз маҷмуи васеи маълумоти серсоҳавӣ иборат мебошад, ки ба он моделҳои иқлимии ҷаҳонӣ, маълумоти

моҳворай, нишондиҳандаҳои гидрометеорологӣ ва маълумоти геоинформатсионӣ дохил мешаванд. Ин маълумот имкон медиҳад, ки хусусиятҳои релеф, тақсими боришот, ҳарорат, барфпӯшӣ ва динамикаи пирияхҳо бо дақиқии баланд муайян карда шаванд. Маҳз дар асоси чунин маълумоти комплексӣ моделсозии равандҳои табиӣ ва баҳодиҳии таъсири онҳо ба низоми энергетикӣ амалӣ мегардад.

Дар маркази модели пешниҳодшуда таҳлили гидрологӣ қарор дорад, ки ҳамчун пояи асосии баҳодиҳии иқтисодии энергетикӣ хизмат мекунад. Дар ҳавзаи дарёи Вахш, ки дорои хусусияти кӯҳистонӣ ва пирияхдор мебошад, ташаккули ҷараёни об ба таври назаррас аз обшавии барф ва пирияхҳо вобаста аст. Ҳамин тариқ, модел равандҳои ташаккули маҷрои обро бо истифода аз усулҳои муносири гидрологӣ, аз ҷумла моделҳои ҳисоб кардани ҷараёни обҳои обшуда ва таҳлили омори меомӯзад. Ин раванд имкон медиҳад, ки на танҳо нишондиҳандаҳои миёна, балки тағйирёбии мавсимӣ ва экстремалии ҷараён низ муайян карда шаванд.

Дар асоси натиҷаҳои таҳлили гидрологӣ, иқтисодии гидроэнергетикӣ ҳамчун нишондиҳандаи асосии истеҳсоли неруи барқ ҳисоб карда мешавад. Ин иқтисод аз параметрҳои физикӣ, аз ҷумла масрафи об, баландии фишор ва коэффисиенти самаранокии таҷҳизот вобаста буда, дар модел ба таври динамикӣ ва вобаста ба шароити тағйирёбандаи муҳити зист муайян карда мешавад. Муҳим он аст, ки дар доираи модел на танҳо иқтисодии назариявӣ, балки иқтисодии воқеии техникӣ ва иқтисодӣ низ ба назар гирифта мешавад, ки ин барои қабули қарорҳои амалии идоракунии аҳамияти калон дорад.

Яке аз ҷанбаҳои муҳими модели пешниҳодшуда ба ҳисоб гирифтани таъсири равандҳои табиӣ, аз ҷумла эрозияи хок ва лолуқашавии обанборҳо мебошад. Дар шароити кӯҳистонӣ, ки бо нишебҳои баланд ва боришоти шадид тавсиф мешавад, эрозияи хок метавонад ба интиқоли миқдори зиёди таҳшинҳо ба обанборҳо оварда расонад. Ин раванд дар навбати худ боиси коҳиш ёфтани ҳаҷми муфиди обанбор ва паст шудани самаранокии кори неругоҳҳои барқи обӣ мегардад. Аз ин рӯ, дар модел истифодаи усулҳои

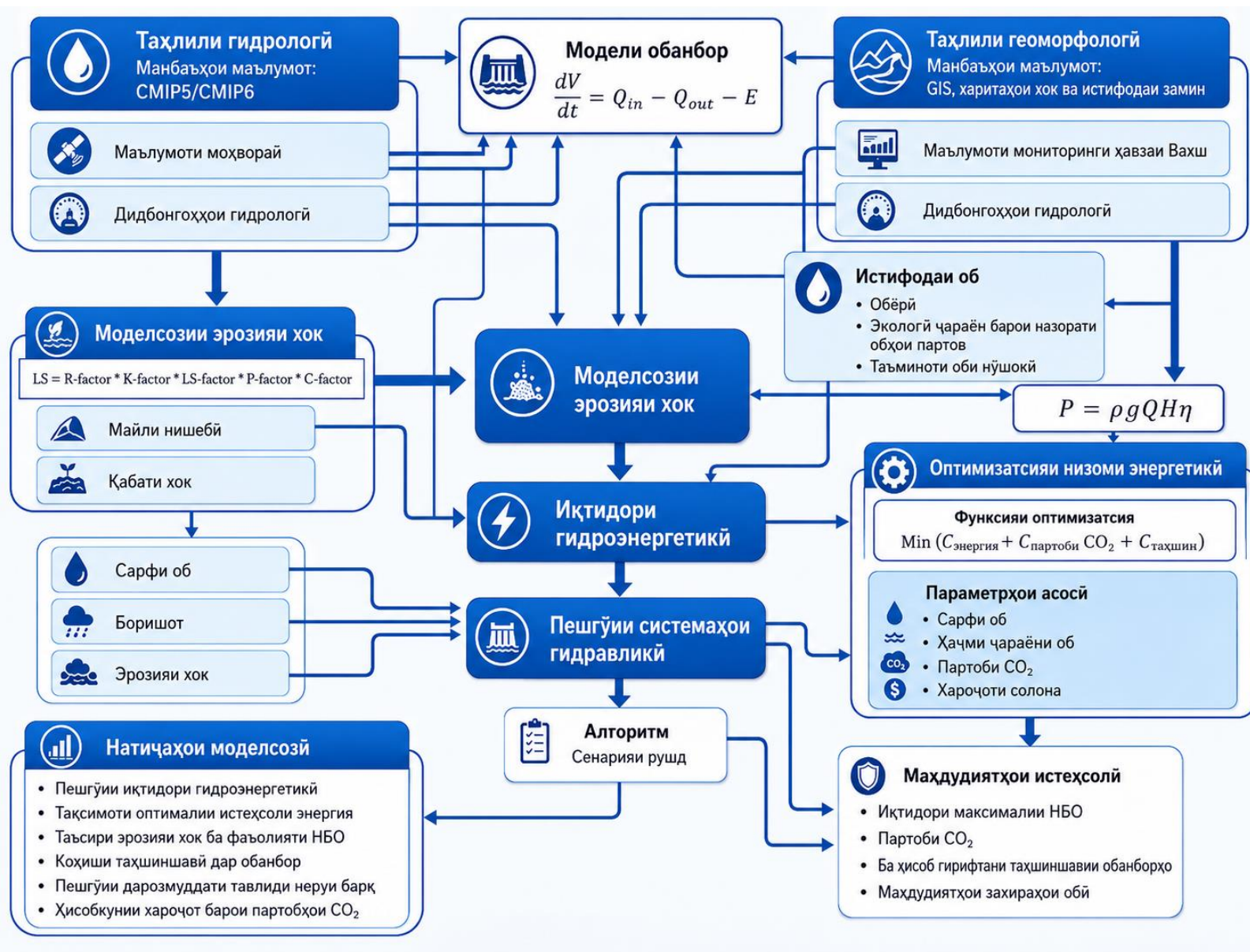
муосири баҳодиҳии эрозия ва таҳшиншавӣ ба назар гирифта шудааст, ки имкон медиҳад таъсири ин омилҳо дар дарозмуддат арзёбӣ карда шавад.

Қисми муҳими дигари модел ба пешгӯии низоми энергетикӣ бахшида шудааст, ки дар он мувозинати байни истеҳсол ва истеъмоли энергия таҳлил мегардад. Бо дарназардошти он, ки мушкилоти асосӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон норасоии неруи барқ дар фасли зимистон мебошад, модел ба таҳлили тағйироти мавсимӣ дар истеҳсолот ва истеъмол диққати махсус медиҳад. Ин имкон медиҳад, ки ҳолатҳои норасоӣ пешгӯӣ карда шуда, чораҳои мувофиқ барои бартараф намудани онҳо пешниҳод гарданд.

Дар доираи модели концептуалӣ масъалаи ҳамгирии манбаъҳои барқароршавандаи энергия, аз ҷумла энергияи офтобӣ ва бод, мавқеи муҳимро ишғол менамояд. Бо дарназардошти иқтидори баланди офтоб ва бод дар минтақаҳои гуногуни кишвар, истифодаи ин манбаъҳо метавонад ба диверсификатсияи низоми энергетикӣ ва коҳиш додани вобастагӣ аз гидроэнергетика мусоидат намояд. Ҳамгирии МБЭ дар модел на танҳо аз нуқтаи назари техникӣ, балки аз ҷиҳати иқтисодӣ ва экологӣ низ арзёбӣ карда мешавад.

Марҳилаи ниҳоии модел ба оптимизатсияи низоми энергетикӣ равона шудааст, ки дар он бо истифода аз усулҳои муосири математикӣ ва ҳисоббарорӣ сценарияи оптималии тақсимоли истеҳсоли энергия муайян карда мешавад. Дар ин раванд як қатор маҳдудиятҳо, аз ҷумла маҳдудияти захираҳои обӣ, иқтидори неругоҳҳо, талаботи энергетикӣ ва талаботи экологӣ ба назар гирифта мешаванд. Ин имкон медиҳад, ки варианти аз ҳама самаранок ва устувори рушди низоми энергетикӣ интихоб карда шавад.

Ҳамин тариқ, модели концептуалии пешниҳодшуда воситаи комплексии илмӣ мебошад, ки ба таҳлили равандҳои мураккаби гидрологӣ, энергетикӣ ва иқлимӣ ва идоракунии онҳо дар доираи системаи ягона имкон медиҳад. Афзалияти асосии модел дар он аст, ки он на танҳо барои таҳлили ҳолати ҷорӣ, балки барои пешгӯии рушди минбаъдаи низом ва қабули қарорҳои стратегӣ истифода бурда мешавад.



Расми 4.16. - Моделҳои концептуалӣ-математикии ҳамгириёнаи низоми гидроэнергетикӣ дар ҳавзаи дарёи Вахш дар шароити тағйирёбии иқлим

Хулосаи боби 4

Дар боби мазкур таъсири сценарияҳои гуногуни иқлимӣ ба ташаккули захираҳои гидроэнергетикӣ дар ҳавзаи дарёи Вахш таҳлил гардид. Натиҷаҳо нишон медиҳанд, ки тибқи сценарияҳои RCP2.6, RCP4.5 ва RCP8.5 баландшавии ҳарорати ҳаво ва тағйирёбии боришот дар даҳсолаҳои оянда ба афзоиши сарфи об мусоидат менамояд. Бо сатҳи эътимоднокии 95%, барои қитъаҳои Фарм, Роғун ва Норақ афзоиши сарф қариб ба 30% мерасад, ки ин бо шиддатёбии обшавии барфу пиряхҳо алоқаманд мебошад.

Ҳамзамон, таҳлили омӯрӣ бо истифода аз тақсимои Пирсон навиш III нишон дод, ки дар сатҳи кафолатнокии 75–90% диапазони захираҳои гидроэнергетикӣ дар ин қитъаҳо устувории назаррас дорад. Иқтидори умумии ҳавза дар доираи васеъ тағйир ёфта, қисми асосии потенциал дар минтақаҳои кӯҳистонии болооб мутамаказ мебошад.

Бо вучуди афзоиши эҳтимолии захираҳо дар марҳилаи миёнамуҳлат, номуайянии иқлимӣ ва ҳавфи селу обхезиҳо зарурати такмили идоракунии обанборҳо ва мутобиқсозии инфрасохтори гидротехниро ба миён меорад. Дар маҷмӯъ, ин боб аҳамияти стратегӣ доштани ҳавзаи дарёи Вахшро дар таъмини амнияти энергетикӣ кишвар асоснок намуда, зарурати банақшагирии сценариявӣ ва идоракунии илмӣ-асоснокро таъкид мекунад.

ХУЛОСАҲО

Натиҷаҳои асосии илмӣ диссертатсия

1. Бори аввал дар шароити Ҷумҳурии Тоҷикистон таҳлили муқоисавии системавии захираҳои энергетикӣ, аз ҷумла гидроэнергетикӣ, ангишт, захираҳои минералӣ ва манбаъҳои барқароршавандаи энергия, дар асоси методологияи эквиваленти энергетикӣ солона анҷом дода шуд [1-М].

2. Сенарияи гидро-ангишти рушди энергетикаи Ҷумҳурии Тоҷикистон таҳия ва асоснок карда шуд, ки баланд бардоштани устувории шабакаи энергетикӣ ва амнияти таъминоти неруи барқро таъмин менамояд. Арзёбиҳои моделҳои оптимизатсионӣ-тақлидии математикии речаи кори системаи энергетикӣ, аз ҷумла, моделҳои самаранокӣ барои неругоҳҳои бузурги барқӣ, ба монанди НБО-и Роғун, таҳия шудаанд, то неругоҳҳои барқиро устуворона идора кунанд [2-М].

3. Таҳқиқотҳо собит намуданд, ки ҳамгироии НБО-и Роғун бо манбаъҳои барқароршавандаи энергия ва системаҳои интеллектуалии идоракунии неруи барқ устувории шабака ва самаранокии истифодаи энергияро зиёд намуда, ҳиссаи сӯзишвории истихроҷиро коҳиш медиҳад. Ин ҳамгирӣ на танҳо устувории шабака ва ҷалби сармоягузориҳоро таъмин мекунад, балки ба кам кардани партовҳои карбон ва таъсири экологӣ низ мусоидат мекунад [4-М].

4. Таҳлили афзалиятҳо ва имкониятҳои ҳамгироии манбаъҳои ангишт ва нафт бо иқтидори гидроэнергетикӣ нишон дод, ки ин равиш устувории шабакаи энергетикӣ, диверсификатсияи сарчашмаҳои энергия ва ҷуброни норасоии фаслӣ дар НБО-ҳоро таъмин менамояд. Ҳамзамон, самаранокии энергетикӣ дарёҳо ва қитъаҳои ояндадори онҳо барои ҷалби сармоягузорӣ ва тарҳрезии неругоҳҳои нав асоснок карда шудааст [5-М].

5. Равандҳои эрозия ва таҳшиншавӣ ҳамчун омилҳои муҳими табиӣ ба устуворӣ ва самаранокии фаъолияти низоми гидроэнергетикӣ таъсири назаррас мерасонанд, ки ин таъсир дар доираи таҳқиқот бо истифода аз

моделҳои муносири математикӣ ва технологияҳои геоинформатсионӣ (GIS) ҳамаҷониба арзёбӣ ва таҳлил карда шуд. Навгониҳои илмӣ нишон доданд, ки истифодаи методологияҳои SRM ва MUSLE барои таҳлили ҳавзаҳои кӯҳӣ, аз ҷумла дарёи Вахш, имконият медиҳад қарорҳои устувор ва иқтисодии сохтмони неруғохро қабул намуд [17-M].

6. Таҳлили дурнамои рушди захираҳои гидроэнергетикӣ дар ҳавзаи дарёи Вахш собит намуд, ки афзоиши аҳоли ва рушди иқтисодӣ талабот ба неруи барқро зиёд намуда, ҳамзамон фишор ба муҳити зистро зиёд мекунад. Моделсозӣ ва арзёбии сценарияҳои CMIP5 ва CMIP6 нишон дод, ки тағйирёбии иқлим боиси афзоиши ҳолатҳои боришоти шадид ва камшавии сарфи об аз пиряхҳо гардида, ба иқтидори гидроэнергетикӣ таъсири ҷиддӣ мерасонад. Ҳамин тавр, дар сурати афзоиши ҳарорат то 2°C ҳаҷми сарфи об дар ҳавза то 16,5 % зиёд шуда, тағйирёбии мавсимӣ ва фазои боришот ба самаранокии неруғохҳо таъсири назаррас дорад [10-M].

7. Дар соҳаи энергияи барқароршаванда, дастгоҳ барои хунуккунии панелҳои офтобӣ таҳия карда шуд. Дар он пошанда дар шакли кубури сӯрохдор бо кунҷи 45° нисбат ба сатҳи панел насб гардида, бо насоси фишори паст ва хати таъмини об пайваस्त мешавад. Ин дастгоҳ имкон медиҳад, ки ҳарорати панелҳо то $20\text{--}25^{\circ}\text{C}$ паст шуда, самаранокӣ ва устувории кори онҳо дар шароити ҳарорати баланд ва тағйирёбии иқлим ба таври назаррас афзоиш ёбад [9-M].

8. Дар маҷмӯъ, натиҷаҳои диссертатсия нишон медиҳанд, ки барои таъмини устувории дарозмуддати низоми энергетикӣ Ҷумҳурии Тоҷикистон зарур аст, ки идоракунии ҳамгироёнаи захираҳои обӣ, татбиқи моделҳои сценариявӣ ва оптимизатсияи рёчаи кори неруғохҳои барқӣ обӣ бо истифодаи усулҳои илмӣ ва инноватсионӣ таъмин карда шавад [12-M].

Тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳои таҳқиқот

1. Тақвияти идоракунии ҳамгирошудаи обанборҳо ва неруғохҳои барқӣ, бо афзалият ба неруғоҳи барқии Роғун, барои баланд бардоштани

самаранокӣ, амнияти энергетикӣ ва устуворӣ ба тағйирёбии иқлим ва хатарҳои таҳшиншавӣ.

2. Якҷоя кардани неругоҳи барқии Роғун бо иқтидори офтобӣ ва бодӣ дар доираи равиши ҳамгирии системавӣ барои гуногунранг кардани таъминот, беҳтар кардани эътимоднокӣ ва мутобиқшавии шабака ва кам кардани таъсири экологӣ ҳангоми ҷалби сармоягузорӣ.

3. Истифодаи моделҳои оптимизатсия-симулятсия, арзёбии фаъолияти неругоҳҳои барқӣ, асбобҳои GIS ва нишондиҳандаҳои гидрологӣ (NDWI, MUSLE) барои пешгӯии дақиқи эрозия, таҳшиншавӣ ва таъсири иқлимӣ ба системаи энергетикӣ васеъ карда шавад.

4. Кам кардани вобастагӣ аз ангишт тавассути таҳияи омехтаи мутавозини энергияи барқӣ, офтобӣ ва бодӣ, беҳтар кардани эътимоднокии система, ҷуброни ноустувории мавсимӣ ва коҳиш додани партовҳои карбон.

5. Бо назардошти иқлими Тоҷикистон, барои нигоҳ доштани самаранокӣ ва тозагӣ барои панелҳои офтобӣ роҳҳои ҳалли хунуккунии арзон (кам кардани ҳарорати сатҳ то 20-25°C)-ро истифода баред.

6. Тақвият додани инфрасохтори неругоҳҳои барқӣ ва обанборҳо ва қабули банақшагирии сценариявӣ барои мутобиқ шудан ба боришоти зиёд ва хатарҳои обхезии ногаҳонӣ дар шароити тағйирёбии иқлим.

РҶҲАТИ АДАБИЁТ

1. Салыгин, В.И. Интеграционные аспекты развития электроэнергетического комплекса ЕС: общий электроэнергетический рынок / В.И. Салыгин, Р.К. Мустафинов // Энергетическая политика. – 2017. – №6. – С. 45–52.
2. Швец, Н.Н. Современные проблемы обеспечения энергетической безопасности России в сфере электроэнергетики и пути их решения / Н.Н. Швец // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2013. – №31. – С. 9–16.
3. Wegerich, K. Reliving the past in a changed environment: Hydropower ambitions, opportunities and constraints in Tajikistan / K. Wegerich, O. Olsson, J. Froebrich // Energy Policy. – 2007. – Vol. 35, №7. – P. 3815–3825.
4. Kosowska, K. Energy security of hydropower producing countries—The cases of Tajikistan and Kyrgyzstan / K. Kosowska, P. Kosowski // Energies. – 2022. – Vol. 15, №21. – P. 7822.
5. Karimov, K.S. Effective management of combined renewable energy resources in Tajikistan / K.S. Karimov [и др.] // Science of the Total Environment. – 2013. – Vol. 461. – P. 835–838.
6. Sekretarev, Y. Optimization of long-term modes of hydropower plants of the energy system of Tajikistan / Y. Sekretarev, S. Sultonov, M. Nazarov // Proceedings of the 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). – IEEE, 2016.
7. Azimov, U. Sustainable small-scale hydropower solutions in Central Asian countries for local and cross-border energy/water supply / U. Azimov, N. Avezova // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2022. – Vol. 167. – P. 112726.
8. Иванов, А.С. Мировой рынок энергоресурсов: сегодня и вчера / А.С. Иванов, И.Е. Матвеев // Российский внешнеэкономический вестник. – 2015. – №4. – С. 3–23.

9. Ахророва, А. Энергетика Таджикистана: стратегия устойчивого развития / А. Ахророва, Ф.Д. Бобоев // Таджикистан и современный мир. – 2016. – №5. – С. 57–67.
10. Корытцев, М.А. Системы торговли квотами на выбросы парниковых газов: анализ международного опыта и перспективы применения в России / М.А. Корытцев, С.А. Морозов // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. – 2023. – №1. – С. 89–96.
11. Мудрецов, А. Традиционные и зеленые источники энергии: проблемы и перспективы развития в условиях глобальной декарбонизации / А. Мудрецов, А. Прудникова // Проблемы рыночной экономики. – 2022. – №1. – С. 159–168.
12. Zhang, Z.X. Greenhouse gas emission trading and the world trading system / Z.X. Zhang // Journal of World Trade. – 1998. – Vol. 32. – P. 219–239.
13. Boemare, C. Implementing greenhouse gas trading in Europe: lessons from economic literature and international experiences / C. Boemare, P. Quirion // Ecological Economics. – 2002. – Vol. 43, №2–3. – P. 213–230.
14. Калимуллин, Л.В. Приоритетные направления, ключевые технологии и сценарии развития систем накопления энергии / Л.В. Калимуллин [и др.] // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2019. – №1. – С. 42–54.
15. Усачева, И.В. Гибридные накопители энергии: проблемы и перспективы технологий хранения энергии / И.В. Усачева, Е.А. Гладкая, С.В. Ландин // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2022. – Т. 236, №4. – С. 149–167.
16. Habib, A. Analytical review on the trends and present situation of large-scale sustainable energy storage technology / A. Habib, C. Sou // European Journal of Sustainable Development Research. – 2018. – Vol. 2, №3. – P. 31.
17. Sahoo, S. Energy storage technologies for modern power systems: A detailed analysis of functionalities, potentials, and impacts / S. Sahoo, P. Timmann // IEEE Access. – 2023. – Vol. 11. – P. 49689–49729.

18. Normatov, P. The impact of climate change on hydrology and glaciation of the Zeravshan, Vakhsh and Pyanj river basin / P. Normatov // Copernicus Meetings. – 2022.

19. Unger-Shayesteh, K. What do we know about past changes in the water cycle of Central Asian headwaters? A review / K. Unger-Shayesteh [и др.] // Global and Planetary Change. – 2013. – Vol. 110. – P. 4–25.

20. Имомов, А.А. Влияние гидротехнического строительства на географическое распределение твердого стока рек из горного пояса в долины (на примере отложений в прудах Юго-Западного Таджикистана) / А.А. Имомов, У.И. Муртазаев, Т.М. Гуруков // Вестник Педагогического университета. – 2015. – №2-1. – С. 250–257.

21. Пулатов, Я. Научные основы управления водными ресурсами и развитие водного сотрудничества в Центральной Азии / Я. Пулатов [и др.] // География и водные ресурсы. – 2016. – №3. – С. 91–97.

22. Кобулиев, З. Гидроэнергетический потенциал Таджикистана и реализация гидроэнергетических проектов / З. Кобулиев, К. Нуралиев, М. Абдусаматов.

23. Фазылов, А. Значение водохранилищ при комплексном регулировании и управлении водными ресурсами в условиях напряженного водохозяйственного баланса Центрально-Азиатского региона / А. Фазылов // Вода для мелиорации, водоснабжения отраслей экономики и природной среды в условиях изменения климата. – 2018. – Ч. 2. – С. 45–61.

24. Стоцкий, К.С. Мини гидроэлектростанции / К.С. Стоцкий [и др.] // Наука через призму времени. – 2020. – №1. – С. 42–44.

25. Петров, Г.Н. Гидроэнергетика и ее роль в региональной интеграции стран Центральной Азии / Г.Н. Петров // Евразийская экономическая интеграция. – 2009. – №3(4). – С. 117–131.

26. Наврузов, С. Модельные задачи распределения и использования водных ресурсов в бассейне трансграничной реки / С. Наврузов // Вестник Технологического университета Таджикистана. – 2010. – №3. – С. 51–64.

27. Усманов, З. Сценарии водodelения в модельном трансграничном речном бассейне / З. Усманов, С. Наврузов // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. – 2008. – Т. 51, №7. – С. 496–500.

28. Ахмедов, Х. Малая гидроэнергетика и возможности использования мини- и микро-ГЭС в горных территориях Таджикистана / Х. Ахмедов, Х. Каримов, Г. Петров // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. – 2010. – №1. – С. 100–109.

29. Давлатшоев, С. Исследование диапазона изменения степени минерализации подземных вод в основании плотины Рогунской ГЭС / С. Давлатшоев, З. Кобулиев, М. Сафаров // Научный журнал. – 2020. – С. 58.

30. Курбонализода, С. Исследование режимов работы ГЭС мощностью 600 МВт / С. Курбонализода, З. Кобулиев // Кишоварз. – 2019. – №1. – С. 116–124.

31. Султонов, Ш.М. Оптимизация режимов работы энергосистемы с высокой долей гидроэлектростанций (на примере энергосистемы Таджикистана): автореф. дис. / Ш.М. Султонов. – Новосибирск, 2016. – 22 с.

32. Gulakhmadov, A. Simulation of the potential impacts of projected climate change on streamflow in the Vakhsh river basin in central Asia under CMIP5 RCP scenarios / A. Gulakhmadov [и др.] // Water. – 2020. – Vol. 12, №5. – P. 1426.

33. International Energy Agency. Global energy review: CO₂ emissions in 2022. – Paris: IEA, 2022.

34. International Energy Agency. Net zero by 2050: A roadmap for the global energy sector. – Paris: IEA, 2021.

35. Филиппова, А.В. Глобальные тренды развития мировой электроэнергетики в условиях перехода к возобновляемым источникам энергии / А.В. Филиппова // Экономика, предпринимательство и право. – 2023. – Т. 13, №9. – С. 3413–3426.

36. World Bank. Tracking SDG7: The energy progress report 2021. – Washington, DC: World Bank, 2021.

37. Матвеев, И.Е. Возобновляемые источники энергии: к вопросам теории и практики использования и государственной политики / И.Е. Матвеев // Энергетический вестник. – 2021. – №27. – С. 91–94.

38. International Renewable Energy Agency. Renewable capacity statistics 2023. – Abu Dhabi: IRENA, 2023.

39. World Energy Outlook 2022 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/7e42db90-d8ea-459d-be1e-1256acd11330/WorldEnergyOutlook2022.pdf>.

40. Андреев, О. Возобновляемые источники энергии и проблемы развития нетрадиционных источников энергии / О. Андреев // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2023. – №2. – С. 200.

41. United Nations Framework Convention on Climate Change. Glasgow Climate Pact. – Bonn: UNFCCC, 2021.

42. Гулиев, И. Потенциал развития энергетики дальневосточных регионов: анализ опыта малых тихоокеанских государств / И. Гулиев, П. Кружилин // Управление риском. – №3. – С. 3–14.

43. Asian Development Bank. Tajikistan: Power sector assessment, strategy, and road map. – Manila: ADB, 2020.

44. World Bank. Rogun hydropower project: Technical and economic assessment. – Washington, DC: World Bank, 2019.

45. Устинов, Д. Тенденции развития промышленных накопителей энергии для устойчивого развития предприятий минерально-сырьевого комплекса / Д. Устинов [и др.] // Горная промышленность. – 2021. – S5-2. – С. 89–96.

46. Rae, C. Upscaling smart local energy systems: A review of technical barriers / C. Rae, S. Kerr, M.M. Maroto-Valer // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2020. – Vol. 131. – P. 110020.

47. World Energy Council. Pumped storage hydropower: Global status report. – London: WEC, 2020.

48. Елпидифоров, В. Накопители электроэнергии. Основные направления использования в электросетевом комплексе / В. Елпидифоров // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2021. – №1. – С. 44–48.

49. Nazaralizadeh, S. Battery energy storage systems: A review of energy management systems and health metrics / S. Nazaralizadeh [и др.] // Energies. – 2024. – Vol. 17, №5. – P. 1250.

50. Chatzigeorgiou, N.G. A review on battery energy storage systems: Applications, developments, and research trends of hybrid installations in the end-user sector / N.G. Chatzigeorgiou [и др.] // Journal of Energy Storage. – 2024. – Vol. 86. – P. 111192.

51. Салыгин, В.И. Перспективы развития водородной энергетики. Прорывные технологии и ключевые вызовы / В.И. Салыгин, А.С. Маркин // Энергетическая политика и стратегии инновационного развития компаний топливно-энергетического комплекса в парадигме цифровизации. – 2022.

52. Завьялов, М. Цифровизация и ESG: технологии и решения в электроэнергетике / М. Завьялов // Устойчивое развитие (ESG): финансы, экономика, промышленность. – 2022.

53. Wittmann, V. The nexus of world electricity and global sustainable development / V. Wittmann, E. Arici, D. Meissner // Energies. – 2021. – Vol. 14, №18. – P. 5843.

54. Шутенкова, О. Современные накопители электроэнергии / О. Шутенкова // Тинчуринские чтения. – 2019.

55. United Nations Development Programme. Sustainable energy development in Tajikistan: Linking energy and socio-economic growth. – New York: UNDP, 2020.

56. Asian Development Bank. Energy sector assessment in Tajikistan: Historical trends and challenges. – Manila: ADB, 2019.

57. Laldjebaev, M. Rethinking energy security and services in practice: National vulnerability and three energy pathways in Tajikistan / M. Laldjebaev [и др.] // Energy Policy. – 2018. – Vol. 114. – P. 39–50.

58. Ministry of Energy and Water Resources of Tajikistan. Energy development forecast for Tajikistan: 2022–2030. – Dushanbe: MEWR, 2022.
59. Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон «Дар бораи сарфаҷӯӣ ва самаранокии энергия». – Душанбе, 2013.
60. Markandya, A. Tajikistan: Reducing Poverty through Private Infrastructure Services – The Pamir Private Power Project / A. Markandya, R. Sharma // Scaling Up Poverty Reduction Conference. – Shanghai, 2004.
61. Sultonov, M. Exploring the Macroeconomic Effects of Renewable Energy in Tajikistan: An Empirical Analysis / M. Sultonov [и др.] // Economies. – 2024. – Vol. 12, №5. – P. 99.
62. Абдуллаева, Ф. Гидроэнергетические ресурсы Таджикской ССР / Ф. Абдуллаева, Г. Баканин, С. Гордон. – Л.: Недра, 1965.
63. Timur, V.-Z. Tajikistan energy sector: present and near future / V.-Z. Timur // Central Asia and the Caucasus. – 2008. – №1(49). – P. 89–97.
64. Park, D.-Y. Central Asian legal and policy responses to climate change / D.-Y. Park, O. Parviz // Yonsei Law Review. – 2016. – Vol. 26. – P. 183–222.
65. World Commission on Dams. Dams and development: A new framework for decision-making. – London: Earthscan, 2000.
66. Doukas, H. Promoting renewables in the energy sector of Tajikistan / H. Doukas [и др.] // Renewable Energy. – 2012. – Vol. 39, №1. – P. 411–418.
67. Абдурахимов, Б. Угольная промышленность Таджикистана: сырьевая база, состояние и перспективы развития / Б. Абдурахимов, Р. Охунов. – Душанбе: Недра, 2011. – 248 с.
68. Клер, В.Р. Изучение сопутствующих полезных ископаемых при разведке угольных месторождений / В.Р. Клер. – М.: Недра, 1979.
69. Иброхим, А. История изучения недр Таджикистана / А. Иброхим, Т. Шоева // Горный журнал. – 2012. – №2.
70. Маджидов, Б.С. Минерально-сырьевая база драгоценных металлов Республики Таджикистан / Б.С. Маджидов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – №5. – С. 404–412.

71. Ганджов, П. Топливо-энергетические ресурсы и гидроэнергетика Таджикистана, география их размещения / П. Ганджов // Вестник Педагогического университета. – 2017. – №5(72). – С. 185–192.

72. Концепция развития угольной отрасли в Республике Таджикистан до 2040 г. – Душанбе.

73. Концепция развития отраслей топливно-энергетического комплекса Республики Таджикистан на период 2003–2015 гг.: Постановление Правительства Республики Таджикистан от 3 августа 2002 г. №318. – Душанбе, 2002.

74. Азимов, П.К. Программа комплексных геолого-геофизических работ по изучению глубинного строения Южно-Каратауского поднятия и оценка перспектив его нефтегазоносности / П.К. Азимов, Е.В. Лебзин, Ю.М. Овчиников. – Душанбе: Фонды «Таджикнефть», 1977. – С. 36–40.

75. Халиков, Х. Состояние и перспективы использования угольных месторождений в Республике Таджикистан / Х. Халиков // Труды Технологического университета Таджикистана. – 2001. – Вып. VII. – С. 319–326.

76. Курбанов, Т.Ф. Геология и минеральные ресурсы Таджикистана / Т.Ф. Курбанов. – Душанбе: Ирфон, 2005. – С. 45–48.

77. Холов, С.А. Геотектонические районы Таджикистана и их полезные ископаемые / С.А. Холов. – Душанбе: Дониш, 2008. – С. 55–60.

78. International Energy Agency. World Energy Outlook 2022. – Paris: IEA, 2022.

79. Шарипов, Т.Э. Возобновляемые источники энергии в горных регионах Таджикистана / Т.Э. Шарипов. – Душанбе, 2017. – 156 с.

80. Государственный комитет по статистике Республики Таджикистан. Энергетика Таджикистана: статистический сборник. – Душанбе, 2020. – 248 с.

81. Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mewr.tj>.

82. Агальцева, Н. Оценка гидрологических характеристик в бассейне Амударьи в условиях изменения климата / Н. Агальцева [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2011. – №10. – С. 58–69.

83. Духовный, В. Оценка влияния Рогунского водохранилища на водный режим реки Амударьи / В. Духовный, А. Сорокин. – Ташкент: НИЦ МКВК, 2007. – 119 с.

84. Dukhovny, V. Regional Model of Integrated Water Resources Management in Twinned River Basins – RIVERTWIN / V. Dukhovny. – Tashkent: SIC ICWC, 2008. – 188 p.

85. Шульц, В. Реки Средней Азии / В. Шульц. – Л.: ГИМИЗ, 1965.

86. Кононов, Ю.Д. Потенциал энергосбережения. Зависимость энергоемкости промышленности от темпов экономического роста / Ю.Д. Кононов, О.В. Мазурова // Промышленная энергетика. – 2002. – №1. – С. 8–11.

87. Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mewr.tj/?lang=tj>.

88. Новые солнечные панели с системой охлаждения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.electra.com.ua/istochniki-elektoenergii/515-novye-solnechnye-paneli-s-sistemoj-okhlazhdeniya.html> (дата обращения: 14.09.2025).

89. Новая система охлаждения солнечных панелей вдвое продлевает им жизнь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://igate.com.ua/news/31003-novaya-sistema-ohlazhdeniya-solnechnyh-panelej-vtroe-prodlevaet-im-zhizn> (дата обращения: 14.09.2025).

90. On the cooling method of solar panels [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.sunpropowersale.com/news/on-the-cooling-method-of-solar-panels-31772939.html> (дата обращения: 14.09.2025).

91. Патент Российской Федерации RU 2832143 С2. ФГБОУ ВО «АГУ им. В.Н. Татищева». – 2024.

92. Опыт развития малой гидроэнергетики в Таджикистане [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/340827151_Opyt_razvitiya_maloj_gidroenergetiki_v_Tadzikistane.

93. Винокуров, Е.Ю. Система индикаторов евразийской интеграции / Е.Ю. Винокуров, А.М. Либман // Евразийская экономическая интеграция. – 2009. – №4(5). – С. 38–57.

94. Винокуров, Е. Будущее водно-энергетического комплекса Центральной Азии / Е. Винокуров. – Казахстан, 2007.

95. Волков, Э. Основные направления развития электроэнергетики России с учетом долгосрочной перспективы и совершенствования рыночных отношений / Э. Волков, В. Баринов, А. Маневич // Известия РАН. Энергетика. – 2000. – №5. – С. 3–44.

96. Макаров, А. Методические основы разработки перспектив развития электроэнергетики / А. Макаров [и др.]. – М.: ИНЭИ РАН, 2007. – 103 с.

97. Воропай, Н. Современное состояние и проблемы электроэнергетики России / Н. Воропай, С. Паламарчук, С. Подковальников // Проблемы прогнозирования. – 2001. – №5. – С. 49–69.

98. Воропай, Н. Стратегические угрозы энергетической безопасности России / Н. Воропай, С. Сендеров, В. Рабчук // Всероссийский экономический журнал ЭКО. – 2006. – №12(390). – С. 42–58.

99. World Bank. Rogun Hydropower Project: Assessment Studies. – Washington, DC: World Bank, 2020.

100. International Energy Agency. Hydropower Special Market Report. – Paris: IEA, 2021.

101. Asian Development Bank. Central Asia Energy Outlook. – Manila: ADB, 2019.

102. International Renewable Energy Agency. Renewable Power Generation Costs in 2021. – Abu Dhabi: IRENA, 2022.

103. Jalilov, S.-M. Managing the water–energy–food nexus: Gains and losses from new water development in Amu Darya River Basin / S.-M. Jalilov [и др.] // *Journal of Hydrology*. – 2016. – Vol. 539. – P. 648–661.
104. Yu, J. Improving runoff modelling through strengthened snowmelt and glacier module enhances runoff attribution in a large watershed in Central Asia / J. Yu [и др.] // *Journal of Hydrology*. – 2025. – Vol. 660. – P. 133528.
105. Аминов, Д.Х. Современные методы оценки состояния заиления русловых водохранилищ / Д.Х. Аминов [и др.].
106. Фазылов, А. Управление твердым стоком реки Вахш в условиях изменения климата / А. Фазылов, Н. Лавров // *Проблемы управления речными бассейнами при освоении Сибири и Арктики в XXI веке*. – Тюмень: ТИУ, 2017.
107. Гарелина, С. Повышение безопасности гидротехнических сооружений. Часть 2. На примере водохранилища Нурекской ГЭС на реке Вахш / С. Гарелина [и др.].
108. Zhong-hua, T. Experimental research on reduction measures of sediment deposition of the power plant port under the long period wave / T. Zhong-hua, L. Hai-cheng, G. Feng // *Procedia Engineering*. – 2015. – Vol. 116. – P. 229–236.
109. Timmerman, J.G. Adaptation to climate change: challenges for transboundary water management / J.G. Timmerman [и др.] // *The Economic, Social and Political Elements of Climate Change*. – Springer, 2010. – P. 523–541.
110. Williams, J. Sediment-yield prediction with universal equation using runoff energy factor / J. Williams // *Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources*. – 1975.
111. Sadeghi, S. A review of the application of the MUSLE model worldwide / S. Sadeghi [и др.] // *Hydrological Sciences Journal*. – 2014. – Vol. 59, №2. – P. 365–375.
112. Yang, L. Effects of climate variables and human activities on groundwater level fluctuations in unconsolidated sedimentary aquifers: A data-driven approach / L. Yang [и др.] // *Hydrology*. – 2025. – Vol. 12, №8. – P. 215.

113. Peng, Q. Soil erosion in Qilian Mountain National Park: dynamics and driving mechanisms / Q. Peng [и др.] // Journal of Hydrology: Regional Studies. – 2022. – Vol. 42. – P. 101144.

114. Williams, J. EPIC: A new method for assessing erosion's effect on soil productivity / J. Williams, K. Renard, P. Dyke // Journal of Soil and Water Conservation. – 1983. – Vol. 38, №5. – P. 381–383.

115. Zhang, H. An improved method for calculating slope length and the LS parameters of the Revised Universal Soil Loss Equation for large watersheds / H. Zhang [и др.] // Geoderma. – 2017. – Vol. 308. – P. 36–45.

116. Cai, C. Application of USLE model and GIS IDRISI to predict soil erosion in small watersheds / C. Cai [и др.] // Journal of Soil and Water Conservation. – 2000. – №2. – P. 19–24.

117. Bhagwat, N. The Status, Applications, and Modifications of the Snowmelt Runoff Model (SRM): A Comprehensive Review / N. Bhagwat [и др.] // Hydrology. – 2025. – Vol. 12, №6. – P. 156.

118. Phien, H.N. Applications of the log Pearson type-3 distribution in hydrology / H.N. Phien, T.J. Ajirajah // Journal of Hydrology. – 1984. – Vol. 73, №3–4. – P. 359–372.

119. Pilon, P.J. Asymptotic variance of flood quantile in log Pearson type III distribution with historical information / P.J. Pilon, K. Adamowski // Journal of Hydrology. – 1993. – Vol. 143, №3–4. – P. 481–503.

120. Насиров, Р. Ахбори Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон. Шуъбаи илмҳои ҷамъиятшиносӣ / Р. Насиров, А. Улфатов // Ахбори Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон. – №1. – С. 81–86.

121. Asghari, F.B. Data on assessment of groundwater quality with application of ArcGIS in Zanjan, Iran / F.B. Asghari [и др.] // Data in Brief. – 2018. – Vol. 18. – P. 375.

122. Li, D. Sediment load responses to climate variation and cascade reservoirs in the Yangtze River: A case study of the Jinsha River / D. Li [и др.] // Geomorphology. – 2018. – Vol. 322. – P. 41–52.

123. Embassy of the Republic of Tajikistan. Tajikistan Is a Source of Green Energy. – 2020.
124. Kondolf, G.M. Sustainable sediment management in reservoirs and regulated rivers: Experiences from five continents / G.M. Kondolf [и др.] // *Earth's Future*. – 2014. – Vol. 2, №5. – P. 256–280.
125. Vinokurov, E. Investment in the water and energy complex of Central Asia / E. Vinokurov [и др.]. – 2021.
126. D-Sediment GmbH. Personal communications with Dr. Michael Detering. – 2022.
127. Morris, G.L. Classification of management alternatives to combat reservoir sedimentation / G.L. Morris // *Water*. – 2020. – Vol. 12, №3. – P. 861.
128. Westerberg, V. Meeting the demands of the construction industry—The economic case for re-using sediment from the Tuyamuyun Hydropower Complex / V. Westerberg // *Central Asia Nexus Dialogue Project*. – 2022.
129. Annandale, G.W. Extending the life of reservoirs: sustainable sediment management for dams and run-of-river hydropower / G.W. Annandale, G.L. Morris, P. Karki. – Washington: World Bank Publications, 2016.
130. United States Department of Agriculture. The Science of Soil Health: Soil Feeds Plants, and Vice Versa. – 2014.
131. Nichols, R. A hedge against drought: Why healthy soil is “Water in the bank” / R. Nichols // *USDA Natural Resources Conservation Service*. – 2015.
132. Glantz, M.H. Water, climate, and development issues in the Amu Darya Basin / M.H. Glantz // *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. – 2005. – Vol. 10, №1. – P. 23–50.
133. Agostini, P. Valuing Green Infrastructure: A Case Study of the Vakhsh River Basin, Tajikistan / P. Agostini, S. Vallesi, J.J. Miranda Montero. – 2023.
134. HR Wallingford. Nurek Reservoir Sedimentation Study. Deliverable 1: Data Recovery. – Wallingford, 2015.

135. Thapa, B.S. Sediment erosion in hydro turbines and its effect on the flow around guide vanes of Francis turbine / B.S. Thapa, O.G. Dahlhaug, B. Thapa // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2015. – Vol. 49. – P. 1100–1113.
136. Taylor, J. Helping to Secure the Future of Hydropower in Tajikistan / J. Taylor. – 2016.
137. HR Wallingford. Reservoir Sedimentation Study. Deliverable 6: Sediment Transport Modeling. – 2016.
138. Kochnakyan, A. Personal Communications / A. Kochnakyan. – 2022.
139. Пряжинская, В.Г. Водохозяйственные проблемы Юга России и подход к их решению с применением математического аппарата / В.Г. Пряжинская // *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. – 2011. – №3. – С. 12–21.
140. Данилов-Данильян, В. Управление водными ресурсами в условиях климатических изменений / В. Данилов-Данильян, В. Пряжинская. – М.: Научный мир, 2006.
141. Наврузов, С. Математическая модель функционирования водохозяйственного комплекса в речном бассейне / С. Наврузов, З. Шомуродов // *Физико-математические, химические, геологические и технические науки*. – №3. – С. 42.
142. Gilland, B. Population, economic growth, and energy demand, 1985–2020 / B. Gilland // *Population and Development Review*. – 1988. – P. 233–244.
143. Holdren, J.P. Population and the energy problem / J.P. Holdren // *Population and Environment*. – 1991. – Vol. 12, №3. – P. 231–255.
144. Apergis, N. Renewable energy consumption and growth in Eurasia / N. Apergis, J.E. Payne // *Energy Economics*. – 2010. – Vol. 32, №6. – P. 1392–1397.
145. Van Ruijven, B.J. Amplification of future energy demand growth due to climate change / B.J. Van Ruijven, E. De Cian, I. Sue Wing // *Nature Communications*. – 2019. – Vol. 10, №1. – P. 2762.
146. Paish, O. Small hydro power: technology and current status / O. Paish // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2002. – Vol. 6, №6. – P. 537–556.

147. Siri, R. Hydropower: A renewable energy resource for sustainability in terms of climate change and environmental protection / R. Siri, S.R. Mondal, S. Das // *Alternative Energy Resources: The Way to a Sustainable Modern Society*. – Springer, 2020. – P. 93–113.
148. Andronova, I.V. Global hydropower as the main driver of sustainable development in the context of industry 4.0 / I.V. Andronova, V.V. Kuzmin, A.A. Tinkova // *Industry 4.0: Fighting Climate Change in the Economy of the Future*. – Springer, 2022. – P. 379–393.
149. Othman, M.E.F. Climate challenges for sustainable hydropower development and operational resilience: A review / M.E.F. Othman [и др.] // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2025. – Vol. 209. – P. 115108.
150. Viers, J.H. Hydropower relicensing and climate change / J.H. Viers // *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*. – 2011. – Vol. 47, №4. – P. 655–661.
151. Falchetta, G. Hydropower dependency and climate change in sub-Saharan Africa: A nexus framework and evidence-based review / G. Falchetta [и др.] // *Journal of Cleaner Production*. – 2019. – Vol. 231. – P. 1399–1417.
152. Neupane, P. Climate change influence on hydropower energy output variability / P. Neupane [и др.] // *Journal of Applied Water Engineering and Research*. – 2025. – Vol. 13, №3. – P. 251–268.
153. Shu, J. Impacts of climate change on hydropower development and sustainability: a review / J. Shu [и др.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2018.
154. Zhang, Q. Glacier variations in the Fedchenko Basin, Tajikistan, 1992–2006: insights from remote-sensing images / Q. Zhang, S. Kang, F. Chen // *Mountain Research and Development*. – 2014. – Vol. 34, №1. – P. 56–65.
155. Guay, C. A global portrait of hydrological changes at the 2050 horizon for the province of Québec / C. Guay, M. Minville, M. Braun // *Canadian Water Resources Journal*. – 2015. – Vol. 40, №3. – P. 285–302.

156. Fu, X. Impact of snow weather on PV power generation and improvement of power forecasting / X. Fu [и др.] // Proceedings of the International Conference on Power Energy Systems and Applications (ICoPESA). – IEEE, 2023.

157. Chen, F. Westerlies Asia and monsoonal Asia: Spatiotemporal differences in climate change and possible mechanisms on decadal to sub-orbital timescales / F. Chen [и др.] // Earth-Science Reviews. – 2019. – Vol. 192. – P. 337–354.

158. Dilinuer, T. Regional drying and wetting trends over Central Asia based on Köppen climate classification in 1961–2015 / T. Dilinuer [и др.] // Advances in Climate Change Research. – 2021. – Vol. 12, №3. – P. 363–372.

159. Woolway, R.I. Global lake responses to climate change / R.I. Woolway [и др.] // Nature Reviews Earth & Environment. – 2020. – Vol. 1, №8. – P. 388–403.

160. Аҳмадов, Ф. Стратегияи миллии рушди Ҷумҳурии Тоҷикистон барои давраи то соли 2030 заминаи баландбардории сатҳи зиндагии аҳоли / Ф. Аҳмадов, Н. Шоасалов // Финансово-экономический вестник. – 2024. – №3(42). – С. 77–83.

161. Тоҷикистон, В. Конференсияи байналмилалӣ II-юми илмӣ-назариявӣ таҳти унвони «Рушди иқтисодӣ, иҷтимоӣ Тоҷикистон: дастовардҳо, мушкилот ва дурнамои он» / В. Тоҷикистон.

162. Wang, W. Quantitative soil wind erosion potential mapping for Central Asia using the Google Earth Engine platform / W. Wang [и др.] // Remote Sensing. – 2020. – Vol. 12, №20. – P. 3430.

163. Fallah, B. Climate change impacts on Central Asia: Trends, extremes and future projections / B. Fallah [и др.] // International Journal of Climatology. – 2024. – Vol. 44, №10. – P. 3191–3213.

164. Chen, M. Statistical insights into the water exchange process in the Yangtze-Poyang System: The YPWES model / M. Chen [и др.] // Journal of Hydrology: Regional Studies. – 2022. – Vol. 40. – P. 101054.

165. Bilal, H. Snow runoff modelling in the upper Indus River Basin and its implication to energy water food nexus / H. Bilal [и др.] // Ecological Modelling. – 2024. – Vol. 498. – P. 110871.

ИНТИШОРОТ АЗ РЀИИ МАВЗУИ ДИССЕРТАТСИЯ

а) Мақолаҳои, ки дар маҷаллаҳои тақризшаванда ва эътирофнамудаи

Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии

Тоҷикистон нашр гардидаанд:

[1–М]. **Раҳмонов Ш.С.** Энергетические ресурсы Таджикистана. Часть. 2. Оценка запасов угля и развитие угольной энергетики [Текст] / **Ш.С. Раҳмонов**, Б.М. Хасанов, С.Ш. Курбонализода, А.А. Гулаҳмадов, Ю. Курбонов, Ф.Х. Насруллоев // Научный журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана №3(2). – Душанбе, 2023 г. –С. 48-54. –ISSN 2789-0953.

[2–М]. **Раҳмонов Ш.С.** Энергетические ресурсы Таджикистана. Часть 1. Гидроэнергетические ресурсы [Текст] / Халиков Х., **Ш.С. Раҳмонов**, Курбонализода С.Ш., Гулаҳмадов А.А., Давлатшоев С.К. // Научный журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана №3(1). – Душанбе, 2023 г. –С. 83-91. –ISSN 2789-0953.

[3–М]. **Раҳмонов Ш.С.** Энергияи гидрогенӣ. Қисми 1. Муқоисаи дурнамои истифодаи захираҳои энергетикӣ [Матн] / А.А. Гулаҳмадзода, **Ш.С. Раҳмонов**, Б.М. Хасанов, С.К. Давлатшоев, З.Б. Азизов // Маҷалаи илмӣ “Захираҳои обӣ, энергетика ва экология”-и Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон №3(2). – Душанбе, 2023 с. –С. 56-63. –ISSN 2789-0953.

[4–М]. **Раҳмонов Ш.С.** Теплоснабжение на основе солнечной энергии в Таджикистане [Текст] / **Ш.С. Раҳмонов**, А.А. Гулаҳмадзода, Б.М. Хасанзода // Научный журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана №3(3). – Душанбе, 2023 г. –С. 163-169. –ISSN 2789-0953.

[5–М]. **Рахмонов Ш.С.** Использование потенциала возобновляемых источников энергии в Таджикистане: диверсификация, вызовы и стратегические пути к энергетической независимости [Текст] / Б.М. Хасанзода, А.А. Гулахмадзода, **Ш.С. Рахмонов** // Научный журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, №5(1). – Душанбе, 2025 г. – С. 87-97. –ISSN 2789-0953.

[6–М]. **Рахмонов Ш.С.** Энергияи гидрогенӣ. Қисми 2. Дурнамои рушди энергияи гидрогенӣ дар Тоҷикистон [Матн] / А.А. Гулахмадзода, **Ш.С. Рахмонов**, Б.М. Ҳасанов, С.К. Давлатшоев, З.Б. Азизов // Маҷалаи илмӣ “Захираҳои обӣ, энергетика ва экология”-и Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон №5(1). – Душанбе, 2025 с. - С. 98-107. –ISSN 2789-0953.

[7–М]. **Рахмонов Ш.С.** Таҳқими иқтисоди гидроэнергетикии Тоҷикистон: лоиҳаҳои НБО-и Айнӣ ҳамчун унсури энергетикаи устувор [Матн] / **Ш.С. Рахмонов**, Б.М. Хасанзода, А.А. Гулахмадзода, С.К. Давлатшоев // Маҷалаи илмӣ “Захираҳои обӣ, энергетика ва экология”-и Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон №5(3). – Душанбе, 2025 с. -С. 76-81. –ISSN 2789-0953.

[8–М]. **Рахмонов Ш.С.** Реактори биогази анаэробӣ – биотуалет [Матн] / Ф.Т. Абдусамиев, С.Х. Баҳриев, Муссе Смаила Рауфу, **Ш.С. Рахмонов** // Маҷалаи илмӣ “Захираҳои обӣ, энергетика ва экология”-и Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон №5(3). – Душанбе, 2025 с. -С. 113-117. –ISSN 2789-0953.

[9–М]. **Рахмонов Ш.С.** Солнечные панели в Таджикистане: технологии, эффективность и перспективы внедрения [Текст] / **Ш.С. Рахмонов**, Б.М. Хасанзода, А.А. Гулахмадзода, С.К. Давлатшоев // Научный журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана №5(2). – Душанбе, 2025 г. –С. 60-67. –ISSN 2789-0953.

[10–М]. **Рахмонов Ш.С.** Моделсозӣ ва таҳлили дурнамои рушди захираҳои гидроэнергетикӣ дар ҳавзаи дарёи Вахш [Матн] / **Ш.С. Рахмонов**, А.А. Гулахмадзода, С.Қ. Давлатшоев, О.Б. Давронов, З.Б. Азизов // Маҷалаи илмӣ “Захираҳои обӣ, энергетика ва экология”-и Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон №6(1). – Душанбе, 2026 с. -С. 74-86. –ISSN 2789-0953.

[11–М]. **Рахмонов Ш.С.** Омӯзиши кори таҷҳизоти биогаз дар шароити воқеӣ зиндагии деҳаи Чорбоғ (ноҳияи Варзоб, Тоҷикистон) [Матн] / Ф.Т. Абдусамиев, С.Х. Баҳриев, С.Қ. Давлатшоев, **Ш.С. Рахмонов**, Н.Д. Холназаров, М.Т. Ятимов // Маҷалаи илмӣ “Захираҳои обӣ, энергетика ва экология”-и Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон №6(1). – Душанбе, 2026 с. -С. 87-93. –ISSN 2789-0953.

[13–М]. **Рахмонов Ш.С.** Таҳлили омилҳои афзоиши истеъмоли неруи барқ ва роҳҳои баланд бардоштани самаранокии низоми энергетикӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон [Матн] / **Ш.С. Рахмонов**, С. Ҳомидзода, Ф. Амиршоев, Р. Зиёев // Маҷалаи илмӣ “Захираҳои обӣ, энергетика ва экология”-и Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон №6(2). – Душанбе, 2026 с. -С. 71-81. –ISSN 2789-0953.

б) Мақолаҳое, ки дар маҷаллаҳои дигар нашр гардидаанд:

[14–М]. **Рахмонов Ш.С.** Интеграция гибридных солнечных систем на насосных станциях [Текст] / **Ш.С. Рахмонов**, Б.М. Хасанзода, А.А. Гулахмадзода // Научно-практической Конференции Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана – Душанбе, 2025 г. -С. 110-114.

[15–М]. **Рахмонов Ш.С.** Современное состояние и перспективы развития ВИЭ в странах Центральной Азии [Текст] / Научная Конференция Института природных ресурсов имени А.С. Джаманбаева Южного отделения Национальной академии наук Кыргызской Республики – г. Ош, 2025 г. -С. 56-64.

[16–М]. **Рахмонов Ш.С.** Баланд бардоштани самаранокӣ ва амнияти энергетикӣ тавассути рақамикунонии низоми энергетикӣи Ҷумҳурии Тоҷикистон [Матн] / Конференсияи III байналмилалӣ илмӣ-амалии Донишқадаи энергетикӣи Тоҷикистон – н. Кушониён, 2026 с. -С. 78-85.

[17–М]. **Рахмонов Ш.С.** О возможности доставки экологически чистой питьевой воды, сарезского озера потребителям [Текст] / Бахриев С.Х., **Рахмонов Ш.С.** // Научный Журнал Форума «Водные и климатические риски: наука, мониторинг и управление» посвященный 115-летию Сарезского озера в рамках четвёртой международной конференции высокого уровня по международному десятилетию действий «вода для устойчивого развития, 2018–2028» Республика Таджикистан – г. Душанбе, 2026 г. С. 26-32.

[18–М]. **Рахмонов Ш.С.** Оценка многолетней динамики ионного состава и уровня загрязнения воды реки зарафшан [Текст] / Шоэргашова Ш.Ш., Liu Tie, Chen Xi, **Рахмонов Ш.С.**, Каримов Б.К. // Научный Журнал Форума «Водные и климатические риски: наука, мониторинг и управление» посвященный 115-летию Сарезского озера в рамках четвёртой международной конференции высокого уровня по международному десятилетию действий «вода для устойчивого развития, 2018–2028» Республика Таджикистан – г. Душанбе, 2026 г. С. 94-98.

[19–М]. **Рахмонов Ш.С.** Влияние изменений количества осадков на физико-механические процессы эрозии почвы, осадконакопления и гидроэнергетическую мощность в бассейне реки Вахш [Текст] / **Рахмонов Ш. С.**, Гулахмадзода А.А. // Научный Журнал Форума «Водные и климатические риски: наука, мониторинг и управление» посвященный 115-летию Сарезского озера в рамках четвёртой международной конференции высокого уровня по международному десятилетию действий «вода для устойчивого развития, 2018–2028» Республика Таджикистан – г. Душанбе, 2026 г. С. 179-192.

[20–M]. **Rahmonov Sh.S.** Drivers of glacier albedo reduction and its impact on glacier change in the vakhsh river basin [Текст] / Nasrulloev F., Chen Y, Gulahmadzoda A., **Rahmonov Sh.S.**, Fang G., Murodov M., Gulahmadov N. // Scientific Journal of the Forum “Water and Climate Risks: Science, Monitoring and Management” dedicated to the 115th anniversary of Lake Sarez in the framework of the fourth high-level international conference on the international decade for action “Water for Sustainable Development, 2018–2028” Republic of Tajikistan - Dushanbe, 2026. P. 215-226.

[21–M]. **Rahmonov Sh.S.** Energy transition and energy security in hydropower-dominated economies: global trends and the case of tajikistan [Текст] // Scientific Journal of the Forum “Water and Climate Risks: Science, Monitoring and Management” dedicated to the 115th anniversary of Lake Sarez in the framework of the fourth high-level international conference on the international decade for action “Water for Sustainable Development, 2018–2028” Republic of Tajikistan - Dushanbe, 2026. P. 226-231.

[21–M]. **Раҳмонов Ш. С.** Таҳлили самаранокии гидроэнергетикии дарёҳои бузурги тоҷикистон ва арзёбии иқтисодии истифодабарии онҳо [Матн] // Научный Журнал Форума «Водные и климатические риски: наука, мониторинг и управление» посвященный 115-летию Сарезского озера в рамках четвертой международной конференции высокого уровня по международному десятилетию действий «вода для устойчивого развития, 2018–2028» Республика Таджикистан – г. Душанбе, 2026 г. С. 231-238.

в) Шаҳодатномаҳои муаллифӣ

[22–M]. **Раҳмонов Ш.С.** Дастгоҳ барои сардкунии панелҳои офтобӣ [Патент] / Давлатшоев С. Қ., Чаҳонгири Абдулвоҳид, Баҳриев С. Ҳ., Гулаҳмадзода А. А.// Патент № TJ 1682 Ҷумҳурии Тоҷикистон, МПК H01L31/052, H01S 40/42, H01F77/63. № 2502171, завл. 16.09.2025; опубл. 2.03.2026; Бюл. №228, 2026.

ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН		ИДОРАИ ПАТЕНТӢ
НАХУСТПАТЕНТ		
№ ТҶ 1682		
БА ИХТИРОИ		
<i>Дастгоҳ барои сарҳадҳои панелҳои офтобӣ</i>		
Дорандаи пахуспатент	Институту масъалаҳои ҶБ, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон	
Сарзамин	Ҷумҳурии Тоҷикистон	
Муаллиф(он)	Давлатшоев С.К., Чахонгирӣ Абдулвоҳид, Баҳриев С.Х., Раҳмонов И.С., Гулаҳмадзода А.А.	
Аввалияти ихтироъ	16.09.2025	
Таърихи рузи пешниҳоди ариза	16.09.2025	
Аризаи	№ 2502171	
Дар Феҳристи давлатии ихтироъҳои		
Ҷумҳурии Тоҷикистон	2 марти	с. 2026 ба қайд гирифта шуд
Нахустпатент		
этибор дорад аз	16 сентябри	с. 2025 то 16 сентябри с. 2035
		ДИРЕКТОР
		Исмоилзода М.

ҶУМҲУРИИ
ТОҶИКИСТОН



ИДОРАИ
ПАТЕНТИ

ШАҲОДАТНОМА

Шаҳрваид Раҳмонов Ш.С.

муаллифи ихтирои *Дастгоҳ барои сардукунии панелҳои офтобӣ*

Ба ихтироӣ
нахустпатенти № Т.Ҷ. 1682 дода шудааст.

Доравдан Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи
нахустпатент Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон
Сарзамин Ҷумҳурии Тоҷикистон

Ҳаммуаллиф(он) Давлатишоев С.Қ., Ҷаҳонгир Абдулвоҳид, Баҳриев С.Ҳ.,
Ғулаҳмадзода А.А.

Аввалияти ихтироӣ 16.09.2025

Таърихи рузи пешниҳоди ариза 16.09.2025

Аризаи № 2502171

Дар Феҳристи давлатии ихтироӣҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон

2 март с. 2026 ба қайд гирифта шуд

Нахустпатент
этибор дорад аз 16 сентябри с. 2025 то 16 сентябри с. 2035

Ин шаҳодатнома ҳангоми амали гардонидани ҳукуку
имтиёзҳое, ки барои муаллифони ихтироот бо қонунгузории
ҷорӣ муқаррар гардидаанд, нишон дода мешавад

ДИРЕКТОР

Исмоилзода М.



“ТАСДИҚ МЕКУНАМ”
 Муовини якуми Вазирӣ
 энергетика ва захираҳои оби
 Ҷумҳурии Тоҷикистон
 Шоимзода Ҷ. Ш.
 _____ 2026

САНАД

дар бораи татбиқи натиҷаҳои кори илмӣ Раҳмонов Шарифхуҷа Сайвалиевич дар мавзӯи “Сенарияҳои гидроэнергетикӣ оптимизатсияи тавозуни захираҳои энергетикӣ ва моделсозии фаъолияти иншоотҳои гидротехникӣ ҳавзаи дарёи Вахш”, ки барои дарёфти дараҷаи илмӣ доктори фалсафа (PhD) - доктор аз рӯйи ихтисоси 6D074400-Соҳтмони гидротехникӣ ва иншоот (6D074401-Соҳтмони гидротехникӣ) пешниҳод шудааст.

Мо, дар зер имзокунандагон: комиссия аз ҷониби кормандони Вазорати энергетика ва захираҳои оби Ҷумҳурии Тоҷикистон дар ҳайати раиси Комиссия - Сардори Сарраёсати сиёсати энергетика ва захираҳои оби Вазорати энергетика ва захираҳои оби Ҷумҳурии Тоҷикистон Абдуразоқзода Д. ва ҳайати он: Сардори Раёсати сармоягузори Вазорати энергетика ва захираҳои оби Ҷумҳурии Тоҷикистон Раҳимзода Н., Сардори Раёсати сиёсати энергетика ва захираҳои об, рушди илму техникаи Вазорати энергетика ва захираҳои оби Ҷумҳурии Тоҷикистон Абдуллаев Р. ва Сардори Раёсати иқтисод ва дурнамои Вазорати энергетика ва захираҳои оби Ҷумҳурии Тоҷикистон Холмуродзода М., санади мазкурро таҳия намуда, тасдиқ менамоем, ки натиҷаҳои илмӣ кори диссертатсионӣ докторанти PhD Раҳмонов Ш.С. барои дарёфти дараҷаи илмӣ доктори фалсафа (PhD) - доктор аз рӯйи ихтисоси 6D074400-Соҳтмони гидротехникӣ ва иншоот (6D074401-Соҳтмони гидротехникӣ) дар мавзӯи “Сенарияҳои гидроэнергетикӣ оптимизатсияи тавозуни захираҳои энергетикӣ ва моделсозии фаъолияти иншоотҳои гидротехникӣ ҳавзаи дарёи Вахш” дар раванди таҳия ва иҷрои корҳои соҳтмонӣ ва таҳқиқотӣ дар соҳаи энергетика қарор гирифтаанд.

Дар доираи таҳқиқот, таҳлили муқоисавӣ системавии захираҳои асосии энергетикӣ Ҷумҳурии Тоҷикистон, аз ҷумла гидроэнергетика, ангишт, нафту газ ва манбаъҳои барқароршавандаи энергия, дар асоси методологияи ягона анҷом дода шуд. Дар натиҷа, дурнамои воқеии рушди соҳаи энергетика бо таваҷҷуҳ ба сенарияи гидро-ангиштӣ муайян гардид.

Ҳамзамон, моделҳои оптимизатсионӣ-тақлидӣ математикӣ рӯи қори системаи энергетикӣ, аз ҷумла неруғохҳои бузурги барқи обӣ, аз қабилӣ НБО Роғун ва Норак, таҳия ва асоснок карда шуданд. Моделҳои пешниҳодшуда имкон медиҳанд, ки самаранокии танзими қувва неруғохҳои маҷрои дарёи Вахш арзёбӣ гардида, идоракунии устувори захираҳои гидроэнергетикӣ дар шароити нобаробарии мавсимӣ қарор таъмин карда шавад.

Илова бар ин, таъсири равандҳои эрозияи хок ва таҳшиншавӣ ба устувории системаи гидроэнергетикии хавзаи дарёи Вахш мавриди арзёбӣ қарор гирифт. Бо истифода аз моделҳои MUSLE ва низомҳои иттилоотии географӣ (GIS), хусусиятҳои фазоии равандҳои эрозияи ва таъсири онҳо ба талафоти фишор ва истеҳсоли неруи барқ, махсусан дар мисоли НБО-и Роғун, муайян карда шуданд.

Ҳамчунин, моделсозии дурнамои рушди захираҳои гидроэнергетикӣ дар хавзаи дарёи Вахш бо дарназардошти сценарияҳои иқлимии CMIP5 ва CMIP6 (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5) ва бо истифода аз модели обшавии барф (SRM) анҷом дода шуд. Натиҷаҳо нишон медиҳанд, ки дар сурати то 2°C баланд шудани ҳарорати миёна, ҳаҷми ҷараёни об метавонад то 16,5% зиёд гардад, ки ин зарурати тақмили речаҳои кори неругоҳҳои барқи обиро ба миён меорад.

Дар доираи кори диссертатсионӣ, инчунин дастгоҳи содда ва самаранокии хунаккунии панелҳои офтобӣ таҳия гардид, ки дар шакли кубури сӯроҳдор бо кунҷи 45° пешниҳод шудааст. Истифодаи он имкон медиҳад, ки ҳарорати панелҳо то 20–25°C паст карда шуда, самаранокии кори онҳо дар шароити ҳарорати баланд ва тағйирёбии иқлим баланд бардошта шавад.

Ранси комиссия:

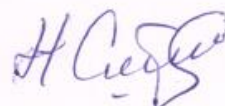
Сардори Сарраёсати сиёсати энергетика
ва захираҳои оби Вазорати энергетика
ва захираҳои оби Ҷумҳурии Тоҷикистон



Абдуразокзода Д.

Аъзоёни комиссия:

Сардори Раёсати сармоягузори
Вазорати энергетика ва захираҳои оби
Ҷумҳурии Тоҷикистон



Раҳимзода Н.

Сардори Раёсати сиёсати энергетика
ва захираҳои об, рушди илму техникаи
Вазорати энергетика ва захираҳои оби
Ҷумҳурии Тоҷикистон



Абдуллаев Р.

Сардори Раёсати иқтисод ва дурнамои
Вазорати энергетика ва захираҳои оби
Ҷумҳурии Тоҷикистон



Холмуродзода М.



САНАД

дар бораи татбиқи натиҷаҳои кори илмӣ Раҳмонов Шарифхуҷа Сайвалиевич дар мавзӯи “Сенарияҳои гидроэнергетикии оптимизатсияи тавозуни захираҳои энергетикӣ ва моделсозии фаъолияти иншоотҳои гидротехникии ҳавзаи дарёи Вахш”, ки барои дарёфти дараҷаи илмӣ доктори фалсафа (PhD) - доктор аз рӯйи ихтисоси 6D074400-Соҳтмони гидротехникӣ ва иншоот (6D074401-Соҳтмони гидротехникӣ) пешниҳод шудааст.

Мо, дар зер имзокунандагон: комиссия аз ҷониби кормандони ЧСК “Барки Тоҷик” дар ҳайати раиси Комиссия – Сардори Сарраёсати баҳрабардории неруғохҳо ва тақсимои барки ЧСК “Барки Тоҷик” Одилов Н. ва ҳайати он: Сардори Раёсати эътимодият ва манбаъҳои барқароршавандаи энергияи ЧСК “Барки Тоҷик” Қурбонализода С., Сардори Шуъбаи ҳимояи релеғӣ, автоматика ва метрологияи ЧСК “Барки Тоҷик” Ибрагимов Б. ва Сардори Шуъбаи манбаъҳои барқароршавандаи энергияи Раёсати эътимодият ва манбаъҳои барқароршавандаи энергияи ЧСК “Барки Тоҷик” Асоев А. санади мазкурро таҳия намуда, тасдиқ менамоем, ки натиҷаҳои илмӣ кори диссертатсионии докторанти PhD Раҳмонов Ш.С. барои дарёфти дараҷаи илмӣ доктори фалсафа (PhD) - доктор аз рӯйи ихтисоси 6D074400-Соҳтмони гидротехникӣ ва иншоот (6D074401-Соҳтмони гидротехникӣ) дар мавзӯи “Сенарияҳои гидроэнергетикии оптимизатсияи тавозуни захираҳои энергетикӣ ва моделсозии фаъолияти иншоотҳои гидротехникии ҳавзаи дарёи Вахш” дар фаъолияти истехсолӣ, лоиҳакашӣ ва корҳои соҳтмони системаи энергетикӣ дар ЧСК “Барки тоҷик” мавриди истифода қарор дода шудаанд.

Дар доираи ҷорӣ намудани натиҷаҳои илмӣ муайян гардид, ки онҳо махсусан ҳангоми татбиқи лоиҳаҳои соҳтмон, таҷдид ва азнавсозии иншоотҳои гидроэнергетикӣ аҳамияти муҳим дошта, ба баланд бардоштани самаранокии қарорҳои муҳандисӣ ва техникӣ мусоидат менамоянд.

Аз ҷумла, натиҷаҳои таҳқиқот дар самтҳои зерин татбиқ гардиданд:

- дар соҳаи банақшагири ва рушди инфрасохтори энергетикӣ – барои асосноккунии интиҳоби самараноки манбаъҳои энергетикӣ ва таҳияи сенарияҳои рушди соҳа;

- дар тарҳрезӣ ва идоракунии неруғохҳои барки обӣ – тавассути истифодаи моделҳои муосири математикӣ барои оптимизатсияи речаҳои кори неруғохҳо ва идоракунии захираҳои обӣ;

- дар корҳои соҳтмонӣ – бо дарназардошти таъсири равандҳои эрозия ва таҳшиншавӣ ба устувории иншоотҳои гидротехникӣ ва таъмини эътимоднокии онҳо дарозмуддат;

- дар мутобиқсозии иншоотҳои энергетикӣ ба тағйирёбии иқлим – тавассути истифодаи моделҳои пешгӯии гидрологӣ ва сценарияҳои иқлимӣ ҳангоми таҳияи қарорҳои лоиҳавӣ;

- дар татбиқи технологияҳои инноватсионӣ – аз ҷумла истифодаи усулҳои баланд бардоштани самаранокии системаҳои энергетикаи барқароршаванда.

Татбиқи натиҷаҳои мазкур имкон фароҳам овард, ки сифати корҳои сохтмонӣ ва лоиҳакашӣ беҳтар гардида, самаранокии истифодаи захираҳои гидроэнергетикӣ баланд бардошта шавад, инчунин устуворӣ ва эътимоднокии фаъолияти системаи энергетикӣ кишвар дар шароити тағйирёбии иқлим таъмин карда шавад.

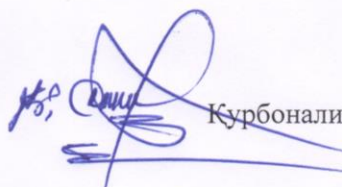
Раиси комиссия:

Сардори Сарраёсати баҳрабардории
неруғоҳо ва тақсимои барқи
ҚСҚ “Барқи Тоҷик”

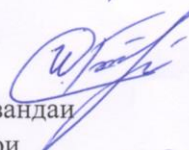
 Одилов Н.

Аъзоёни комиссия:

Сардори Раёсати эътимодият ва
манбаъҳои барқароршавандаи энергияи
ҚСҚ “Барқи Тоҷик”

 Курбонализода С.

Сардори Шуъбаи химояи релегӣ,
автоматика ва метрологияи
ҚСҚ “Барқи Тоҷик”

 Ибрагимов Б.

Сардори Шуъбаи манбаъҳои барқароршавандаи
энергияи Раёсати эътимодият ва манбаъҳои
барқароршавандаи энергияи
ҚСҚ “Барқи Тоҷик”

 Асоев А.

“ТАСДИҚ МЕКУНАМ”
 Директори Институти масъалаҳои об,
 гидроэнергетика ва экологияи АМИТ

 Гулахмадзода А. А.
 “ ” 2026

МАЪЛУМОТНОМА

дар бораи татбиқи натиҷаҳои кори илмӣ Раҳмонов Шарифхуча Сайвалиевич дар мавзӯи “Сенарияҳои гидроэнергетикӣ оптимизатсияи тавозуни захираҳои энергетикӣ ва моделсозии фаъолияти иншоотҳои гидротехникӣ ҳавзаи дарёи Вахш”, ки барои дарёфти дараҷаи илмӣ доктори фалсафа (PhD) - доктор аз рӯи ихтисоси 6D074400-Сохтмони гидротехникӣ ва иншоот (6D074401-Сохтмони гидротехникӣ) пешниҳод шудааст.

Натиҷаҳои корҳои илмӣ-тадқиқотии Раҳмонов Шарифхуча Сайвалиевич дар мавзӯи “Сенарияҳои гидроэнергетикӣ оптимизатсияи тавозуни захираҳои энергетикӣ ва моделсозии фаъолияти иншоотҳои гидротехникӣ ҳавзаи дарёи Вахш” ба раванди таълим ва омодагии кадрҳои илмӣ-педагогӣ дар Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон ворид ва татбиқ карда шудаанд.

Аз ҷумла, натиҷаҳои мазкур дар самтҳои зерин истифода бурда мешаванд:

1. Ба барномаҳои таълимӣ воридсозӣ - натиҷаҳои илмӣ таҳқиқот ба барномаҳои таълимӣ магистрантҳо ва докторантҳо (PhD), ки аз рӯи ихтисосҳои 6D061000 – “Гидрология”, 6D074400 – “Мухандисии гидроэнергетика”, 6D074400-Сохтмони гидротехникӣ ва иншоот (6D074401-Сохтмони гидротехникӣ) ва 6D060800 – “Захираҳои об ва истифодаи онҳо” таҳсил менамоянд, дохил карда шудаанд.

2. Татбиқ дар фанҳои таълимӣ - натиҷаҳои таҳқиқот дар доираи барномаҳо ва барномаҳои кории фанҳои зерин истифода мегарданд:

а) “Гидрология” - Дар доираи ин фан бори аввал масъалаҳои такмилёфтаи идоракунии танзими маҷрои дарёҳои кӯҳӣ (дар мисоли дарёи Вахш) баррасӣ гардида, унсурҳои асосии тавозуни гидроэнергетикӣ таҳти таъсири тағйирёбии иқлим муайян ва асоснок карда шудаанд.

б) “Сохторҳои гидротехникӣ”

- Моделҳои муосири истифодаи самараноки захираҳои гидроэнергетикӣ дарёи Вахш таҳия гардидаанд;

- Пешгӯии истеҳсоли солони энергияи барқароршаванда дар сенарияҳои гуногуни тағйирёбии иқлим то соли 2050 пешниҳод шудааст;

- Таҳлил ва арзёбии тағйироти эҳтимолии сарбории энергетикӣ дар шароити танзими маҷрои дарё дар сенарияҳои гуногуни иқлимӣ анҷом дода шудааст;

- Арзёбии мукаммали манбаъҳои энергетикӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон, аз ҷумла иқтидори гидроэнергетикӣ ва захираҳои гидроэнергетикаи хурд пешниҳод гардидааст.

в) “Захираҳои об ва истифодаи онҳо” - дар доираи фан усулҳои муосири назорати динамикаи тағйирёбии ҳаҷми муфиди обанборҳо бо дарназардошти омилҳои лойолудшавӣ, эрозияи соҳил ва дигар таъсирҳои табиӣ таҳия ва татбиқ шудаанд.

3. Татбиқ дар қорҳои амалии таълимӣ ва илмӣ - натиҷаҳои таҳқиқот дар раванди гузаронидани қорҳои озмоишӣ, саҳроӣ ва экспедитсионӣ, инчунин дар қорҳои бозомӯзӣ барои магистрантҳо ва докторантҳо истифода мешаванд. Ин имкон медиҳад, ки донишҷӯён ва муҳаққиқони ҷавон бо хусусиятҳои амалии танзими маҷрои дарё ва истифодаи самараноки захираҳои гидроэнергетикӣ дар шароити тағйирёбии иқлим шинос гарданд.

Ҳамин тариқ, татбиқи натиҷаҳои илмии мазкур ба баланд бардоштани сатҳи сифати таълим, рушди иқтидори илмӣ ва омодагории мутахассисони баландихтисос дар соҳаи гидрология ва гидроэнергетика мусоидат менамояд.

Муовини директор оид ба
илм ва таълими Институти
масъалаҳои об, гидроэнергетика
ва экологияи АМИТ н.и.т.



Алиев Ф. А.

Номгӯи НБОХ	Ноҳия	Соли ба истифодадихӣ	Инқидори лоиҳавӣ, кВт
Шпад	Рӯшон	1977	30
Вамд	Рӯшон	1998	60
Дех	Рӯшон	1998	30
Бардара	Рӯшон	1998	50
Равмед	Рӯшон	1997	30
Япшорв	Рӯшон	1998	30
Басид	Рӯшон	1999	75
Пасор	Рӯшон	1999	100
Барчадев	Рӯшон	1999	45
Аджирх	Рӯшон	1999	20
Емс	Рӯшон	2001	100
Даржомг	Рӯшон	1993	200
Баджу	Рӯшон	1999	37
Пастбаджу	Рӯшон	2001	15
Пастхуф -1	Рӯшон	2001	37
Пастхуф - 2	Рӯшон	2002	37
Хуф - 1	Рӯшон	2003	37
Хуф - 2	Рӯшон	2003	15
Шидз	Рӯшон	2004	20
Барушон	Рӯшон	2001	100
Лангар - 1	Рӯшон	2005	150
Лангар - 2	Рӯшон	2006	50
Бардара	Рӯшон	2008	160
Чадуд	Рӯшон	2009	35
Рошорв	Рӯшон	2011	100
Вомар	Рӯшон	2003	100
Вомар-2	Рӯшон	2004	47
Лангар	Ишқошим	2002	75
Ямчун	Ишқошим	2002	200
Шитхарв	Ишқошим	2009	35
Бодом	Роштқалъа	1998	30
Вездара	Роштқалъа	1999	30
Тусиён	Роштқалъа	2013	250
Арнавад	Ванҷ	2011	50
Бичхарв	Ванҷ	-	80
Ванҷ-2	Ванҷ	2013	800
Дашти Язғулом	Ванҷ	2013	15
Шкев	Дарвоз	2001	100
Ёгед (Нурафшон)	Дарвоз	2006	125
Ширг -1	Дарвоз	2008	1260
Гушун -1	Дарвоз	2009	65
Ширг- 2"	Дарвоз	2011	500
Шел	Ш. Шоҳин	2005	5
Боғи Шаҳ	Ш. Шоҳин	2005	5
Кугара	Ш. Шоҳин	2010	10
Боғи Шаҳ	Ш. Шоҳин	1992	15
Шел-2	Ш. Шоҳин	2015	15
Чиптура	Ш. Шоҳин	2005	5
Сафедоб	Ш. Шоҳин	2017	175
Ҳорма	Балҷувон	2011	180
Пештова	Балҷувон	2011	15
Муллоконӣ	Балҷувон	2011	15
Резгай	Балҷувон	2011	10
Сафедоб	Балҷувон	2011	5
Пушти Боғ	Балувон	2018	180

Идомаи замимаи 5

Шомуша	Балчувон	2014	5
Аспрингон	Балчувон	2014	5
Кулхуча	Балчувон	2015	10
Шибдара	Балчувон	2015	15
Сурхтеппа 1	Ҷ. Балхӣ	2009	400
Кӯлоб	Кӯлоб	2009	200
Осиёбак	Вахш	2009	100
Шаш Болой	Нуробод	2007-2010	183
Кабутиён -1	Нуробод	2007	30
Улфатобод	Нуробод	2004	18
Сияхгулак	Нуробод	2010	50
Сари Пулак	Нуробод		20
Сайёд	Вахдат	2008	15
Юмсуроқ	Вахдат	2005	5
Лангар	Вахдат	2009	8
Тавиши Поён	Вахдат	2009	15
Тавиши боло	Вахдат	2009	25
Вистан-2	Вахдат	2009	5
Варва-2	Вахдат	2009	17
Сорбоғи даҳана	Вахдат	2009	17
Сорво-2	Вахдат	2009	16
Сорво- 7	Вахдат	2015	30
Коҳу	Вахдат	2010	25
Вистан-3	Вахдат	2011	20
Дехпир-2	Вахдат	2012	12
Сайёд-2	Вахдат		15
Сорбоғи Дарун	Вахдат		10
Муродова	Вахдат		10
Лошхарф	Вахдат		10
Деҳаи Хол	Вахдат		15
Варва	Вахдат	2012	10
Пчеф-2	Вахдат	2014	10
Хол-2	Вахдат	2014	10
Тангай (Вахдат-2)	Вахдат	2014	20
Вистан-4	Вахдат	2014	90
Ёс	Вахдат	2014	8
Соне	Вахдат	2019	50
Тоҷ	Шахринав	2015	125
Лухарвӣ	Сангвор	2012	50
Пилдони Боло	Лахш	2007	37
Питавқул-1	Лахш	1963	460
Питавқул-2	Лахш	2012	1104
Фатҳобод-2	Тоҷикобод	2010	282
Сангикар	Рашт	2011	1000
Тутак	Рашт	2013	586
Ҳичборак	Рашт	2017	100
Арчинаки боло	Ҳисор	1995	37
Арчинаки поён	Ҳисор	1991	15
Ширкент-2	Турсунзода	2011	576
Ҳазораи - 1	Варзоб -1	1996	250
Ҳазораи - 2	Варзоб -2	1998	250
Такоб	н. Варзоб	2009	750
Панҷхок -1	Варзоб	1990	30
Панҷхок -2	Варзоб	1990	35
Аргуч	Панҷакент	2008	530
Панҷрӯд	Панҷакент	2010	500
Лангар	К. Масчоҳ	2009	55
Куҳистон Такоби Обурдон	К. Масчоҳ	2010	500

Идомаи замимаи 5

Дашти Оббурдон	К. Мастчоҳ	2011	75
Пастигав	К. Мастчоҳ	2011	30
Куҳистон-1 (Гузн)	К. Мастчоҳ	2012	500
Самчон -1	К. Мастчоҳ	2000	37
Ярм -1	К. Мастчоҳ	1998	35
Ланглиф -1	К. Мастчоҳ	1997	25
Туро -1	К. Мастчоҳ	1999	20
Дехавз	К. Мастчоҳ	2006	75
Дехсор -1	К. Мастчоҳ	1998	30
Роғ -1	К. Мастчоҳ	2002	37
Роғ -2	К. Мастчоҳ	1999	37
Роғ -3	К. Мастчоҳ	2001	35
Дехманора -1	К. Мастчоҳ	1998	75
Дехманора -2	К. Мастчоҳ	2005	37
Такшиф -1	К. Мастчоҳ	1999	37
Палдорак -2	К. Мастчоҳ	1998	100
Ярм-2	К. Мастчоҳ	2008	40
Дехсор-2	К. Мастчоҳ	1999	4
Водиф-1	К. Мастчоҳ	2008	80
Хургифи-Эшоно	К. Мастчоҳ	1999	37
Сабағ-5	К. Мастчоҳ	2008	37
Ғукат	К. Мастчоҳ	2008	10
Ғукат-2	К. Мастчоҳ	2019	20
Роғ-4	К. Мастчоҳ	2008	15
Палдорак-1	К. Мастчоҳ	2008	175
Даштак (Вахдат-1)	К. Мастчоҳ	2011	55
Такшиф-2	К. Мастчоҳ	2012	35
Палдорак-3	К. Мастчоҳ	2012	125
Палдорак-4	К. Мастчоҳ	2012	100
Роғ-5	К. Мастчоҳ	2014	62
Дичик	Айний	2010	260
Шурпаст	Айний	2010	15
Марзич	Айний	2011	4300
Вешаб	Айний	2011	30
Дар-Дар-1	Айний	2006	7
Кул	Айний	2009	15
Каранте	Айний	2009	5
Хишартоб	Айний	2010	15
Раҳим	Ҷ. Расулов	2009	75
Овчӣ -3	Деваштич	2013	15
Овчи-4	Деваштич	2014	15
Овчи-5	Деваштич	2014	15
Сафедоб	Ш. Шоҳин	2008	10
Курмроғ	Ш. Шоҳин	2008	10
Хазрати Эмом	Ш. Шоҳин	2012	7
Нова	Ш. Шоҳин	2014	18
Яхшор	Ш. Шоҳин	2014	5
Яхшор-2	Ш. Шоҳин	2000	18
Оҳангарон	Ш. Шоҳин	2009	5
Нова-2	Ш. Шоҳин	2009	18
Кавлuch	Ш. Шоҳин	2012	10
Диҳи Хо	Ш. Шоҳин	2014	5
Сафедоб-2	Ш. Шоҳин	2013	5
Личун	Ш. Шоҳин	2004	5
Дошмандӣ	Балҷувон	2008	40
Шингдара	Балҷувон	2011	8
Погула	Балҷувон	2011	8
Гулзамин	Балҷувон	2011	5

Идомаи замимаи 5

Оби Рушан	Ховалинг	2001	5
Сари Осиёб-1	Ховалинг	2011	20
Сари Осиёб-2	Ховалинг	2011	12
Зафаробод	Вахш	2012	5
Шодмонӣ- 1	Нуробод	2004	35
Даҳагиён	Нуробод	2004	37
Деҳаи Тағ	Нуробод	2004	32
Кабутиён -2	Нуробод	2005	18
Душоҳазамин-2	Нуробод	2011	40
Шодмонӣ-2	Нуробод		25
Самсолик	Нуробод		10
Марказ	Нуробод		20
Нурофар	Ваҳдат	2008	200
Симиганҷ	Ваҳдат	2008	10
Фириштӣ	Ваҳдат	2006	25
Симиганҷ-2	Ваҳдат	2004	5
Фириштӣ-2	Ваҳдат	2007	5
Саричинори поён	Ваҳдат	2004	5
Фириштӣ-3	Ваҳдат	2007	5
Панҷикон	Ваҳдат	2005	5
Фириштӣ 4 каскад	Ваҳдат	2006	6
Ҳочи –Қатаған	Ваҳдат	2009	20
Минтақаи истироҳатии Тангай	Ваҳдат	2009	5
Маданият-3	Ваҳдат	2009	05.май
Девдара	Ваҳдат	2009	5
Дехпир	Ваҳдат	2009	5
Соне-2	Ваҳдат	2009	8
Соне-3	Ваҳдат	2009	5
Сорво-3	Ваҳдат	2009	10
Сорво-4	Ваҳдат	2009	11
Сорво- 5	Ваҳдат	2010	16
Сорво- 6	Ваҳдат	2010	18
Нурофар-2	Ваҳдат	2010	50
Новаки поён	Ваҳдат	2010	15
Соне-4	Ваҳдат	2010	25
Соне-1	Ваҳдат	2010	15
Сорво-1	Ваҳдат	2010	25
Новаки Боло	Ваҳдат	2010	5
Вистан-1	Ваҳдат	2010	5
Ғускеф	Ваҳдат	2012	10
Пишандоч	Ваҳдат		07.май
Фириштӣ-1	Ваҳдат		5
Маданият-1	Ваҳдат		12
Чептура	Шаҳринав	1992	500
Сангвор	Сангвор	2010	30
Мулло	Сангвор		25
Пилдони миёна	Лахш	1994	5
Сари Най-1	Тоҷикобод	2006	30
Капалӣ	Тоҷикобод	2004	75
Сари Най-2	Тоҷикобод	2009	15
Канишбек	Тоҷикобод	2013	10
Ғуломон	Тоҷикобод		10
Порвоғ	Рашт	2008	10
Пингон-2	Рашт	2009	28
Ҳоит-1	Рашт	2011	50
Ҳоит-2	Рашт	2011	120
Сиполинг	Рашт	2007	30

Идомаи замимаи 5

Чафр	Рашт	2009	5
Пингон-1	Рашт	2009	10
Сафедоб	Рашт	2009	5
Кул	Рашт	2012	31
Сафедкӯҳ	Рашт		18.май
Муллоштемур	Рашт		11
Навде	Рашт		7
Шурмак	Рашт		9
Лангирок	Рашт		7
Махмаднаим	Рашт		12
Чумабой	Рашт		7
Шурмак	Рашт		23
Яшм	Рашт		15
Шайнак-1	Рӯдакӣ	2009	15
Гулханӣ	Ҳисор	2007	55
Мирзои ғулом	Ҳисор	2003	15
Зиракӣ	Ҳисор	2009	20
Лолагӣ-2	Ҳисор	2014	100
Меҳнат	Турсунзода	2012	15
Кунгир	Турсунзода		10
Куктеппа	Варзоб	1998	16
Роғ – 1	Варзоб	2007	15
Роғ – 2	Варзоб	2007	15
Намозгаҳ	Варзоб	1990	75
Шеҳак	Варзоб	2008	5
Вармоник	Варзоб	2012	15
Ғажни	Варзоб	2012	5
Новакандоз	Варзоб	2013	40
Сафедорак	Варзоб	2013	100
Тиллокор	Панҷакент		100
Бодгаҳ	Панҷакент		15
Мадруштак -1	К. Мастҷох	1995	15
Мадруштак -3	К. Мастҷох	2001	15
Табушн -1	К. Мастҷох	1996	15
Табушн -2	К. Мастҷох	1999	60
Табушн -3	К. Мастҷох	2001	37
Табушн -4	К. Мастҷох	2006	10
Сабағ -1	К. Мастҷох	1999	40
Сабағ -2	К. Мастҷох	2000	40
Сабағ -3	К. Мастҷох	2005	40
Истошон -2	К. Мастҷох	2000	8
Валихон -1	К. Мастҷох	2005	8
Хайробод -1	К. Мастҷох	1998	10
Хайробод -2	К. Мастҷох	2003	13
Сабағ-4	К. Мастҷох	2005	40
Табуш-6	К. Мастҷох	2008	6
Табуш-7	К. Мастҷох	2009	10
Сурхкак	К. Мастҷох	2010	5
Арнохун -1	К. Мастҷох	2010	25.янв
Аслонобод	К. Мастҷох	2010	5
Мадрушкат-4	К. Мастҷох		15
Хушекат-1	Айнӣ	2005	5
Хушекат-2	Айнӣ	2005	5
Искодар	Айнӣ	2009	5
Пулодов О-1	Ҷ. Расулов	2009	15
Пулодов О-2	Ҷ. Расулов	2009	15
Овҷӣ -1	Деваштиҷ	2009	15
Овҷӣ -2	Деваштиҷ	2009	20

Идомаи замиаи 5

Худгифи Боло			80
Самчон			45
Ярм			70
Ланглиф	Минтақаи Зарафшон		38
Дехавз			70
Туро			20
Девлох	Рушон		15
Миденчид	Рушон		25
Бижравд	Рушон		25
Ачирх	Рушон	Аз соли 2023 то 2025	50
Басид	Рушон		174
Ёгед	Дарвоз		275
Гушун	Дарвоз		25
Бодомдара	Рошткалба		25
Пшихарв	Ванҷ		45
Равшанов	Рушон		20
Равмед	Рушон		100
Ҷизев	Рушон		25
Дарҷомч	Рушон		220
Ҷамъ			210488

Хусусиятҳои энергетикӣ дарёи Вахш

Худуди китъаҳо	Афтидан, м.	Дарозии китъа, км.	Масофа аз сарчашма, км	Нишебӣ, %	$Q_{\text{ср. мн.}}$ $\text{м}^3/\text{с}$	$N_{\text{год}}$ МВт.	$\Sigma N_{\text{год}}$ МВт.	$\mathcal{E}_{\text{год}}$ ГВт.ч.	$\Sigma \mathcal{E}_{\text{год}}$ ГВт.ч.	Абс. отм. м.
Сарчашма			0		0	0	0	0	0	1139
д. Дашти-Гургон	36	6.20	6.20	0.58	654.2	231	231	2020	2020	1103
д. Мирзӣ-Шарифион	2	0.80	7.00	1.25	654.5	12.8	243.8	112.4	2132.4	1101
д. Муджехарв	55	10.10	17.10	0.54	654.9	353	596.8	3092	5224.4	1046
д. Хакими	2	0.30	17.40	0.67	655.2	12.8	609.6	112.5	5336.9	1044
д. Даран-Камак	20	3.60	21.00	0.56	655.3	128.4	738.1	1125.1	6461.9	1024
д. Лягур	25	4.60	25.60	0.54	655.5	160.6	898.7	1406.9	7868.9	999
д. Оби-Гарм	32	6,00	31.60	3.80	655.9	206	1104.7	1804.6	9673.4	967
д. Оби-Чушон	10	1.80	33.40	0.55	656.1	64.3	1169	563.3	10236.7	957
д. Кундыз-Амунъ	19	3.50	36.90	0.55	656.3	123.4	1292.4	1081.3	11318	938
Приток № 375	147	27.10	64.00	0.54	657.2	945.1	2237.5	8278.8	19596.8	791
Приток № 376	65	17.60	81.60	0.37	658.6	419.5	2657	3674.9	23271.8	726
Приток № 377	43.5	26.50	108.10	0.16	659.9	278.1	2935.1	2436	25707.7	675
Приток № 379	19	10,00	118.10	0.19	661	123.1	3058.2	1078.2	26785.9	649
Приток № 380	15	2.40	120.50	0.63	661.4	98.5	3156.6	862.8	27648.7	634
Приток № 381	14.8	5.80	126.30	0.26	661.7	96.6	3253.2	846.2	28494.9	614
Приток № 382	20	10,00	136.30	0.20	662.1	129.8	3383	1136.9	29631.8	
Ммагистраль. канал Вахш	163	67.20	203.50	0.24	664.6	1061.1	4444.1	9296	38927.8	
д. Ёван-Су	52	23,00	226.50	0.23	616.5	314.2	4758.3	2752.3	41680.1	400
Дарёи	83.1	133,0	359.50	0.02	618.3	504	5262.3	4415	46095.1	316
Њамағӣ	823.6	359.5		0.23	618.26	5262.3		46095.1		

Майдони умумии об ҷамъоварӣ 39100 км².

Хусусияти энергетикии дарёи Сурхоб

Ҳудуди китъаҳо	Афтидан, м.	Дарозии китъа, км.	Масофа аз сарчашма, км	Нишебӣ, %	Q _{ср. мн.} м³/с	N _{год} МВт.	ΣN _{год} МВт.	Э _{год} ГВт.ч.	ΣЭ _{год} ГВт.ч.	Абс. отм. м.
Сарчашма			0		0	0	0	0	0	4700
д. Такали Ичкеле-Сай	809	30.80	30.80	2.63	6.92	26.6	27	26	260	3891
д. Такали Зулум-Арт	168	5.20	36.00	3.35	11.3	18.6	45	163	423	3723
д. Такали Кара-Джилга	55	2.20	38.20	2.72	17.3	9.3	55	81.6	505	3668
д. Такали Кумыш-Джилга	145	8.40	46.60	1.72	21	29.8	84	261	766	3523
д. Такали. Карай-Кашон	113	3.40	50.00	3.72	22.4	25.9	110	227	993	3410
д. Такали Кыз-Курган	519	18.50	68.50	2.80	30	85.4	196	748	1741	2891
д. Такали Каинды	151	16.20	84.70	0.93	36	53.1	249	465	2206	2740
д. Такали Саук-Сай	28	4.90	89.60	0.77	70	19.2	268	168	2374	2712
д. Такали Терс-Агар-Су	7	1.21	90.80	0.58	93.5	6.4	274	56.2	2430	2705
д. Такали Аю-Джилга	155	17.10	107.90	0.91	97	147	42	1290	3720	2550
д. Такали Кызыл-Су	9	1.10	109.00	0.86	102	9.5	431	82.8	3803	2540
д. Такали Сурхан-Гау	200	16.40	125.40	1.22	109.2	214	645	1860	5663	2341
д. Такали Ширваза	143	1.60	127.00	8.93	114.1	149	794	1300	6963	2198
д. Такали Сугран	168	6.00	133.00	2.79	116	187	981	1650	8613	2030
д. Такали Оби-Ханук	21	15.30	148.30	0.14	130	26.1	1007	229	8842	2009
д. Такали Кызыл-Су (Алайская)	166	21.60	169.90	0.77	146	236	1243	2070	10912	1843
д. Такали Дара-Чол	44	5.60	175.50	0.79	218	94	1337	823	11735	1799
д. Такали Арча-Капа	47	8.40	183.90	0.56	219	101	1438	884	12619	1752
Приток № 282	11	1.50	185.40	0.73	221	23	1462	209	12828	1741
д. Такали Кок-Су	42	6.20	191.60	0.70	225	92.5	1554	810	13638	1699

Идомаи заминаи 7

д. Такали Шурак	58	8.80	200.40	0.66	257	151	1705	1320	14958	1641
д. Такали Канъшбек	29	4.40	204.80	0.66	260	73.8	1779	646	15603.6	1612
д. Такали Шикерга	53	13.60	218.40	0.39	261	126	1905	1100	16704	1559
д. Такали Ярхич	27	4.30	222.70	0.63	262	72.6	1978	636	17340	1557
д. Такали Сурх-Дара	16	4.11	226.80	0.39	315	49.3	2027	432	17772	1516
д. Такали Шурик	13	3.20	230.00	0.41	316	40.2	2067	352	18124	1503
д. Такали Дидалъ	28	6.91	236.90	0.41	319	87.6	2155	767	18891	1475
Приток № 308	35	9.60	246.50	0.37	320	111	2266	975	19866	1440
д. Такали Оби-Мазар	2	0.50	247.00	0.26	322	5.7	2271	49.7	19915	1438
д. Такали Шурак	53	10.40	257.40	0.51	323	167	2438	1460	21375	1385
Приток № 311	12	7.40	264.80	0.16	325	38	2477	335	21710	1381
Приток № 312	12	1.20	266.00	1.0	331	39	2515	341	22051	1373
д. Такали Рукоу	43	11.50	277.50	0.37	332	140	2655	1230	23281	1318
д. Такали Сорбог	81	19.50	297.00	0.42	335	266	2921	2330	25611	1237
Приток № 329	25	9.10	306.10	0.27	408	100	3021	874	26485	1212
Приток № 330	12	2.10	308.20	0.57	409	48.1	3069	421.	26906	1200
Дарё	61	13.00	321.20	0.47	438	262	3331	2290	29196	1139
Ҳамагӣ	3561	321.21		1.11	654.2	3331.4		29196		

Майдони умумии об қамъоварӣ 22730 км².

Хусусияти энергетикии дарёи Обихингов

Худуди қитъаҳо	Афтидан, м.	Дарозии қитъа, км.	Масофа аз сарчашма, км	Нишебӣ, %	Q _{ср. мн.} м³/с	N _{год} МВт.	ΣN _{год} МВт.	Э _{год} ГВт.ч.	ΣЭ _{год} ГВт.ч.	Абс. отм. м.
Сарчашма			0		0	0	0	0	0	3040
д. Киргизоб	415	23.10	23.10	1.80	15.40	62.70	62.70	549.0	549.00	2625
д. Бохуд	2	1.60	24.70	0.12	24.90	0.50	63.20	4.29.0	553.30	2623
д. Оби-Мазор	443	32.30	57.00	1.37	46.50	202.00	265.20	1770.0	2323.30	2180
д. Урфати	20	1.40	58.40	1.41	90.00	17.40	282.60	152.0	2475.30	2161
д. Писода	64	7.80	66.20	0.82	93.20	58.20	340.80	510.0	2985.30	2097
д. Сангоба	117	8.60	74.80	1.36	99.00	114.00	454.80	994.0	3979.30	1980
д. Шакли-Су	114	19.20	94.00	0.59	106.00	118.00	572.80	1034.0	5013.30	1866
д. Иахнак-Дара	22	4.40	98.40	0.51	137.00	30.00	602.80	262.0	5275.30	1844
д. Фарки-Куш	54	10.40	108.80	0.52	141.00	75.00	677.80	654.0	5929.30	1790
д. Гун-Дара	27	4.00	112.80	0.67	150.00	39.10	716.90	343.0	6272.30	1763
д. Саузы-Хара	42	6.00	118.80	0.70	152.00	62.70	779.60	549.0	6821.30	1721
Приток № 348	37.5	5.60	124.40	0.67	160.00	58.60	838.20	514.0	7335.30	1660
д. Сары-Об	27	4.40	128.80	0.61	162.00	42.80	881.00	375.0	7710.30	1642
Приток № 351	25	3.90	132.70	0.64	177.00	43.40	924.40	380.0	8090.30	1632
Приток № 352	29	4.40	137.10	0.66	179.00	50.90	975.30	446.0	8536.30	1603
д. Бандасарико	35	5.80	142.90	0.60	180.00	61.70	1037.00	541.0	9077.30	1568
д. Пагуля	7	1.40	144.30	0.50	188.00	12.70	1049.70	113.0	9190.30	1561
Приток 3№ 55	26	4.40	148.70	0.59	189.00	48.30	1098.00	423.0	9613.30	1535
д. Дашти-Кавак	65	9.00	157.70	0.72	193.00	123.00	1221.00	1080.0	10693.30	1470
Приток № 357	22	3.70	161.40	0.59	198.00	42.70	1263.70	374.0	11067.30	1448

Идомаи замимаи 8

д. Пагамноу-Дара	19	4.20	165.60	0.45	200.00	37.20	1300.90	326.0	11393.30	1429
Приток № 359	25	6.20	171.80	0.40	214.00	51.80	1352.70	454.0	11847.30	1400
Приток № 360	44	9.60	181.40	0.46	215.00	92.80	1445.50	813.0	12660.30	1360
Дарё	221	16.60	198.00	1.33	220.00	476.00	1921.50	4170.0	16830.30	1139
Ҷамағӣ	1901	198,0	198.00	0.96	222.00	1921.50		16830.30		

Майдони умумии об қамъоварӣ 6530 км².

Замимаи 9

Таҳлили муқоисавии самаранокии энергетикӣ дарёҳои Вахш, Обихингов ва Сурхоб

Вахш				Обихингов				Сурхоб			
L, км	N, МВт	L, км	dN/dL	L, км	N, МВт	L, км	dN/dL	L, км	N, МВт	L, км	dN/dL
0	0	0	35.80	0	0	0	2.63	0	0	0	0
6.2	231.00	10.00	34.11	23.1	62.7	10	3.19	30.8	26.60	10	0
7.0	243.83	20.00	32.47	24.7	63.2	20	3.99	36.0	45.20	20	1.06
17.1	596.80	30.00	30.88	57.0	265.2	30	4.91	38.2	54.52	30	2.33
17.4	609.64	40.00	29.33	58.4	282.6	40	5.85	46.6	84.32	40	3.53
21.0	738.07	50.00	27.82	66.2	340.8	50	6.72	50.0	110.22	50	4.66
25.6	898.68	60.00	26.36	74.8	454.8	60	7.47	68.5	195.62	60	5.73
31.6	1104.68	70.00	24.94	94.0	572.8	70	8.07	84.7	248.72	70	6.74
33.4	1168.98	80.00	23.56	98.4	602.8	80	8.50	89.6	267.92	80	7.67
36.9	1292.42	90.00	22.23	108.8	677.8	90	8.78	90.8	274.33	90	8.55
64.0	2237.49	100.00	20.94	112.8	716.9	100	8.93	107.9	421.33	100	9.35
81.6	2657.00	110.00	19.70	118.8	779.6	110	9.03	109.0	430.79	110	10.09
108.1	2935.08	120.00	18.50	124.4	838.2	120	9.13	125.4	644.79	120	10.77
118.1	3058.16	130.00	17.34	128.8	881.0	130	9.36	127.0	793.79	130	11.38

Идомаи заминаи 9

120.5	3156.65	140.00	16.23	132.7	924.4	140	9.82	133.0	980.79	140	11.92
126.3	3253.25	150.00	15.16	137.1	975.3	150	10.66	148.3	1006.89	150	12.40
136.3	3383.03	160.00	14.13	142.9	1037.0	160	12.05	169.9	1242.89	160	12.81
203.5	4444.13	170.00	13.15	144.3	1049.7	170	14.19	175.5	1336.89	170	13.16
226.5	4758.32	180.00	12.21	148.7	1098.0	180	17.28	183.9	1437.89	180	13.44
359.5	5262.32	190.00	11.32	157.7	1221.0	190	21.57	185.4	1461.69	190	13.66
		200.00	10.47	161.4	1263.7	200	27.30	191.6	1554.19	200	13.81
		210.00	9.66	165.6	1300.9		9.97	200.4	1705.19	210	13.89
		220.00	8.90	171.8	1352.7			204.8	1778.99	220	13.91
		230.00	8.18	181.4	1445.5			218.4	1904.99	230	13.86
		240.00	7.51	198.0	1921.5			222.7	1977.59	240	13.75
		250.00	6.87					226.8	2026.89	250	13.57
		260.00	6.29					230.0	2067.09	260	13.33
		270.00	5.74					236.9	2154.69	270	13.02
		280.00	5.24					246.5	2265.69	280	12.64
		290.00	4.79					247.0	2271.36	290	12.20
		300.00	4.37					257.4	2438.36	300	11.70
		310.00	4.01					264.8	2476.56	310	11.13
		320.00	3.68					266.0	2515.46	320	10.49
		330.00	3.40					277.5	2655.46	330	9.78
		340.00	3.16					297.0	2921.46		9.89
		350.00	2.97					306.1	3021.26		
		360.00	2.82					308.2	3069.36		
			14.71					321.2	3331.36		

Оптимизатсияи речаи кории НБО-и Роғун. Танзими мавсимӣ (Моделӣ 1)

Сатр	Сутун	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Ном	Обнокии миёнаи солони											
1	Сол	2012											
2	Моҳ	Янв.	Фев.	Мар.	Апр.	Май	Июн.	Июл.	Авг.	Сен.	Окт.	Ноя.	Дек.
3	Резиши об ба обанбор, Q , м ³ /с	181	133	166	906	987	1555	1763	1504	858	354	259	211
4	Воридшавӣ ба обанбор, $W_{\text{воридшавӣ}}$, км ³	0,48	0,32	0,44	2,35	2,64	4,03	4,72	4,03	2,22	0,95	0,67	0,57
5	Резиш тавассути НБО, $Q_{\text{НБО}}$, м ³ /с	150	150	150	600	600	600	600	600	600	600	600	600
6	Ҳаҷми об тавассути НБО (турбинаҳо), $W_{\text{НБО}}$, км ³	0,40	0,36	0,40	1,56	1,61	1,56	1,61	1,61	1,56	1,61	1,56	1,61
7	Ҷиётидоӣ	3,00	3,08	3,04	3,08	3,88	4,91	7,39	10,5	12,93	13,59	12,94	12,1
8	Ҷиётиҳоӣ	3,08	3,04	3,08	3,88	4,91	7,39	10,50	12,9	13,59	12,94	12,05	11
9	Ҷавамнокии миёна	3,04	3,06	3,06	3,48	4,40	6,15	8,95	11,7	13,26	13,27	12,49	11,5
10	Ҷалафоти полоишӣ, $P_{\text{п}}$, км ³	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
11	Ҷалафот аз бухоршавӣ $P_{\text{бух}}$, км ³	0,002	0,000	0,001	0,001	0,003	0,006	0,012	0,021	0,021	0,015	0,015	0,008
12	$t_{\text{Ҷалафот}}$, мм. (қабат - ғафсӣ)	43	0	20	25	39	73	105	138	128	89	91	54
13	$W_{\text{Ҷисоби миёна}}$ км ³	3,029	3,052	3,05	3,47	4,38	6,136	8,925	11,68	13,23	13,24	12,47	11,51
14	Обпартои беҳуда, $P_{\text{беҳуда}}$, км ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Сарфаи беҳуда, $Q_{\text{беҳуда}}$, м ³ /с	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	$W_{\text{миёнаи интиҳоӣ}}$, км ³	3,029	3,052	3,05	3,47	4,38	6,136	8,925	11,68	13,23	13,24	12,45	11,5
17	$H_{\text{б.б.}}$, м.	1185,95	1186,37	1186,37	1193,62	1208,17	1231,60	1259,37	1279,62	1289,62	1289,69	1284,74	1278,48
18	$H_{\text{б.п.}}$, м.	979,77	979,77	979,77	982	982	982	982	982	982	982	982	982
19	Ҷишори брутто аз НБО, $H_{\text{брутто}}$, м	206,2	206,6	206,6	211,6	226,2	249,6	277,4	297,6	307,6	307,7	302,7	296,5
20	$A = 9,81 \cdot \eta$	8,99	8,99	8,99	8,96	8,86	8,70	8,52	8,38	8,31	8,31	8,34	8,39

Идомаи замимаи 10

21	Сарфи максималии иҷозатшудаи НБО, $Q_{\max}$, м ³ /с	1420,66	1422,76	1422,74	1446,35	1483,46	1418,22	1330,93	1632,64	2044,29	2048,2 1	1815,0 8	1599,2 2
22	Тавлиди неруи барқ, Э, млрд. кВт. с дар моҳ	0,21	0,19	0,21	0,82	0,89	0,94	1,05	1,11	1,10	1,14	1,09	1,11
23	Ҷамъ Э, млрд. кВт.с аз ибтидоии давра	0,21	0,41	0,62	1,47	2,36	3,33	4,39	5,50	6,64	7,78	8,91	10,02

Замимаи 11

Оптимизатсияи речаи кории НБО-и Роғун. Танзими бисёрсола (Моделӣ 2)

Сатр	Сутун	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	Давра	1990 – 2016																										
2	Солҳо	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
3	Резиши об ба обанбор, Q, м ³ /с	648	614	696	705	784	583	632	600	834	672	562	561	726	654	650	698	649	657	589	646	794	635	740	655	635	736	659
4	Воридшавӣ ба обанбор, W _{воридшавӣ} , км ³	20,44	19,36	21,95	22,23	24,72	18,39	19,93	18,92	26,30	21,19	17,72	17,69	22,90	20,62	20,50	22,01	20,47	20,72	18,57	20,37	25,04	20,03	23,34	20,66	20,03	23,21	20,78
5	Резиш тавассути НБО, Q _{НБО} , м ³ /с	650,0	650,0	650,0	650,0	650,0	650,0	650,0	650,0	650,0	650,0	650,0	650,0	650,0	650,0	650,0	650,0	650,0	650,0	650,0	650,0	650,0	650,0	650,0	650,0	650,0	650,0	650,0
6	Ҳаҷми об тавассути НБО (турбинаҳо), W _{НБО} , км ³	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50

Идомаи заминаи 11

7	Ҷибиқидой	3,00	2,94	1,80	3,25	4,99	9,21	7,10	6,53	4,96	10,76	11,45	8,68	5,87	8,27	8,39	8,39	9,91	9,87	10,10	8,17	8,05	12,59	12,11	14,95	15,11	14,64	17,35
8	Ҷинтиқой	2,94	1,80	3,25	4,99	9,21	7,10	6,53	4,96	10,76	11,45	8,68	5,87	8,27	8,39	8,39	9,91	9,87	10,10	8,17	8,05	12,59	12,11	14,95	15,11	14,64	17,35	17,63
9	Ҷдавомнокии миёна	2,97	2,37	2,53	4,12	7,10	8,16	6,82	5,74	7,86	11,10	10,06	7,27	7,07	8,33	8,39	9,15	9,89	9,99	9,13	8,11	10,32	12,35	13,53	15,03	14,87	15,99	17,49
10	Ҷалафоти ҷолоишӣ, Ҷолоиш, км³	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
11	Ҷалафот аз буқоршавӣ Ҷбуқ, км³	0,044	0,040	0,041	0,052	0,078	0,088	0,075	0,065	0,085	0,116	0,106	0,079	0,077	0,090	0,090	0,098	0,105	0,106	0,097	0,087	0,109	0,127	0,137	0,148	0,147	0,153	0,159
12	t _{Ҷалафот} , мм. (қабати - ғафсӣ)	805	805	805	805	805	805	805	805	805	805	805	805	805	805	805	805	805	805	805	805	805	805	805	805	805	805	805
13	Ҷҳисоби миёна, км³	2,825	2,230	2,386	3,968	6,922	7,968	6,641	5,578	7,672	10,889	9,858	7,094	6,891	8,140	8,203	8,952	9,686	9,780	8,936	7,921	10,108	12,123	13,296	14,783	14,627	15,740	17,231
14	Обпартои беҳуда, Ҷбефоида, км³	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,48	1,33	2,44	3,93
15	Сарфаи беҳуда, Q _{беҳуда} , м³/с	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	47,03	42,07	77,36	124,6 6

Идомаи заминаи 11

16	Wмиёнаи интиҳой, км ³	2,825	2,230	2,386	3,968	6,922	7,968	6,641	5,578	7,672	10,889	9,858	7,094	6,891	8,140	8,203	8,952	9,686	9,780	8,936	7,921	10,108	12,123	13,296	13,300	13,300	13,300	13,300
17	H _{б.б., м.}	1182,25	1170,90	1173,97	1201,76	1240,46	1250,92	1237,40	1224,73	1248,10	1274,24	1266,78	1242,28	1240,12	1252,51	1253,08	1259,60	1265,47	1266,19	1259,47	1250,49	1268,65	1282,50	1290,04	1290,07	1290,07	1290,07	1290,07
18	H _{б.п., м.}	982,19	982,19	982,19	982,19	982,19	982,19	982,19	982,19	982,19	982,19	982,19	982,19	982,19	982,19	982,19	982,19	982,19	982,19	982,19	982,19	982,19	982,19	982,19	982,35	982,33	982,45	982,60
19	Фишори брутто аз НБО, H _{брутто} , М.	200,06	188,71	191,78	219,58	258,27	268,74	255,21	242,55	265,91	292,05	284,59	260,09	257,94	270,33	270,90	277,41	283,28	284,00	277,28	268,30	286,46	300,31	307,86	307,72	307,74	307,62	307,48
20	Харочоти хос q, м ³ /кВт.с	1,99	2,08	2,05	1,84	1,61	1,56	1,63	1,70	1,57	1,46	1,49	1,60	1,61	1,55	1,55	1,52	1,50	1,49	1,52	1,56	1,48	1,43	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41
21	Тавлиди неруи барқ, Э, млрд. кВт.с	10,32	9,87	9,99	11,11	12,72	13,14	12,59	12,07	13,02	14,02	13,75	12,79	12,70	13,20	13,22	13,48	13,70	13,72	13,47	13,12	13,81	14,30	14,54	14,54	14,54	14,53	14,53

Оптимизатсияи речаи кори каскади НБО-ҳои Роғун ва Норақ. Танзими бисерсола (Моделӣ 3)

Сатр	Сутун	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	Давра	1990 – 2016																										
2	Солҳо	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
3	Резиши об ба обанбор, Q , м ³ /с	648	614	696	705	784	583	632	600	834	672	562	561	726	654	650	698	649	657	589	646	794	635	740	655	635	736	659
4	Воридшавӣ ба обанбор, $W_{\text{воридшавӣ}}$, км ³	20,44	19,36	21,95	22,23	24,72	18,39	19,93	18,92	26,30	21,19	17,72	17,69	22,90	20,62	20,50	22,01	20,47	20,72	18,57	20,37	25,04	20,03	23,34	20,66	20,03	23,21	20,78
5	Резиш тавассути НБО, $Q_{\text{НБО}}$, м ³ /с	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650
6	Ҳаҷми об тавассути НБО, $W_{\text{НБО}}$, км ³	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50
7	$W_{\text{ибтидоӣ}}$	3,00	2,94	1,80	3,25	4,99	9,21	7,10	6,53	4,96	10,76	11,45	8,68	5,87	8,27	8,39	8,39	9,91	9,87	10,10	8,17	8,05	12,59	12,11	14,95	15,11	14,64	17,35
8	$W_{\text{интиҳоӣ}}$	2,94	1,80	3,25	4,99	9,21	7,10	6,53	4,96	10,76	11,45	8,68	5,87	8,27	8,39	8,39	9,91	9,87	10,10	8,17	8,05	12,59	12,11	14,95	15,11	14,64	17,35	17,63
9	$W_{\text{давомнокии миёна}}$	2,97	2,37	2,53	4,12	7,10	8,16	6,82	5,74	7,86	11,10	10,06	7,27	7,07	8,33	8,39	9,15	9,89	9,99	9,13	8,11	10,32	12,35	13,53	15,03	14,87	15,99	17,49

Идомаи замимаи 12

21	Норак, харочоти хос q, м ³ /кВт.с	1,99	2,08	2,06	1,84	1,61	1,56	1,63	1,70	1,58	1,48	1,50	1,60	1,61	1,56	1,56	1,53	1,51	1,51	1,53	1,57	1,50	1,46	1,44	1,42	1,42	1,41	1,41
22	Роғун, Истеҳсол, Э, млрд. кВт.с	10,87	10,57	10,65	11,44	12,76	13,16	12,64	12,19	13,05	14,15	13,82	12,82	12,74	13,22	13,25	13,51	13,76	13,80	13,51	13,14	13,90	14,54	14,91	15,42	15,36	15,79	16,11
23	Норак Истеҳсол, Э, млрд. кВт.с	10,31	9,84	9,96	11,13	12,71	13,10	12,59	12,09	13,00	13,85	13,63	12,78	12,70	13,16	13,18	13,40	13,59	13,61	13,40	13,08	13,69	14,07	14,24	14,43	14,41	14,52	14,59
24	Истеҳсоли умумӣ Э, млрд. кВт.с	21,18	20,40	20,61	22,57	25,47	26,26	25,23	24,28	26,05	28,01	27,45	25,61	25,44	26,38	26,42	26,92	27,36	27,41	26,91	26,23	27,59	28,61	29,16	29,85	29,77	30,31	30,69