ВАЗОРАТИ МАОРИФ ВА ИЛМИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

ДОНИШГОҲИ ТЕХНИКИИ ТОҶИКИСТОН
БА НОМИ АКАДЕМИК М.С. ОСИМӢ

ВБД: 504.75.05 (575.3) ***Бо ҳуқуқи дастнавис***



САИДЗОДА МУҲАММАД РАҲИМ

АРЗЁБИИ ЭКОЛОГИИ ҲОСИЛ НАМУДАНИ СӮЗИШВОРИИ БИОЛОГИИ БИОЭТАНОЛ ВА ИСТИФОДАШАВИИ ОН ДАР СОҲАИ НАҚЛИЁТИ АВТОМОБИЛӢ

АВТОРЕФЕРАТИ
диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии номзади илмҳои техникӣ
аз рӯйи ихтисоси 2.9. Бехатарии фаъолияти инсон ва ҳифзи муҳити зист
(2.9.6. Экология)

Душанбе – 2026

Диссертатсия дар кафедраҳои «Ташкили интиқол ва идора дар нақлиёт» ва «Коркарди энергиябарандаҳо ва хизматрасонии нафту газ»-и Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ омода гардидааст.

Роҳбари илмӣ: **Сайдализода Абдурауф Сайдали –** доктори илмҳои техникӣ, дотсент, аъзои вобастаи Академияи муҳандисии Ҷумҳурии Тоҷикистон.

Муқарризони расмӣ: **Гулаҳмадзода Аминҷон Абдуҷаббор** – доктори илмҳои техникӣ, директори Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон.

Тиллозода Ҳаким Иброгим – доктори илмҳои техникӣ, дотсент, мудири сектори илмӣ-таҳқиқотии Филиали Агентии амнияти химиявӣ, биологӣ, радиатсионӣ ва ядроии Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон дар вилояти Суғд.

Муассисаи пешбар: Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Шириншоҳ Шоҳтемур.

Ҳимояи диссертатсия «29» декабри соли 2026, соати 14^{00} дар ҷаласаи шурои диссертатсионии 6D.KOA-091-и назди Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ баргузор мегардад. Нишонӣ: Ҷумҳурии Тоҷикистон, 734042, ш. Душанбе, хиёбони академикҳо Раҷабовҳо, 10А. E-mail: hboboev1967@gmail.com телефони котиби илмӣ: (+992) 933101167.

Бо диссертатсия ва автореферати он дар китобхона ва сомонаи расмии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ http://www.ttu.tj шинос шудан мумкин аст.

Автореферат «____» «_____» соли 2026 равона карда шуд.

Котиби илмии шурои диссертатсионӣ, номзади илмҳои техникӣ, и.в. дотсент **Бобоев Ҳ.Б.**

МУҚАДДИМА

Мубрамии мавзуи таҳқиқот. Солҳои охир дар Ҷумҳурии Тоҷикистон раванди шиддатноки автомобиликунонӣ ба мушоҳида мерасад, ки ин боиси зиёд шудани сарборӣ ба инфрасохтори роҳ ва муҳити зист мегардад. Мувофиқи маълумоти расмии Вазорати нақлиёти Ҷумҳурии Тоҷикистон, то 1 январи соли 2026 шумораи воситаҳои нақлиёти бақайдгирифташуда дар кишвар аз 800 ҳазор адад гузашт. Танҳо дар давоми соли охир парки автомобилӣ 99,7 ҳазор адад (ё 14,2%) зиёд шудааст. Барои муқоиса, дар соли 2021 ин нишондиҳанда ҳудуди 527 ҳазор ададро ташкил медод. Наздики 80%-и тамоми воситаҳои нақлиётро автомобилҳои сабукрав ташкил медиҳанд. Беш аз 67 ҳазор воситаи нақлиёт дар фаъолияти хоҷагидорӣ (боркашонӣ, мусофирбарӣ ва таксӣ) истифода мешавад.

Ҷумҳурии Тоҷикистон маҳсулоти нафтиро қариб пурра аз хориҷи кишвар ворид мекунад, ки ин вобастагии энергетикиро бештар месозад. Танҳо дар нимсолаи аввали соли 2026 ба кишвар 922 ҳазор тонна маҳсулоти нафтӣ ворид карда шуд, ки ин нисбат ба ҳамин давраи соли гузашта 11% зиёд аст (дар маҷмӯъ, барои соли 2024 воридоти маҳсулоти нафтӣ зиёда аз 1 миллиону 52 ҳазор тоннаро ташкил дода буд). Ҳаҷми солонаи воридоти бензин вобаста ба талабот зиёда аз 350-400 ҳазор тоннаро ташкил медиҳад. Иқтисодиёти кишвар ба шиддат аз як таъминкунанда вобаста аст – зиёда аз 71-91% маҳсулоти нафтӣ аз Федератсияи Россия ворид мегардад.

Бинобар баланд будани нархи бензин зиёда аз 40-50%-и автомобилҳо дар Ҷумҳурии Тоҷикистон ба сифати сӯзишворӣ гази моеъро истифода мебаранд, ки он асосан аз Ҷумҳурии Қазоқистон ворид мешавад. Бо вуҷуди ин, талабот ба бензини хушсифат (АИ-92 ва АИ-95) дар шаҳрҳои калон устувор боқӣ мемонад.

Нақлиёти автомобилӣ манбаи асосии ифлоскунандаи ҳавои шаҳрҳои Тоҷикистон, маҳсусан шаҳри Душанбе мебошад. Мувофиқи ҳисоботи *базаи маълумоти Asian Transport Outlook (ATO)* соҳаи нақлиёт барои 7%-и умумии партовҳои PM 2.5 дар кишвар масъул аст. Дар ин замина, нақлиёти автомобилӣ 100%-и партовҳои соҳаи нақлиётро тавлид мекунад (саҳми нақлиёти роҳи оҳан ва авиатсияи дохилӣ ночиз аст).

Сатҳи баланди партовҳо бо се омили асосӣ алоқаманд аст:

1. Куҳна будани парки автомобилӣ (қисми зиёди мошинҳо сохти марҳилаҳои аввали Евро мебошанд ва системаи нейтрализатсияи газҳоро надоранд).
2. Сифати техникӣ ва сӯзишвории сифтан пасти воридшаванда.
3. Дар сохтори партовҳои роҳ мошинҳои гаронвазн (Heavy Duty Vehicles) 68% ва мошинҳои сабукрав 23%-и партовҳои PM 2.5-ро ташкил медиҳанд.

Яке аз роҳҳо ва дурнамои истифодаи биоэтанол дар Тоҷикистон истифодаи биоэтанол (спирти этилии техникӣ, ки аз ашёи хоми растанӣ гирифта мешавад) ҳамчун илова ба бензин (масалан, омехтаҳои E5, E10) барои шароити Тоҷикистон аҳаммияти стратегӣ ва экологӣ дорад.

Ҷумҳурии Тоҷикистон имкони зиёди парвариши ашёи хом барои биоэтанол (ғӯзапояи пахта, ҷуворимакка, гандум, лаблабуи қанд ва партовҳои саноати коркарди меваю ангур)-ро дорад. Ин соҳа метавонад ҷойҳои нави корӣ таъсис дода, бахши кишоварзиро ривоҷ диҳад.

Дар даҳсолаи охир мавзуи арзёбии экологии истифодаи энергиябарандаҳо ба биосфера ва таъсири он ба тағйирёбии иқлими сайёраи Замин аз номгуйи мавзуъҳое мебошад, ки таваҷҷуҳи олимон ва муҳаққиқони соҳавии тамоми дунёро ба худ ҷалб намудааст.

Тавре маълум аст, вайроншавии экологияи муҳити зист, ки он боиси тағйирёбии иқлим гардидааст, дар оянда метавонад ба сиклҳои гардиши баъзе моддаҳо дар табиат таъсири манфии худро расонад. Чунин тағйирёбӣ боиси дигаргун гаштани равандҳои муътадили биохимиявӣ дар организмҳои зинда гардида, ба аз байн рафтани баъзе намояндагони флора ва фаунаи табиат метавонад мусоидат намояд.

Дар асоси пажуҳиш ва таҳқиқоти гузаронидаи худ олимон ва муҳаққиқони соҳавӣ муайян намудаанд, ки яке аз сабабҳои тағйирёбии иқлими сайёраи Замин зиёдшавии газҳои гулхонагӣ дар сатҳи атмосфера ба ҳисоб меравад. Муайян гардидааст, ки як зумра компонентҳои асоси таркиби газҳои гулхонагӣ марбут ба карбогидрогенҳои нафтӣ ва маҳсули реаксияи сӯзиши энергиябарандаҳои табиӣ мебошанд.

Аз ҳамин лиҳоз, ҳангоми истифодаи энергиябарандаҳои табиӣ ҳамчун сӯзишворӣ коркарди вариантҳои оптималии экологии коҳиш додани миқдори газҳои гулхонагӣ яке аз мавзуъҳои аҳаммияти калони амалӣ доштаи илми экологияи муҳандисӣ ба ҳисоб меравад.

Мавзуи арзёбии экологии ҳосил намудан ва истифодашавии сӯзишвории биологии биоэтанол дар соҳаи нақлиёти Ҷумҳурии Тоҷикистон, ки кори диссертатсионии мазкур онро фаро мегирад, яке аз мавзуъҳои мубрами илм ва истеҳсолоти ватанӣ ба ҳисоб рафта, натиҷаҳои он метавонад дар ҳалли мушкилоти экологии ҷойдошта заминагузорӣ намуда, дар рушди ҳадафи чоруми миллӣ – саноатикунонии босуръати кишвар саҳми назарраси худро гузорад.

Дараҷаи таҳқиқи мавзуи илмӣ. Мавзуи коркарди вариантҳои коҳиш додани миқдори партовҳои газии аз нақлиёти автомобили хориҷшаванда, коркарди технологияҳои нав ва афзалияти экологидошта, истеҳсол кардани сӯзишвориҳои алтернативии биологӣ ва арзёбии экологии истифодашавии онҳо муҳиммияти махсусро пайдо намудааст. Мубрамии мавзуи экологиро ба инобат гирифта, аз ҷониби олимони хориҷӣ Иванов В.Н. [9], Коваленко В.П. [10], Кутенёв В.Ф. [11], Марков В.А. [12], Варнаков В.В. [14], Ботоногов Е.В. [16], Кадушкин А.С. [13], Kitzing L. [19], Kumar S. [22], Shrestha P. [21], Guzman D. [18], Ko J.K. [20] корҳои зиёде анҷом дода шудааст, ки дар пешрафти ин самт саҳми худро гузоштаанд.

Дар солҳои охир таҳқиқоти хориҷӣ ба се масъалаи ба мавзуи диссертатсия наздик равона шудаанд: коркарди пешакӣ ва табдили ферментативии ғӯзапояи пахта ба этанол, таъсири омехтаҳои бензин-этанол ба партовҳои танзимшаванда ва танзимнашаванда ва таъсири баландии маҳал ба партови автомобилҳо. Натиҷаи ин корҳо зиддиятнок буда, аз ҷиҳати кори муҳаррик, навъи системаи идоракунӣ ва усули ченкунӣ вобастаанд. Барои роҳҳои кӯҳии Тоҷикистон маълумоти ченкунии таркиби газҳои истифодашуда дар баландиҳои гуногун то ба наздикӣ вуҷуд надошт, ҳосили воқеии этанол аз ғӯзапояи навъҳои маҳаллӣ низ муайян нашудааст. Маҳз ҳамин ду холигӣ самтҳои асосии таҳқиқотро муайян мекунанд.

Дар самти коркарди технологияҳои муфиди сӯзишвориҳои алтернативӣ ва арзёбии экологии истифодаи онҳо дар соҳаҳои мухталифи саноат ва нақлиёти автомобилӣ аз ҷониби олимон ва муҳаққиқони ватанӣ Абдуллоев М.А. [1], Амиров О.Ҳ. [5], Гулаҳмадов Ҳ.Ш. [4], Махмудова Т.М. [6], Холиқов Ш.Х. [17], Ҳақдодов М.М. [7], Иброҳимзода Д.Э. [8], Сайдализода А.С. [15] ва шогирдони онҳо тадқиқот гузаронида шудааст, ки натиҷаҳои он дар пешрафти илм ва истеҳсолотӣ ватанӣ заминагузорӣ шуда истодаанд.

Робитаи таҳқиқот бо барномаҳо (лоиҳаҳо) ва мавзуъҳои илмӣ. Мавзуи кори диссертатсионӣ бо барномаҳои давлатии «Барномаи давлатии экологии Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2023-2028» (Қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 1 марти соли 2023, №53), «Стратегияи миллии мутобиқшавӣ ба тағйирёбии иқлими Ҷумҳурии Тоҷикистон барои давраи то соли 2030» (Қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 2 октябри соли 2019, №482), «Барномаи миёнамуҳлати рушди Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2021-2025» (Қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 30 апрели соли 2021, №168), «Барномаи мақсадноки давлатии рушди комплекси нақлиёти Ҷумҳурии Тоҷикистон то соли 2025» (Қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 1 апрели соли 2011 №165) марбут аст.

ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ

Мақсади таҳқиқот. Коркарди технологияи муфид ва афзалияти экологидоштаи ҳосил намудани биоэтанол ва арзёбии экологии истифодашавии он ҳамчун модификатори камкунандаи миқдори партовҳои газӣ ва аэрозолӣ дар намунаи сӯзишвориҳои бензинӣ.

Вазифаҳои таҳқиқот. Ҷиҳати татбиқи мақсади таҳқиқот вазифаҳои зерин гузошта шудаанд:

-арзёбии экологии таъсири карбогидрогенҳои марбутаи фраксияи бензинии нафтӣ ба фаъолияти муътадили афзоишу инкишофи растаниҳо ва организми инсон;

-коркарди технологияи муфид ва афзалияти экологидоштаи ҳосил намудани биоэтанол дар асоси ғӯзапояи пахта;

-ҷанбаҳои биохимиявӣ, физикӣ-химиявӣ ва арзёбии экологии биотехнологияи ҳосил намудани биоэтанол дар асоси ғӯзапояи пахта;

-арзёбии экологии истифодаи биоэтанол ҳамчун модификатори коҳишдиҳандаи партовҳои газии аз нақлиёти автомобилӣ хориҷшаванда;

-муайян намудани таъсири баландӣ аз сатҳи баҳр ба таркиби газҳои истифодашудаи автомобили бензинӣ дар роҳи Душанбе – нақби «Истиқлол» ва асосноккунии барномаи озмоиши омехтаҳои бензин-биоэтанол дар шароити баландкӯҳ.

Объекти таҳқиқот. Раванди ташаккули сарбории экологӣ ба ҳавои муҳити зисти аз партови воситаҳои нақлиёт ва усулҳои кам кардани он бо истифода аз сӯзишвории алтернативӣ.

Мавзуи таҳқиқот. Арзёбии экологии ҳосил намудани сӯзишвории биологии биоэтанол ва истифодашавии он дар соҳаи нақлиёти автомобилӣ.

Навгонии илмии таҳқиқот:

-мушкилоти экологии соҳаи нақлиёти автомобилии Ҷумҳурии Тоҷикистон муайян гардида, ҷанбаҳои экологии он омӯхта шудааст;

-бори нахуст технологияи нав ва аз ҷиҳати экологӣ бартаридоштаи ҳосил намудани биоэтанол дар асоси ғӯзапояи пахта коркард гардида, ҷанбаҳои физикию химиявии он таҳқиқ гардидааст;

-дар асоси биоэтанол ва сӯзишвории бензинӣ сӯзишвориҳои модификатсия кардашудаи аз лиҳози экологӣ афзалиятнок пешниҳод гардида, талабот ба сифати биоэтаноли сӯзишворӣ ва шартҳои озмоиши онҳо асоснок карда шудааст;

-бори нахуст дар шароити воқеии роҳи Душанбе – нақби «Истиқлол» (801 – 2615 м аз сатҳи баҳр) вобастагии хаттии консентратсияи карбогидрогенҳо (тақрибан 9,4–9,7 млн$^{-1}$ ба ҳар 1000 м), оксидҳои нитроген ва CO_2 дар газҳои истифодашудаи автомобили гибридии бензинӣ аз баландӣ муайян гардида, барномаи илман асосноки озмоиши омехтаҳои бензин-биоэтанол дар баландкӯҳ таҳия шудааст.

Аҳаммияти назариявӣ ва илмию амалии таҳқиқот:

-технологияи муфиди ҳосил намудани сӯзишвории алтернативии биологии биоэтанол дар оянда метавонад дар рушди соҳаи истеҳсолоти сӯзишвориҳои алтернативӣ заминагузорӣ намуда, ҳамчун модификатори коҳишдиҳандаи миқдори газҳои гулхонагии сӯзишвориҳои нафтии бензинӣ истифода шавад;

-натиҷаҳои таҳқиқот ва истифодаи сӯзишвории модификатсияшудаи бензин-этанолӣ (Е10: 90% ҳаҷмии бензин ва 10% ҳаҷмии биоэтаноли беоб) метавонанд аз ҷониби Кумитаи ҳифзи муҳити зисти назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон ҳангоми таҳияи меъёрҳо ва стандартҳои миллии экологӣ барои воситаҳои нақлиёти автомобилӣ дар шароити баландкӯҳ (аз ҷумла барои шоҳроҳи Душанбе – Хуҷанд – Чаноқ) истифода шаванд;

-технологияи коркарди комплексии ғӯзапояи пахта имкон медиҳад, ки мушкилоти безараргардонӣ (утилизатсия)-и партовҳои калонҳаҷми соҳаи кишоварзӣ дар ҷумҳурӣ ҳал карда шавад. Ин усул сӯзондани мавсимии ғӯзапояро дар саҳроҳо ба куллӣ коҳиш дода, сарбории экологиро ба атмосфера ва ташаккули газҳои гулхонагӣ дар минтақаҳои пахтакори Тоҷикистон кам мекунад;

-усули пешниҳодшудаи ҷудокунии маҳсулоти иловагӣ (консентрати полифенолии госсипол, кислотаҳои лиму ва себ) дар раванди гидролизи ғӯзапоя барои корхонаҳои кимиёвию фармасевтӣ ва саноати хӯроквории Ҷумҳурии Тоҷикистон заминаи ашёи хоми

ватаниро ба вуҷуд оварда, ба барномаи давлатии ивазкунандаи воридот (импортозамещение) мусоидат менамояд;

-тавсияҳо оид ба хосиятҳои физикию кимиёвии сӯзишвории омехтаи бензин-этанолӣ метавонанд аз ҷониби ширкатҳои воридкунанда ва таъминкунандаи маҳсулоти нафтии ҷумҳурӣ барои ташкили истеҳсоли саноатии сӯзишвории алтернативии экологӣ ва баланд бардоштани самаранокии кори муҳаррикҳои инжекторӣ дар шароити норасоии оксиген дар баландкӯҳҳо истифода шаванд;

-коркардҳои усулие, ки дар рафти иҷрои таҳқиқоти эксперименталӣ ба даст оварда шудаанд, метавонанд ҳангоми иҷрои чунин таҳқиқот истифода гарданд.

Нуктаҳои ба ҳимоя пешниҳодшаванда:

-таҳия ва пешниҳоди технологияи муфиди ҳосил намудани сӯзишвории алтернативии биологии биоэтанол дар асоси ғӯзапояи пахта, пешниҳод гардидааст;

-натиҷаҳои таҳлили ҷанбаҳои биохимиявӣ, физикӣ-химиявӣ ва экологии технологияи коркардгардидаи истеҳсоли биоэтанол ва истифодабарии он ба ҳайси модификатори беҳдошткунандаи сӯзишвориҳои нафтии бензинӣ, асоснок карда шудааст;

-вобастагиҳои миқдории таркиби газҳои хориҷгардидаи нақлиёти автомобилии бензинӣ аз баландӣ ва асосноккунии таъсири тағйирёбии фишори атмосферӣ ба усули назорати захрнокӣ дар минтақаҳои кӯҳӣ, исбот шудааст.

Дараҷаи эътимоднокии натиҷаҳо. Эътимоднокии натиҷаҳои бадастовардашуда тавассути истифодаи усулҳои муосири таҳлили химияи органикӣ ва нафтохимия, тариқаҳои таҳлили физикию химиявӣ ва усулҳои биохимиявии таҳлил асоснок гардидааст. Эътимоднокии натиҷаҳои ченкуниҳои саҳроӣ бо истифодаи газтаҳлилкунандаи тафтишшуда (санаи тафтиш 25.01.2026), такрори ченкуниҳо (n = 6 дар ҳар силсила) ва коркарди омории онҳо (тақсимоти Стюдент, P = 0,95; регрессияи хаттӣ; таҳлили дисперсионӣ) таъмин карда шудааст.

Дар кор усулҳои химияи органикӣ ва аналитикӣ (экстраксия, титрсанҷии потенсиометрӣ, хроматографияи найчавӣ, маҳинқабат, қоғазӣ ва газӣ-моеъгӣ, спектроскопияи инфрасурх ва ултрабунафш), усулҳои биотехнологии гидролиз ва ферментатсия, ченкуниҳои саҳроии таркиби газҳои истифодашуда бо газтаҳлилкунандаи «Автотест» ва усулҳои коркарди оморӣ (тақсимоти Стюдент, регрессияи хаттӣ, таҳлили дисперсионии якомила, меъёри Уэлч) истифода шудаанд.

Мутобиқати диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси илмӣ. Таҳқиқот дар доираи ихтисоси 2.9. Бехатарии фаъолияти инсон ва ҳифзи муҳити зист (2.9.6. Экология) ба иҷро расонида шудааст. Мавзуи диссертатсия ба бандҳои зерини шиноснома мутобиқат мекунад: 3.1. Арзёбии ҳамаҷонибаи таъсири воситаҳои нақлиётӣ ва системаҳои нақлиёт (аз ҷумла марҳилаи сохтмон) ба экосистемаҳои табиӣ дар сатҳҳои гуногун. 3.2. Омӯзиши ифлосшавии ҷузъҳои муҳити зист (об, хок, ҳаво, растаниҳо) аз ҷониби воситаҳои нақлиёт ва воситаҳои техникии нақлиёт бо мақсади таҳияи меъёру стандартҳои аз ҷиҳати экологӣ асоснок оид ба паст ва ё бартараф намудани таъсири фаъолияти нақлиётӣ ба муҳити зист. 3.5. Асосҳои илмии ҷойгиркунӣ, нигоҳдорӣ, интиқол ва нобудсозии партовҳои заҳролуд ва дигар партовҳои аз фаъолияти нақлиётӣ ҳосилшуда. 3.6. Асосноккунии илмӣ, таҳия ва такмили воситаҳои нақлиёт, иншоот ва системаҳои нақлиёт, усулҳои танзими фаъолияти лоиҳакашӣ ва таҳқиқотӣ, таъмини пешгирӣ ва кам кардани таъсири манфӣ ба муҳити зист. 3.7. Таҳқиқоти илмӣ дар соҳаи ба вуҷуд овардани воситаҳои нақлиётии аз ҷиҳати экологӣ тоза, технологияи сабз, энергия ва захира сарфакунанда. 3.8. Ташаккул ва такмил додани системаи мониторингӣ экологӣ дар нақлиёт.

Саҳми шахсии довталаби дараҷаи илмӣ дар таҳқиқот. Саҳми шахсии муаллиф дар ҷустуҷӯ ва таҳлили адабиёти соҳавӣ, вазифагузорӣ ва таҳлили вазифаҳои гузошташуда, ташкили шароити мусоид барои гузаронидани таҳлилҳои экспериментали озмоишӣ, таҳлили натиҷаҳои бадастовардашуда, ҷамъбасти мазмуни асосӣ ва таҳияи диссертатсия ва мақолаҳои илмӣ мебошад.

Тасвиб ва амалисозии натиҷаҳои диссертатсия. Натиҷаҳои асосии диссертатсия дар форум ва конференсияҳои байналмилалӣ, ҷумҳуриявӣ ва илмию амалӣ баррасӣ ва муҳокима шудаанд. Аз ҷумла, дар Конференсияи ҷумҳуриявии илмию амалии «Илм – асоси рушди инноватсионӣ» // Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ (Душанбе. – 27 апрели соли 2022); Конференсияи байналхалқии илмӣ-техникии «Механиконии хоҷагии қишлоқ: илм ва навоварӣ». Қисми 2. Институти политехникии Фарғона (Фарғона, 25-26 апрели соли 2024); Конференсияи байналмилалии илмӣ-техникии «Рушди энергияи сабз тавассути мониторинги муҳити зист, тағйирёбии иқлим ва коркарди партовҳо». Қисми 1. Университети давлатии меъморӣ ва сохтмони Самарқанд (Самарқанд, 1-2 майи соли 2025); Форуми байналмилалӣ дар мавзуи «Саҳми Донишгоҳи технологии Тоҷикистон дар татбиқи саноатикунонии босуръати кишвар», бахшида ба 35-солагии Донишгоҳи технологии Тоҷикистон (1 ноябри соли 2025).

Раванди санҷиш ва татбиқи натиҷаҳои диссертатсия, амалан, дар тамоми марҳилаҳои таҳқиқот (солҳои 2018-2025) гузаронида шудааст. Натиҷаҳои ин кори диссертатсионӣ дар Институти химияи ба номи В.И. Никитини АМИТ ва Институти илмӣ-таҳқиқотии ДМТ ва кафедраҳои «Ташкили интиқол ва идора дар нақлиёт», «Коркарди энергиябарандаҳо ва хизматрасонии нафту газ», «Бехатарии фаъолияти инсон ва экология»-и Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ метавонанд истифода бурда шаванд.

Маводи диссертатсия дар Раёсати экология ва сайёҳии ВКД Ҷумҳурии Тоҷикистон (санади №426 аз 09.10.2025) ва Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ (санади №27/1018/1 аз 14.10.2025) мавриди татбиқ ва истифода қарор дода шудааст.

Интишорот аз рӯйи мавзуи диссертатсия. Вобаста ба натиҷаҳои таҳқиқот 20 мақолаи илмӣ дар ҳаҷми умумии 9,5 ҷ.ч. нашр гардидааст, ки аз ин шумора 13 мақола дар маҷаллаҳои аз ҷониби КОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон тавсияшуда ба табъ расидаанд. Ду нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон дар барои ихтироъкорӣ низ дарёфт шудааст**.**

Сохтор ва ҳаҷми диссертатсия. Диссертатсия аз муқаддима, тавсифи умумии кор, се боб, бахши хулосаҳо бо зербахшҳо, 191 номгӯйи адабиёт ва 4 замима дар ҳаҷми 170 саҳифаи чопи компютерӣ иборат буда, фарогири 24 ҷадвал ва 22 расм мебошад.

ҚИСМҲОИ АСОСИИ ТАҲҚИҚОТ

Дар муқаддима мубрамии мавзуи таҳқиқот, дараҷаи таҳқиқи мавзуи илмӣ, робитаи таҳқиқот бо барномаҳо (лоиҳаҳо) ва мавзуъҳои илмӣ, мақсади таҳқиқот, вазифаҳои таҳқиқот, объекти таҳқиқот, мавзуи таҳқиқот, навгонии илмии таҳқиқот, аҳаммияти назариви ва илмию амалии таҳқиқот, нуктаҳои ба ҳимоя пешниҳодшаванда, дараҷаи эътимоднокии натиҷаҳо, мутобиқати диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси илмӣ, саҳми шахсии довталаби дараҷаи илмӣ дар таҳқиқот, тасвиб ва амалисозии натиҷаҳои диссертатсия, интишорот аз рӯйи мавзуи диссертатсия, сохтор ва ҳаҷми диссертатсия баён гардидааст.

Боби якуми кори диссертатсионӣ мутааллиқ ба қисми назариявии кор буда, дар он мавзуъҳои таъсири нафт ва маводи нафтӣ ба экологияи муҳити зист, гурӯҳбандии партовҳои газию аэрозолӣ ва таъсири онҳо ба экологияи муҳит, гурӯҳбандии экологии таъсири газҳои ихроҷшудаи нақлиёти автомобилӣ ба муҳити зист, таҳлили назариявҳои вобастагии гармшавии ҳарорати иқлими сайёраи Замин ба зиёдшавии ғализии газҳои гулхонагӣ дар ҳавои атмосферӣ таҳлили назариявӣ гардида, мавзуъҳои мубрам ва мушкилоти ҳалталаби он муайян карда шудааст.

Боби дуюм қисми таҷрибавии корро дар бар мегирад. Дар ин боб оид ба объекти таҳқиқот ва усулҳои истифодашуда ва ҷузъиёти иҷрои он маълумот пешниҳод гардидааст. Дар рафти иҷрои таҳқиқот ва таҳлилҳои таҷрибавӣ аз усулҳо маъмулии таҳлил, аз қабили экстраксия, рефрактометрия, таҳлили хроматографии коғазӣ, хроматографияи маҳинқабат,

хроматографияи найчавӣ, хроматографияи газӣ, спектроскопияи ултрабунафш ва инфрасурх ва ғайра истифода гардидааст.

Бензин яке аз маҳсулоти муҳим ва серхаридортарини соҳаи коркарди нафт ва нафтохимия ба ҳисоб меравад. Ин сӯзишворӣ аз таркиби нафт тавассути технологияи буғронии ректификатсионӣ ҷудо карда мешавад. Технологияи буғронии ректификатсионӣ мутааллиқ ба технологияи якуми коркарди нафт мебошад. Бо истифода аз усули буғронии ректификатсионӣ аз нафт 20-30% бензинро ҳосил намудан имконпазир мебошад. Маҳсулнокии баромади бензин дар раванди буғронии ректификатсионӣ аз таркиби химиявии нафти истифодашуда вобаста мебошад.

«Бинобар сабаби он ки бензин нисбат ба дигар мавод ва маҳсулоти нафтӣ харидори бештар дорад, нафт пас аз буғронии ректификатсионӣ коркарди дуюм карда мешавад. Коркарди дуюми нафт марбут ба соҳаи нафто-химия мебошад. Коркарди дуюми нафт бо мақсади зиёд намудани баромади бензин амалӣ карда мешавад. Дар раванди коркарди дуюми нафт технологияҳои крекинг ва изомеризатсия истифода карда мешаванд» [12].

Яке аз мушкилоти экологӣ дар соҳаи коркарди нафт самаранок истифода нагардидани газҳои ҳамроҳи нафт мебошад [2]. Дар аксари корхонаҳои коркарди нафт газҳои ҳамроҳи нафт, ки асоси онро газҳои метан, этан, пропан ва бутан ташкил медиҳанд, сӯзонида мешаванд. Сӯзонидани ин газҳо ба вазъи экологии ҳавои атмосферӣ таъсири манфии худро расонида, боиси зиёдшавии газҳои гулхонагӣ дар ҳавои атмосферӣ мегарданд [9].

«Агар сӯзонидани газҳои ҳамроҳи нафтро аз ҷиҳати экологӣ арзёбӣ намоем, он гоҳ ба осонӣ хулосабарорӣ намудан мумкин аст, ки сӯзондани онҳо нисбат ба оне ки газҳои мазкур ба ҳавои атмосферӣ партофта мешаванд, афзалиятнок мебошад» [9].

Ба ақидаи мо усули безараргардонии газҳои ҳамроҳи нафт бо усули сӯзонидан на танҳо мушкилоти экологии соҳа, балки мушкилоти технологии он низ ба ҳисоб меравад.

Тавре маълум аст, «газҳои ҳамроҳи нафт дар таркиби худ CH_4, C_2H_6 ва C_3H_8 дорад, ки онҳо метавонанд ҳамчун ашёи хоми арзишманд дар истеҳсолоти химиявӣ истифодашаванда бошанд» [10]. «Дар асоси ин партовҳои соҳаи коркарди нафт ҳалкунандаҳои органикӣ, аз қабили хлорметан, хлорэтан, дихлорметан, хлороформ, тетрахлорметан, нитропайвастагиҳо ва ғайра роҳандозӣ карда шавад. Дар асоси ин карбогидрогенҳои нафтӣ ҳосил намудани ин маҳсулот имконпазир аст ва технологияҳои муфид аз ҷониби мутахассисони соҳавӣ коркард гардидааст» [13].

«Дар баробари заҳрнок будани ин газҳо муайян карда шудааст, ки ҳангоми сӯзиши пайвастагиҳои сулфурдори таркиби бензин гази дуоксиди сулфур (SO_2) хориҷ мегардад. Пайвастагии ҳосилшудаи мазкур дар рафти боришоти атмосферӣ ба кислотаи сулфит (H_2SO_3) мубаддал мегардад. Гузариши ин реаксияи химиявӣ дар фазои атмосферӣ метавонад боиси пайдоиши боришоти кислотагӣ гардад. Тавре маълум аст, боришоти кислотагӣ ба вазъи экологии флораи Замин ва дигар организмҳои зинда таъсири манфии худро мерасонад» [1].

Мавқеи илмии мо дар ин таҳқиқот ба равиши эволютсионӣ (омехта) устувор аст. Мо бар он ақидаем, ки барои шароити амнияти энергетикӣ ва экологии Ҷумҳурии Тоҷикистон даст кашидани фаврӣ аз маҳсулоти нафтӣ (бинобар сабабҳои иқтисодӣ) ғайриимкон аст, вале нигоҳ доштани вазъияти кунунӣ низ боиси буҳрони экологӣ мегардад. Роҳи самараноктарини коҳиш додани таъсири манфии маҳсулоти нафтӣ ба муҳити зисти Ҷумҳурии Тоҷикистон роҳандозии омехтаҳои бензин бо биоэтанол (масалан, E10) мебошад.

«Бензинҳои автомобилӣ маҳлулҳои бисёркомпонентаанд ва дар фосилаи васеи ҳарорат (тахминан аз 30-35°C то 200-215°C) меҷӯшанд. Навъҳои зимистона ва тобистона на бо «ҳарорати ҷӯшиш», балки бо фишори буғи сер ва ҳиссаи фраксияҳои сабук фарқ мекунанд; ин нишондиҳандаҳо ва ҳароратҳои ҷудошавии фраксияҳо дар ГОСТ 32513-2013 меъёр карда шудаанд» [2].

Дар ин ҷо қайд намудан зарур аст, ки дар баробари мавсимӣ будани навъҳои бензин, инчунин ин намунаҳои сӯзишворӣ ба гурӯҳҳои гуногун ҷудо карда мешаванд. Муҳимтарини ин намунаи сӯзишвориҳои нафти навъи бензинҳои АИ-92, АИ-95, АИ-98-ро дар бар мегирад.

Дар ин гурӯҳбандии навъи бензинҳо ҳарфи “А” маънои онро дорад, ки сӯзишвории мазкур барои истифодаи мошинҳои сабукрав ва боркаш пешбинӣ шудааст. Дар ин ҷо қайд намудан бамаврид аст, ки дар баробари ин намунаҳои бензин, инчунин бензинҳое мавҷуданд, ки онҳо бо ҳарфи “Б” номгузорӣ карда мешаванд. Чунин номгуйи бензинҳо дар нақлиёти ҳавоӣ истифодашаванда мебошанд.

Ҳарфи “И” маънои онро дорад, ки адади октании бензини мазкур бо усули таҳқиқот муайян карда шудааст. Рақамҳои 92, 95, 98 ва дигар рақамҳо аз 70 то 100, ки тавассути онҳо навъҳои бензин гурӯҳбандӣ гардидааст, адади октани онҳоро тавсиф менамояд. Муайян карда шудааст, ки ҳар қадар адади октании сӯзишвории бензинӣ зиёд бошад, ҳамон қадар хосиятҳои зидди детанатсионии он афзуда, таъсири мутақобилаи бензин ҳангоми сӯхтан бо муҳаррик камтар мегардад.

«Таҳқиқоти гузаронидашудаи олимони соҳаи нақлиёти автомобилӣ муайян намуд, ки бензин навъҳои АИ-92, АИ-95, АИ-98, ки дар онҳо аломати ҷӯшишашон $+205^0$С-ро дорад, беҳтарин навъҳои бензин арзёбӣ шудааст. Инчунин олимони соҳавӣ модификаторҳои гуногунеро коркард намудаанд, ки онҳо ба зиёд гардидани адади октании бензинҳо мусоидат менамоянд. Намунаи бензинҳое, ки адади октаниашон баланд аст, дар мошинҳои баландсуръати варзишӣ истифода карда мешаванд» [2].

Дар ҷадвали 1 нишондиҳандаҳои мушаххаси партовҳои газӣ ҳангоми истифодаи ин бензинҳо дар муҳаррики устувори ҳаҷмаш 2.0 литр (дар шароити якхелаи корӣ, грамм/литр ё фоизи нисбӣ) оварда шудааст [2, 22].

«Бензини АИ-92 аз нигоҳи партовҳои CO (оксиди карбон) ва SO_2 (гӯгирд) аз ҳама хатарноктарин бензин ба шумор меравад, зеро аксар вақт синфи экологии он аз Евро-3 боло нест. Ин боиси пайдоиши дуди сиёҳ ва бӯйи шадид дар кӯчаҳои шаҳр мегардад» [12].

Бензини АИ-98 партовҳои CO ва карбогидридҳои заҳролудро ба ҳадди ақалл мерасонад, вале аз сабаби ҳарорати баланди сӯзиш миқдори оксидҳои нитроген (NOx)-ро зиёд мекунад. Консентратсияи баланди NOx барои ҳавои софи шаҳрҳои наздикӯҳӣ (ба мисли Душанбе) хатари эҷоди смоги фотохимиявиро дорад.

Ҷадвали 1. – Партовҳои газӣ ҳангоми истифодаи бензинҳо дар муҳаррики устувори ҳаҷмаш 2.0 литр (дар шароити якхелаи корӣ, грамм/литр ё фоизи нисбӣ)

Нишондиҳандаи партов	Бензини АИ-92 (Евро-3/4)	Бензини АИ-95 (Евро-4/5)	Бензини АИ-98 (Евро-5)	Таҳлили тағйирот ва сабаби химиявӣ
1	2	3	4	5
Оксиди карбон (CO)	12,5 г/л	9,2 г/л	6,8 г/л	Камшавӣ то 45%. АИ-98 ва АИ-95 дорои эфирҳои оксигендор (MTBE) мебошанд. Оксигени дохилӣ раванди сӯхтани карбонро то CO_2 пурра месозад ва тавлиди заҳри CO-ро коҳиш медиҳад.
Оксидҳои азот (NOx)	1,8 г/л	2,4 г/л	2,9 г/л	Афзоиш то 60%. Ҳангоми сӯхтани АИ-98 устувории детонатсионӣ баланд буда, фишор ва ҳарорат дар дохили силиндр шиддат меёбад (>2000 С). Ин боиси пайвастшавии нитрогени ҳаво бо оксиген ва афзоиши NOx мегардад.

Идомаи ҷадвали 1.

1	2	3	4	5
Карбогидрид-ҳои насӯхта (CH)	3,1 г/л	2,2 г/л	1,5 г/л	Камшавӣ то 50%. Бинобар устувории сӯзиш ва набудани таркишҳои детонатсионӣ дар АИ-98 сӯзишворӣ дар деворҳои силиндр насӯхта наемонад ва пурра фаъол мешавад.
Дуоксиди сулфур (SO_2)	0,15 г/л	0,03 г/л	0,008 г/л	Камшавии куллӣ (то 95%). Ин нишондиҳанда на ба адади октанӣ, балки ба синфи экологии сӯзишворӣ вобаста аст. АИ-98 комилан мувофиқи стандарти Евро-5 тоза карда мешавад, ки дар он сулфур қариб нест.

«Дар рафти пажуҳиш ва таҳқиқоти гузаронидашудаи олимони соҳаи экологияи муҳандисӣ ва стандартизатсия намудани муҳаррикҳои нақлиётӣ муайян гардидаст, ки дар рафти кори муҳаррики автомобил метавонад зиёда аз 20 номгӯйи партовҳо ҳосил гардад» [5]. Муҳимтарин номгӯйи ин партовҳо дар ҷадвали 2 пешниҳод шудааст [13].

Чӣ тавре аз номгӯй ва миқдори партовҳои ҳосилшуда ҳангоми истифодаи сӯзишвории бензинӣ ва дизелӣ дар нақлиёти автомобилӣ, ки дар ҷадвали 2 пешниҳод гардидааст, дар таркиби партовҳои ҳосилшаванда моддаҳои заҳрнок ва моддаҳои марбут ба газҳои гулхонагӣ хело зиёд дида мешаванд. Агар хосияти химиявӣ ва фаъолияти биологии номгӯйи партовҳои дар ҷадвали 2 баррасигардидаро таҳлил намоем, он гоҳ ба хулосае омадан мумкин аст, ки аз рӯйи заҳрнокӣ дар миёни ин партовҳо хатарноктарини он оксидҳои нитроген ба ҳисоб мераванд. Муайян гардидааст, ки заҳрнокии оксидҳои нитроген нисбат ба монооксиди карбон (CO) зиёда аз 10 баробарро ташкил медиҳад. Агар заҳрнокии партовҳои мутааллиқ ба алдегидҳоро нисбат ба оксидҳои нитроген ва дуоксиди карбон муқоиса намоем, он чандон зиёд нест ва ҳудуди 5%-и заҳрнокии умумиро ташкил медиҳад. Заҳрнокии карбогидрогенҳои нафтӣ якзайл набуда, ҳар кадом ба худ фаъолияти биологии хосса дорад.

Ҷадвали 2. – Номгӯй ва миқдори партовҳои ҳосилшуда ҳангоми истифодаи сӯзишвории бензинӣ ва дизелӣ дар нақлиёти автомобилӣ

Номгӯйи партовҳои ҳосилшуда	Дар ҳолати истифодаи бензин	Дар ҳолати истифодаи сӯзишвории дизелӣ
Нитроген (N_2), бо ҳисоби %	74–77	76–78
Оксиген (O_2), бо ҳисоби %	0,3–8,0	2,0–18,0
Буғҳои об (H_2O), бо ҳисоби %	3,0–5,5	0,5–4,0
Дуоксиди карбон (CO_2), бо ҳисоби %	0,0–16,0	1,0–10,0
Монооксиди карбон (CO), бо ҳисоби %	0,1–5,0	0,01–0,5
Оксидҳои нитроген, бо ҳисоби %	0,0–0,8	0,0002–0,5
Карбогидрогенҳо, бо ҳисоби %	0,2–3,0	0,09–0,5
Алдегидҳо, бо ҳисоби %	0,0–0,2	0,001–0,009
Дуда, г/м^3	0,0–0,04	0,01–1,10
Бензопирен-3,4, г/м^3	$10–20\cdot10^{-6}$	10×10^{-6}

Мувофиқи Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон «Дар бораи ҳифзи муҳити зист» [6] ва меъёрҳои давлатии санитарию экологӣ Консентратсияи Иҷозатдодашудаи миёна (ПДК) барои газҳои асосии нақлиётӣ муайян карда шудааст. Ҳангоми таҳлили муқоисавӣ маълум мегардад, ки бинобар куҳна будани парки автомобилии кишвар (зиёда аз 70%-и мошинҳо

зиёда аз 10-15 сол сохт доранд) нишондиҳандаҳои воқеии партовҳо аз меъёрҳои иҷозатдодашуда ба таври назаррас баланд мебошанд.

Ҷадвали 3. – Меъёрҳои иҷозатдодашуда нисбат ба нишондиҳандаҳои воқеӣ

Номи гази захролуд	Меъёри иҷозатдода-шуда дар ҳаво (мг/м^3)	Нишондиҳандаи воқеӣ дар речаи авҷи ҳаракат (мг/м^3)	Дараҷаи гузашт аз меъёр	Сабаби техникӣ-экологӣ
Оксиди карбон (CO)	5,0 *(максималии яквақта)*	12,5 – 18,0	2,5 – 3,6 баробар	Сӯхтани нопурраи бензин дар ҳолати тамбашавӣ ва коркарди нодурусти муҳаррикҳои куҳна
Оксиди нитроген (NO_2)	0,2 *(максималии яквақта)*	0,6 – 0,9	3,0 – 4,5 баробар	Ҳарорати баланди сӯзиш дар муҳаррикҳои муосири пуриқтидор бе истифодаи катализаторҳои коршоям
Карбогид-ридҳо (CH)	1,5 *(ҳадди ниҳоӣ)*	3,2 – 4,5	2,1 – 3,0 баробар	Бухоршавии мустақими бензин ва насӯхта мондани қисми сӯзишворӣ дар деворҳои силиндр
Моддаҳои муаллақ (PM2.5)	0,035 *(меъёри шабонарӯзӣ)*	0,12 – 0,16	3,4 – 4,5 баробар	Сифати пасти тозакунии бензини АИ-92 (синфи экологии паст) ва соиши налҳои тормоз.

Маълумоти ҷадвали 3 нишон медиҳад, ки системаи кунунии нақлиётии Ҷумҳурии Тоҷикистон тавозуни манфии экологӣ дорад [8, 24]. Аз назари илмӣ гузариш ба биоэтанол (омехтаи E10) воситаи мустақими коҳиш додани ин фарқияти байни меъёр ва нишондиҳандаҳои воқеӣ мебошад.

Боби сеюми диссертатсия муҳимтарин натиҷаҳо ва таҳлили онҳоро дар бар мегирад. Дар ин боб натиҷаи таҳлилҳои таҷрибавии мавзуъҳои арзёбии экологии технологияи истеҳсоли сӯзишвории биологии биоэтанол дар асоси партовҳое, ки таркибашон аз ангиштобҳо бой мебошанд, арзёбии экологӣ ва ҷанбаҳои физикию химиявии технологияи ҳосил намудани биоэтанол дар асоси ғӯзапояи пахта, ҷанбаҳои экологӣ ва технологии ҳосил намудани госсипол, кислотаи лиму ва кислотаи себ дар асоси партовҳои истеҳсоли биоэтанол, арзёбии экологии истифодашавии биоэтаноли ҳосилкардашуда ҳамчун модификаторҳои беҳтаркунандаи сифати сӯзишвории бензинӣ, муайян намудани партовҳои газӣ ва аэрозолии аз нақлиёти автомобилӣ ҳосилшаванда вобаста ба мавқеи ҷуғрофии роҳҳои автомобилгард, афзалиятҳои экологии истифодаи биоэтанол ҳамчун сӯзишвории нақлиётиро дар бар мегирад, таҳлилу муҳокима шудаанд.

Таҳқиқи таркиби биохимиявии ғӯзапояи пахта ва экстраксияи липидҳои таркибии он

Барои амалӣ намудани мақсади гузошташуда пеш аз ҳама омӯзиши таркиби химиявии ғӯзапояи пахта зарур буд. Тавассути истифодаи усулҳои химияи органикӣ, усулҳои биохимиявии таҳлил ва тариқаҳои таҳлили физикию химиявии таркиби биохимиявии ғӯзапоя омӯхта шуд. Ғӯзапояи пахта пас аз марҳилаи биологии итмоми сикли ҳаётгузаронии он дастрас гардид.

Барои муайян намудани самаранокии технологияи коркардгардида зарурати муайян намудани миқдори селлюлозаи таркиби он ба миён омад. Барои таҳлили миқдорӣ намудани селлюлозаи таркиби ғӯзапояи пахта пеш аз ҳама липидҳои таркиби он бо

истифода аз усули экстраксияи гарм ҷудо карда шуд. Экстраксия дар дастгоҳи Сокслет, ки бо хунуккунаки обӣ ва ҳаммоми обӣ муҷаҳҳаз шудааст, гузаронида шуд.

Барои экстраксия намудани ғӯзапояи пахта он пеш аз экстраксиякунӣ дар ҳарорати +50 – 55°C дар ҷевони химиявии хушккунанда муддати то 6 соат хушконида шуд. Сипас, ғӯзапояи хушконидашуда тавассути истифодаи осиёби механикӣ то андозаи 0,2 – 0,4 мм дар дастгоҳи сохташудаи тағрибавӣ майда гардид.

Дар ин ҷо қайд намудан бамаврид аст, ки тавассути истифодаи усулҳои химияи органикӣ, химияи аналитикӣ, усулҳои таҳқиқи биохимиявӣ ва тариқаҳои таҳлили физикию химиявӣ на танҳо таркиби химиявии экстракти таркиби ғӯзапояи пахта, инчунин моддаҳои ғайрилипидии он низ таҳлили сифатӣ ва миқдорӣ карда шуд. Натиҷаҳои таҳқиқ дар ҷадвали 4 пешниҳод гардидааст.

Тавре аз натиҷаҳои таҳқиқи таркиби химиявии як қатор растаниҳои яксола ва бисёрсола бармеояд, таркиби ғӯзапояи пахта аз полисахариди селлюлоза ва як қатор моносахаридҳо бой мебошад.

Ҷадвали 4. – Ангиштобҳои таркиби як қатор растаниҳои яксола ва бисёрсола

Номгӯйи пайвастагиҳо	Растаниҳои бисёрсола						Растаниҳои яксола			
	Сӯзанбарг	Сафедор	Пахта	Булут	Ларзонбед	Бук	Пахоли шолӣ	Қамиш	Ғӯзапояи пахта	
									поя	реша
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Моддаҳои ташкилдиҳандаи хокистар	0,23	0,21	0,53	0,52	0,26	0,5	15,63	1,96	1,51	6,34
Селлюлоза	45,93	38,70	41,2	36,7	41,77	42,6	28,00	54,80	37,05	34,02
Лигнин	27,97	26,80	29,27	27,51	21,81	24	20,02	19,55	25,97	24,10
Гексозаҳо	55,70	51,70	52,5	39,92	45,38	48,2	47,87	31,80	41,90	42,31
Пентозаҳо	5,24	5,50	5,17	16,33	16,33	16,67	15,66	20,25	19,96	13,05
Миқдори умумии моддаҳое, ки дар об дар ҳарорати 90^{0}C экстраксия мегарданд	3,20	3,86	3,39	3,28	3,28	-	12,00	9,10	5,90	10,00
Миқдори умумии моддаҳое, ки дар бензин экстраксия мегарданд	7,56	5,61	-	-	-	-	8,24	7,76	6,44	8,36

Тавре аз ҷадвали 4 бармеояд, барои коркарди хатти технологии истеҳсоли биоэтанол дар асоси ғӯзапояи пахта таркиби химиявии растаниҳои бисёрсолаи дарахтони сӯзанбарг ва сафедор ва растаниҳои яксолаи қамиш ва пахоли шолӣ, ки дар Тоҷикистон мерӯянд, омӯхта шудааст. Барои муқоисаи натиҷаҳо маълумоти адабиёт оид ба таркиби химиявии баъзе дарахтони бисёрсола, аз қабили пахта, булут, санавбар ва бук, ки аз асоси онҳо биоэтанол истеҳсол мегардад, маълумот пешниҳод шудааст.

Дар баробари ин, бо мақсади таҳқиқи таркиби химиявии таркиби ғӯзапояи пахта ва арзёбии экологии технологияи истеҳсоли биоэтанол дар асоси он, инчунин барои муқоиса пахоли зағир, чӯби сӯзанбарг, чӯби сафедор мавриди пажуҳиш ва таҳлил қарор дода шуд. Тавассути истифодаи усулҳои биохимиявии таҳлил муҳимтарин нишондиҳандаҳои физикию химиявии онҳо, аз қабили адади кислотагӣ ва адади йодии онҳо таҳқиқ гардида муайян карда шуд, ки адади кислотагии экстракти пахта ба 8,8мгКОН/г, адади кислотагии экстракти пахоли зағир ба 7,9 мгКОН/г, экстракти чӯби сафедор 8,6мгКОН/г ва экстракти чӯби сӯзанбарг ба 9,1 мгКОН/г баробар аст.

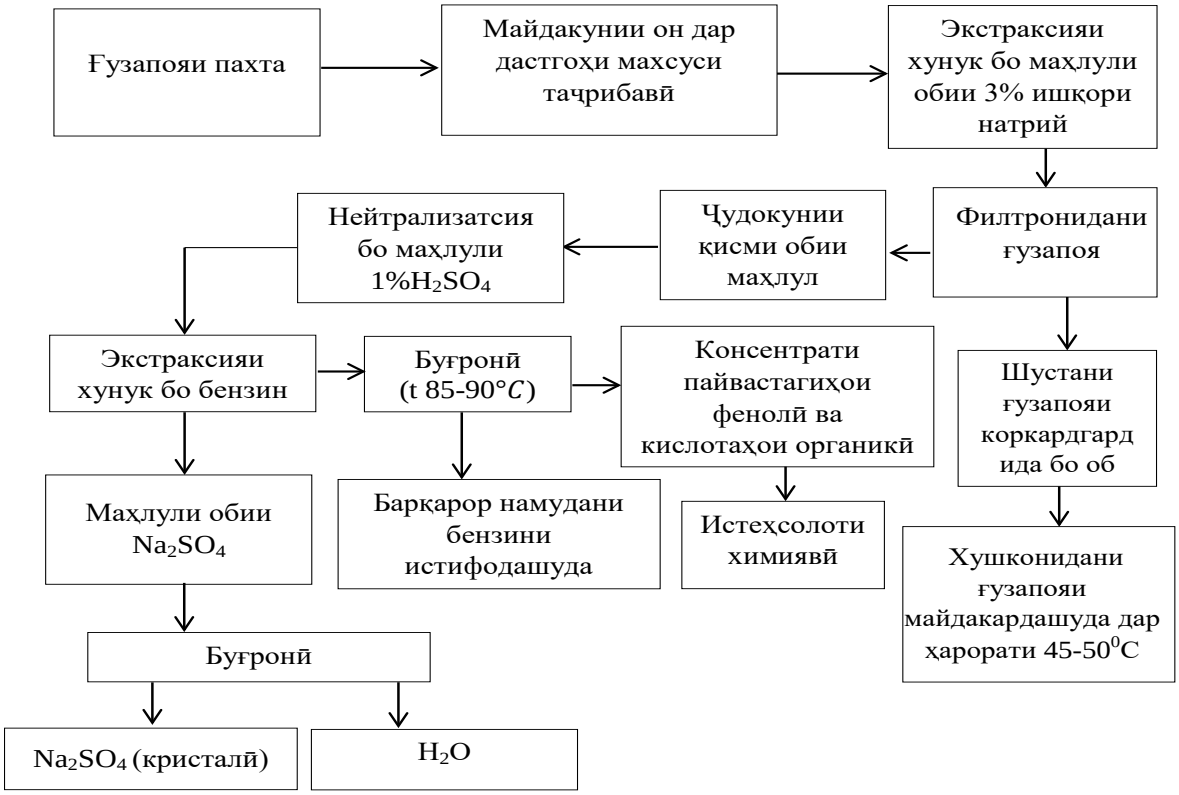
Дар ин ҷо қайд намудан зарур аст, ки дар рафти муайян намудани адади кислотагии экстракти растаниҳои таҳқиқшаванда бори нахуст дар муайян намудани нуқтаи эквивалентӣ усули титри потенсиометрӣ истифода гардидааст. Дар баробари ин, барои муайян намудани ғализоти пайвастагиҳои носери таркиби экстрактҳои таҳлилшаванда аз усули биохимиявии адади йодӣ муайян карда шудааст. Натиҷаҳои таҳқиқи адади йодӣ нишон дод, ки адади йодии экстракти пахта ба 38гI_2/100г, адади йодии экстракти пахоли зағир ба 43,5гI_2/100г, экстракти чӯби сафедор ба 35гI_2/100г ва экстракти чӯби сӯзанбарг ба 39гI_2/100г баробар аст.

Таҳлили миқдории фенолҳои таркиби ғӯзапояи пахта ва дигар растаниҳои таҳқиқшаванда бо усули хроматографияи коғазӣ, маҳинқабат, найчавӣ амалӣ гардидааст. Идентификатсияи пайвастагиҳои фенолии растаниҳои таҳқиқшаванда аз рӯйи коэффитсиенти тақсимшавии онҳо дар сатҳи хроматограмма дар муқоиса бо эталонҳо ва маълумоти адабиёт, муайян намудани нишондиҳандаи шикасти рӯшноии маҳлули онҳо дар асбоби рефрактометр, муайян намудани ҳарорати гудозиши онҳо дар асбоби Боэтус ва таҳлили спектрометрии инфрасурх ва ултрабунафш муайян карда шудааст.

Ҳамин тариқ, дар асоси натиҷаҳои таҳлили таҷрибавӣ ва маълумоти адабиёт, ки дар ҷадвали 4 пешниҳод гардидааст, муайян карда шуд, ки ғӯзапояи пахта аз ангиштобҳо бой буда, дар таркиби худ ба ҳисоби миёна 35,5% селлюлоза, 42,1% гексозаҳо, 16,5% пентозаҳоро дорад.

Ҷанбаҳои экологӣ ва физикию химиявии ҷудо намудани липидҳои таркиби ғӯзапояи пахта

Дар асоси омӯзиши таркиби химиявии баргу пояи ғӯзапояи пахта муайян карда шуд, ки дар баробари ангиштобҳо дар таркиби он пайвастагиҳои дорои хосияти кислотагидошта, аз қабили феноли марбути госсипол, катехинҳо, моддаҳои даббоғии полифенолӣ, килотаҳои лиму ва себро ба миқдори назаррас дорад. Тавре маълум аст, кислотаҳо ба раванди биохимиявии ҳосилшавии биоэтанол таъсири манфии худро менасонанд.

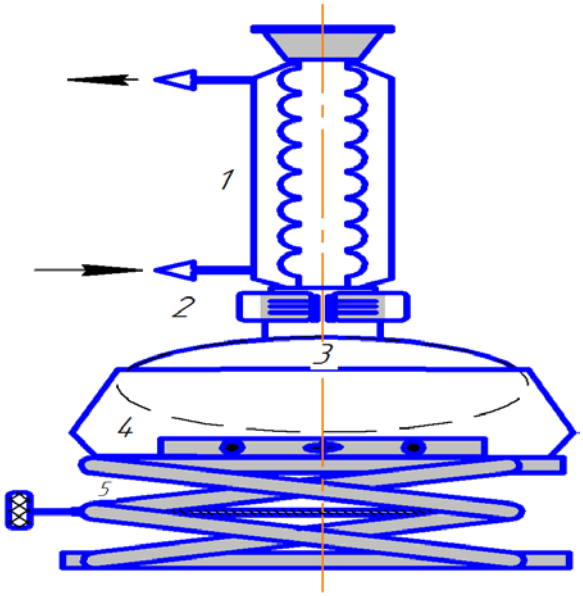


Расми 1. – Технологияи коркардшудаи тоза намудани таркиби ғӯзапояи пахта аз пайвастагиҳои дорои хосияти кислотагидошта

Аз ҳамин лиҳоз, зарурати аз ғӯзапоя ҷудо намудани ин пайвастагиҳои химиявии хосияти кислотагидошта ба миён омад. Ин мушкилоти технологиро ба инобат гирифта, технологияи ҷудо намудани пайвастагиҳои дорои хосияти кислотагидоштаи феноли марбути госсипол, катехинҳо, моддаҳои даббоғии полифенолӣ, килотаҳои лиму ва себ бо технологияи нав ва муфид коркард карда шуд. Технологияи коркардгардида дар расми 1 пешниҳод гардидааст.

Натиҷаҳои омӯзиши ҷанбаҳои экологии технологияи коркардгардида муайян намуд, ки бензини зиёда аз 3 маротиба ба ҳайси экстрагент дар экстраксиякунонии ғӯзапояи пахта истифодашуда корношоям гардида, ба партови истеҳсолӣ мубаддал гашт. Сабаби ба партови истеҳсолӣ мубаддал гардидани экстрагенти истифодашуда дар он аст, ки дар таркиби он ғашҳои зиёд дида мешаванд. Ин ғашҳо ҳарорати ҷӯшиши аз $+80^0$C поён дошта, марбут ба пайвастагиҳои фенолӣ ва кислотаҳои органикӣ мебошанд.

Дар асоси омӯзиши таркиби химиявии партови истеҳсолӣ (бензине, ки пай дар пай ба сифати экстрагент истифода гардидааст) муайян карда шуд, ки миқдори кислотаҳои карбони ҳудуди 6,5%, пайвастагиҳои феноли 3,2%, миқдори дигар липидҳои ҳарорати ҷӯшишашон аз $+80^0$C поён 8,1%-ро ташкил медиҳанд.



Расми 2. – Дастгоҳ барои экстраксия намудани ғӯзапояи майдакардашудаи пахта бо маҳлули обии содаи каустикӣ

Эзоҳ: *1. Хунуккунаки обии баргарданда. 2. Лапкае, ки дар он дастгоҳ мустаҳкам карда мешавад. 3. Колбаи ғунҷоиши ҳаҷмаш 3л. 4. Колбагармкунак; 5. Анкер.*

Дар ин ҷо қайд намудан бамаврид аст, ки новобаста аз оне ки пас аз ҳар як истифодашавӣ бензин тавассути усули буғронӣ тоза карда мешавад, пас аз 5 маротиба пай дар пай истифодаи он миқдори ғашҳо аз ин ҳам зиёдтар мегарданд. Бензине, ки дар таркиби худ чунин ғашҳоро дорад, истифодаи он дар нақлиёти автомобилӣ ғайриимкон мебошад. Аз ҳамин лиҳоз, он партофта мешавад. Бензини партофташуда ба экологияи муҳит метавонад таъсири манфии худро расонад. Ин мушкилоти ошкоршуда на танҳо ба вазъи экологии муҳити атроф зарар мерасонад, инчунин аз лиҳози иқтисодӣ низ зараровар буда, ба арзиши аслии биоэтаноли истеҳсолшаванда метавонад таъсири манфии худро расонад.

Ин мушкилоти экологӣ ва иқтисодиро ба инобат гирифта, дар тоза намудани ғӯзапояи пахта, ки он ҳамчун ашёи хоми ибтидоии истеҳсоли биоэтанол баҳисоб меравад, аз усули технологии экстраксияи гарм истифода карда шудааст. Экстраксияи гарм дар колбаҳои ғунҷоиши ҳаҷмашон 3-литра, ки он бо хунуккунаки баргарданда муҷаҳҳаз гардидаанд, гузаронида шудааст (расми 2).

Чӣ тавре дар расми 4 пешниҳод гардидааст, экстраксияи ғӯзапояи майдакардашудаи пахта на дар дастгоҳи Сокслет, балки дар дастгоҳи махсус гузаронида мешавад. Натиҷаҳои таҳлили таҷрибавии гузаронидашуда нишон дод, ки дар ҳолати истифодашавии маҳлули 5%-и обии ишқори натрий (содаи каустикӣ) истифодаи дастгоҳи Сокслет чандон самарабахш нест. Дар асоси натиҷаҳои омӯзиши ҷанбаҳои технологии раванди экстраксияи гарм дар дастгоҳи Сокслет муайян карда шуд, ки ҳангоми зиёда аз 100^0C гарм намудани маҳлули 5%-и обии ишқори натрий об аз таркиби маҳлул ҷудо гардида, тавассути қубурчаҳои буғгузари Сокслет ба боло, ба хунуккунаки баргарданда интиқол ёфта, дар он ҷо конденсатсия гардида, ба болои ғӯзапояи майдакардашуда мефарояд. Мушкилоти асосӣ дар он аст, ки ҳангоми буғшавии экстрагент ишқори натрий ба ғӯзапояи пахта таъсири худро расонида натавониста, дар қисми поёнии дастгоҳи Сокслет боқӣ мемонад. Маҳлули обӣ наметавонад ба пуррагӣ пайвастагиҳои марбут ба госсипол, катехинҳо, моддаҳои даббоғии полифенолӣ, килотаҳои лиму ва себро аз таркиби ғӯзапояи майдакардашуда ҷудо намояд.

Аз ин лиҳоз, тасмим гирифта шуд, ки дар ҷудо намудани госсипол, катехинҳо, моддаҳои даббоғии полифенолӣ, килотаҳои лиму ва себ ба сифати экстрагент аз маҳлули 5%-и NaOH истифода карда шавад. Дар асоси омӯзиши ҷанбаҳои технологии ҷудо намудани госсипол, катехинҳо, моддаҳои даббоғии полифенолӣ, килотаҳои лиму ва себ аз таркиби ғӯзапояи майдакардашуда тавассути истифодаи маҳлули 5%-и NaOH муайян карда шуд, ки усули технологӣ нисбат бо экстраксиякунонӣ бо бензин дар дастгоҳи Сокслет нисбатан самарабахш аст. Яке аз афзалиятҳои муҳими ин технология нисбат ба усули Сокслет дар он аст, ки технологияи мазкур технологияи бепартов буда, дорои як қатор афзалиятҳои экологӣ мебошад.

Дар баробари ин, афзалияти экологӣ истифодаи 5%-и NaOH ҳамчун экстрагент дар тоза намудани госсипол, катехинҳо, моддаҳои даббоғии полифенолӣ, килотаҳои лиму ва себ аз лиҳози экологӣ самарабахш мебошад. Нархи 1 литр бензини навъи Аи-95 арзиши 10 сомониро дорад. Як килограмм содаи каустикии кристалӣ (NaOH) 35-37 сомониро ташкил медиҳад. Аз 1 кг содаи каустикӣ 20 литр маҳлули 5%-и он тайёр карда мешавад. Агар арзиши оби истифодашуда ва қувваи кориро дар тайёр намудани ин маҳлул ба назар нагирем, он гоҳ арзиши аслии 1 литр маҳлули 5%-и NaOH ба ҳисоби миёна 1,8 сомониро ташкил медиҳад, ки ин нисбат ба бензин 8,2 сомонӣ арзонтар аст. Яке аз афзалиятҳои муҳими дигари экологии маҳлули 5%-и NaOH нисбат ба бензин дар он аст, ки ҳангоми кор бо ин маҳлул эҳтимоли захролудшавӣ дида намешавад.

Тавре аз технологияи коркардшудаи тоза намудани таркиби ғӯзапояи пахта аз пайвастагиҳои дорои хосияти кислотагидошта, ки дар расми 2 баррасӣ гардидааст, бармеояд, пас аз экстраксия намудани ғӯзапояи майдакардашудаи пахта экстракти ҳосилкардашуда бо истифода аз маҳлули 1%-и H_2SO_4 нейтрализатсия карда мешавад. Маҳсули реаксияи таъсири мутақобилаи намакҳои натригии госсипол, катехинҳо, килотаҳои лиму ва себ бо маҳлули 1%-и H_2SO_4 сулфати калий (K_2SO_4) мебошад. Тавре дар хатти технологӣ (расми 2) дарҷ гардидааст, K_2SO_4 дар истеҳсолоти химиявӣ татбиқи васеи амалии худро дорад. Дар баробари ин, сулфати калийро метавон ҳамчун нурии ғизоӣ дар парвариши як қатор сабзавот, аз қабили бодиринг, боимҷон, қаламфур, картошка, сабзӣ ва ғайра истифода намуд.

Дар рафти таҳқиқи ҷанбаҳои физикию химиявии технологияи коркардгардида муайян карда шуд, ки намакҳои натригии госсипол, катехинҳо, кислотаҳои лиму ва себ ҳангоми дар ҳолати озод будани онҳо дар об ҳалшавандагии ниҳоят хубро доранд. Аз ҳамин лиҳоз, суръати раванди ҳалшавандагии ин моддаҳои хосияти кислотагидошта дар ҳолати истифодашавии маҳлули 5%-и NaOH ҳамчун экстрагент нисбат ба варианти истифодаи бензин хело хурд буда, 35-40 дақиқаро ташкил медиҳад. Дар ҳолати истифодаи бензини навъи АИ-95 ҳамчун экстрагент барои ҷудо намудани ин моддаҳо 360 дақиқа вақт сарф мегардад.

Ҷанбаҳои экологӣ ва технологии ҳосил намудани госсипол, кислотаи лиму ва кислотаи себ дар асоси партовҳои истеҳсоли биоэтанол

Тавре дар боло зикр намудем, барои истеҳсол намудани биоэтанол аз ғӯзапояи пахта бойгардонии селлюлозаи таркибии он зарур аст. Аз ҳамин лиҳоз, бо истифода аз технология экстраксия ғӯзапояи пахта коркард мешавад. Дар натиҷаи чунин коркард партов (экстракт)-е ҳосил мегардад, ки таркиби он аз госсипол, кислотаи лиму ва кислотаи себ бой мебошад.



Расми 3. – Хатти технологии технологияи ҳосил намудани госсипол дар асоси партови истеҳсолоти биоэтанол

Ин афзалияти технологӣ ва экологии партови истеҳсоли биоэтанолро дар асоси ғӯзапояи пахта ба инобат гирифта, технологияи муфиди ҳосил намудани госсипол ва кислотаҳои органикии идентификатсиякардашуда коркард гардид.

Хатти технологии технологияи ҳосил намудани госсипол дар асоси партови истеҳсоли биоэтанол дар расми 3 пешниҳод гардидааст.

Тавре аз технологияи коркардгардида (расми 3) бармеояд, асоси таркиби химиявии партови истеҳсоли биоэтанолро, ки он дар асоси ғӯзапояи пахта ҳосил карда мешавад, консентрати пайвастагиҳои фенолӣ ва кислотаҳои органикӣ ташкил медиҳанд.

Дар зинаи аввали коркарди технологӣ консентрати пайвастагиҳои фенолӣ ва кислотаҳои органикӣ бо маҳлули 5%-и оҳаки шукуфта ($Ca(OH)_2$) коркард мегардад. Дар натиҷаи чунин коркард кислотаҳои органикӣ ба намакҳои калсийгии худ табдил меёбанд. Феноли госсипол бошад, ҳангоми таъсири мутақобила намудан бо $Ca(OH)_2$ ба фенолияти калсий табдил меёбад.

Тавре аз хатти технологии технологияи коркардгардида бармеояд, пас аз коркарди консентрат бо маҳлули 5%-и оҳаки шукуфта ($Ca(OH)_2$) ва экстраксияи хунук намудан омехта бо маҳлули H_2SO_4-и 5% то P^H=7 коркард карда мешавад. Нуқтаи эквивалентии нейтрализатсияи омехтаро то P^H=7 бо истифода аз индикатори универсалии коғазӣ муайян намудан имконпазир мебошад.

Барои ҷудо намудани моддаҳо аз ҳамдигар усули хроматографияи найчавӣ истифода мегардад. Дар иҷрои ин амали технологӣ ба сифати фазаи ҳаракатнакунандаи хроматографӣ селлюлоза ва ба ҳайси фазаи ҳаракаткунандаи хроматографӣ бошад, систетаи хлороформ-этиатсетат-кислотаи атсетат (2:1:0,1) интихоб гардидааст. Дар ҷудо намудани ин компонентҳо элюатсиякунонӣ бо суръати 10мл/дақиқа амалӣ шудааст.

Ба фраксияҳо тақсим намудани элюатҳо тавассути муайян намудани зичии оптикии онҳо иҷро гардидааст. Дар натиҷаи муайян намудани зичии оптикии элюатҳо онҳо ба се фраксия ҷудо карда шуданд. Пас аз буғронии фраксияи якум госсипол, фраксияи дуюм кислотаи лиму ва фраксияи сеюм бошад, кислотаи себ ҳосил карда шуд.

Тавассути истифодаи усулҳои математикӣ муайян карда шуд, ки аз 1 тонна ғӯзапояи пахта, ки он ҳамчун ашёи хоми ибтидоӣ дар истеҳсолоти биоэтанол истифода мегардад, ҳосил намудани 7,42 кг госсипол, 57,22 кг кислотаи лиму ва 3,34 кг кислотаи себ имконпазир аст.

Ҷанбаҳои технологӣ ва арзёбии экологии ҳосил намудани биоэтанол дар асоси ғӯзапояи пахта

Чи тавре дар боло зикр шуд, натиҷаҳои пажуҳиш ва таҳқиқоти гузаронидаи мо муайян намуд, ки ҳосил намудани сӯзишвории биологии биоэтанол аз ғӯзапояи пахта нисбат ба дигар технологияҳои маълум, афзалияти калони экологӣ ва иқтисодиро доро мебошад. Ин афзалиятҳоро ба инобат гирифта, аз ҷониби мо технологияи наву муфиди истеҳсол намудани биоэтанол дар асоси ғӯзапояи пахта коркард гардид (расми 4).



Расми 4. – Хатти технологии ҳосил намудани сӯзишвории биологии биоэтанол дар асоси ғӯзапояи пахта

Тавре аз хатти технологии ҳосил намудани сӯзишвории биологии биоэтанол дар асоси ғӯзапояи пахта, ки дар расми 4 баррасӣ гардидааст, баъд аз ҷамъоварӣ намудани ғӯзапоя он дар дастгоҳи таҷрибавии коркардгардида майда карда мешавад.

Баъд аз майда намудан бо мақсади зиёд кардани ҳиссаи массаи селлюлоза он тавассути истифодаи технологияи экстраксия коркарди махсус карда мешавад.

Дар ин ҷо қайд намудан бамаврид аст, ки бо мақсади баланд бардоштани самаранокии экологӣ ва иқтисодии технологияи истеҳсол намудани биоэтанол дар асоси ғӯзапояи пахта аз партовҳои ҳосилгардидаи бойгардонии феноли госсипол кислотаи лиму ва кислотаи себ ҳосил карда мешавад.

Омӯзиши ҷанбаҳои физикию химиявии раванди бойгардонии селлюлозаи таркиби ғӯзапояи пахта нишон дод, ки пеш аз коркард ҳиссаи массаи полисахаридҳо ба 42,46% (аз ин миқдор 39,67%-ро селлюлоза ташкил медиҳад) ва пас аз коркард ба 59,60% баробар мегардад. Ин натиҷаҳо аз он гувоҳӣ медиҳанд, ки бойгардонии селлюлоза яке аз омилҳое ба ҳисоб меравад, ки он ба зиёд намудани самаранокии технологияи ҳосил намудани сӯзишвории биологии биоэтанол дар асоси ғӯзапояи пахта таъсири мусбати худро мерасонад.

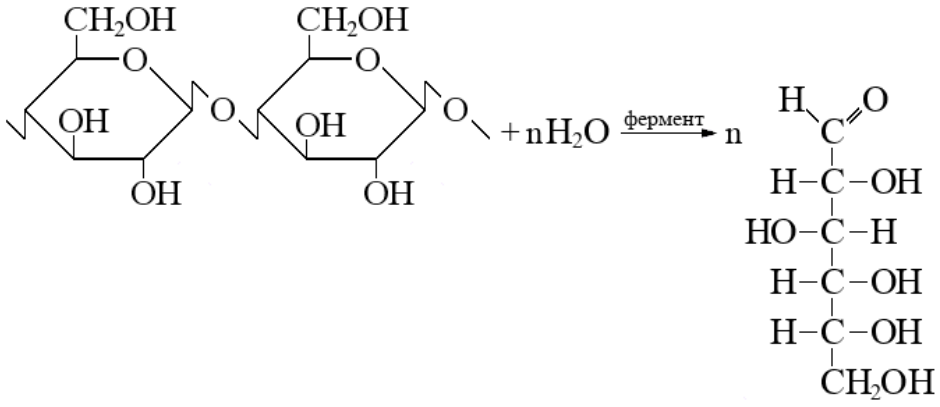
Дар технологияи коркардгардида пас аз бойгардонӣ полисахаридҳои таркиби ғӯзапояи пахта гидролизи кислотагӣ карда мешавад. Реаксияи гидролиз тавассути истифодаи дастгоҳи гидролизкунанда амалӣ мегардад. Дар ин ҷо қайд намудан бамаврид аст, ки бинобар сабабе ки ба сифати катализаторҳо ферментҳои туршкунанда ва маҳлули кислотаҳо истифода мегарданд, дохили гидролизат бояд бо плиткаҳои керамикии ба таъсири кислотаҳо тобовар рӯйпӯш карда шаванд.

Дар технологияи коркардгардида гидролизи селлюлоза ва дигар полисахаридҳои таркиби ғӯзапояи пахта дар иштироки маҳлули сероби кислотаи сулфат таҳти таъсири ҳарорати +160-200° С гузаронида мешавад.

Чунин коркарди технологӣ ба он мусоидат менамояд, ки полисахаридҳои таркиби ғӯзапояи пахта ба моносахаридҳои марбут ба петозаҳо ва гексозаҳо мубаддал гардад. Ҷанбаҳои физикӣ-химиявии ин равандро бо реаксияҳои химиявии зерин асоснок намудан мумкин аст.

$$\underset{\text{целлюлоза}}{(C_6H_{10}O_5)_n} + nH_2O \xrightarrow{H_2SO_4,\ t} \underset{\text{глюкоза}}{nC_6H_{12}O_6} \qquad (1)$$

Ин реаксия дар шакли навишти формулаҳои нимсохторӣ чунин шаклро мегирад:



(2)

Аз реаксияи баррасишуда бармеояд, ки кислотаи сулфат дар реаксияи гидролизи полисахариди селлюлоза нақши катализаторро иҷро менамояд. Дар гузариши реаксия яке аз омилҳои ба реаксия таъсиркунанда ҳарорат мебошад. Пас аз гидролизи кислотагӣ намудани полисахаридҳои таркиби селлюлозаи пахта гидролизат бо истифода аз маҳлули 10%-и оҳаки шукуфта ($Ca(OH)_2$) то P^H=5,5-6,0 коркард мешавад. Чунин коркард

туршнокии гидролизатро коҳиш дода, ба ҳосилшавии намаки миёнаи $CaSO_4$ мусоидат менамояд. Бо сабаби он ки гидролизат сероб аст, $CaSO_4$ ба кристаллогидрати худ $CaSO_4$* $2H_2O$ мубаддал мешавад.

Дар ин ҷо қайд намудан бамаврид аст, ки намаки $CaSO_4$* $2H_2O$ дар об ҳалшаванда нест. Бинобар ин, он наметавонад бо об ба реаксия дохил шавад. Аз ҳамин лиҳоз, реаксияи мазкур мутааллиқ ба реаксияҳои барнагаранда аст.

Яке аз афзалиятҳои экологии технологияи коркарднамудаи мо дар он аст, ки ба ҳайси маводи коҳишдиҳандаи туршнокии гидролизат оҳаки шукуфта ($Ca(OH)_2$) истифода карда мешавад, ки дар натиҷаи коркарди он $CaSO_4$*$2H_2O$ дар шакли такшон ҳосил мегардад. Такшони ҳосилшуда, ки он ҳамчун партови технологӣ ба ҳисоб меравад, метавонад ҳамчун иловаи композитсионӣ дар тайёр намудани моддаҳои часпандаи сохтмон истифода шавад.

Дар технологияи коркардгардида пас аз ҷудо намудани намакҳо ва боқимондаҳои гидролизнашаванда гидролизат ба фраксияҳои пентозавӣ ва гексозавӣ дар мувофиқа бо усули технологии маълум ҷудо карда мешаванд.

Пас аз ҷудо намудан ба фраксияҳо моносахаридҳои аз таркиби ғӯзапояи пахта ҷудокардашуда бо истифода аз усули биотехнологӣ туршонида мешавад. Дар ҳама технологияҳои маълум низ ин ҳаммонандии техникаи иҷрои кор дида мешавад.

Дар хатти технологии коркардгардида «барои туршонидани ферментативии пентозаҳои ҳосилкардашуда истифоданамоии замбурӯғи туршкунандаи *P. tannophilus* ва барои туршонидани моносахаридҳои марбут ба гексозаҳо бошад, замбурӯғи *Sacch cerevisiae* тавсия дода шудааст. Натиҷаҳои таҳлили эксперименталии гузаронидашуда нишон дод, ки идентификатсияи изомерҳои марбут ба пентозаҳо (алдопентозаҳо, кетопентозаҳо) ва гексозаҳо (алдогексозаҳо, кетогексозаҳо) тавассути истифодаи усули спектроскопияи инфрасурх ва масс-спектроскопия имконнопазир мебошад. Тавре маълум аст, ин тариқаҳои таҳлил марбут ба усулҳои дақиқ ва баландҳассоси таҳлили физикӣ-химиявӣ мебошанд» [11].

Сабаби самарабахш набудани ин тариқаҳои таҳлили спектроскопияи инфрасурх ва масс-спектроскопия дар он аст, ки изомерҳои марбут ба алдопентозаҳо, кетопентозаҳо, алдогексозаҳо ва кетогексозаҳо гурӯҳҳои функсионалӣ ва радикалҳои якхеларо доро мебошанд ва он ба массаи молекулавии якхеларо соҳиб гардидани онҳо мусоидат менамояд. Аз ҳамин сабаб, дар рафти идентификатсия намудани пентозаҳо ва гексозаҳои аз таркиби ғӯзапояи пахта истифодаи тариқаҳои таҳлили спектроскопияи инфрасурх ва масс-спектроскопия ягон натиҷаи қонеъкунанда ба даст оварда нашуд.

Дар таҳлил ва идентификатсия намудани пентозаҳо ва гексозаҳои аз таркиби ғӯзапояи пахта аз усули хроматографияи газӣ-моеъгӣ истифода намудем. Барои идентификатсия намудани моносахаридҳои таҳқиқшаванда моддаи химиявии полидиэтилгликолсуксиннатро истифода намудем. Сабаби интихоби полидиэтилгликолсуксиннат дар он аст, ки ин модда барандаи сахт (фазаи ҳаракатнакунандаи хроматографӣ)-ро дар худ хуб ҳал ва омехта месозад.

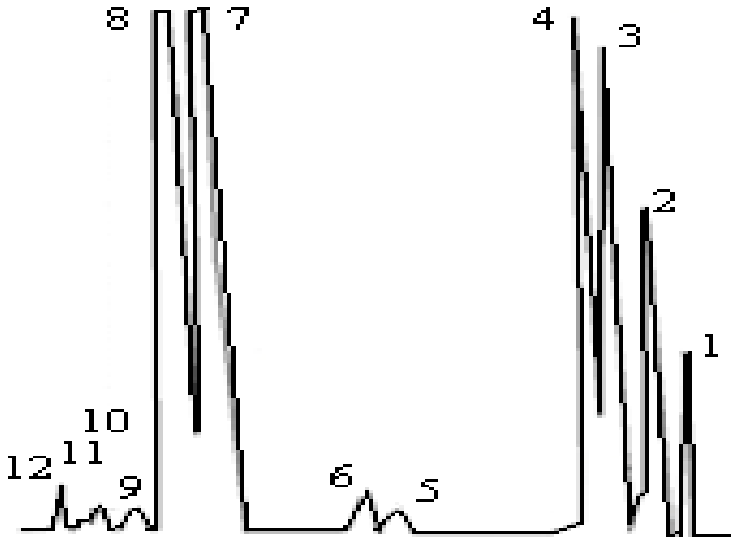
Дар таҳлили хроматографии моносахаридҳои таркиби гидролизати ғӯзапояи пахта ба ҳайси фазаи ҳаракатнакунандаи хроматографӣ сорбенти *“Хромосорб - W”* интихоб гардидааст.

Барои омода намудани барандаи сахт (фазаи ҳаракатнакунандаи хроматографӣ) 30 г. *“Хромосорб - W”* - ро ба колбаи ғунҷоиши ҳаҷмаш 250мл.-а гузаронида, ба болояш 2,45 г. полидиэтилгликолсуксиннат илова намуда, омехтаро дар хлороформ ҳал намудем. Баъд аз иҷрои ин амал хлороформро аз таркиби омехтаи омоданамуда тавассути усули буғронӣ ҷудо карда гирифтем. Буғронӣ дар дастгоҳи ротори буғкунанда гузаронида шуд.

Сипас, фазаи ҳаракатнакунандаи хроматографӣ дар ҷевони хушккунанда таҳти таъсири гармии 50^0C муддати 3 соат коркарди термикӣ карда, хушконида шуд. Баъд аз коркарди термикӣ барандаи сорбенти хроматографӣ, ки он дар асоси полидиэтилгликолсуксиннат ва *“Хромосорб - W”* омода гардидааст, қисм ба қисм ба

дохили калонкаи асбоби хроматографӣ интиқол дода шуд. Барои зичтар намудани мавқеи ҷойгиршавии фазаи ҳаракатнакунандаи хроматографӣ аз насоси беҳавокунанда истифода карда шуд.

Баъд аз элюатсия намудани омехтаи пентозаҳо ва гексозаҳои таркиби ғӯзапояи пахта натиҷаҳои зерин ба даст оварда шуд (расми 5).



Расми 5. – Хроматограммаи омехтаи пентозаҳо ва гексозаҳои таркиби ғӯзапояи пахта
Эзоҳ: *1. Аллоза. 2. Алтроза. 3. Маноза, 4. Галактоза, 5, 6. Ангиштоби номаълум. 7. Глюкоза. 8. Ксилоза. 9, 10. Ангиштоби номаълум. 11. Дизоксирибоза. 12. Рибоза.*

Аз натиҷаи таҳлили хроматографии таркиби гидролизати ғӯзапояи пахта, ки дар расми 5 пешниҳод гардидааст, бармеояд, ки таркиби асосии онро глюкоза, галактоза ва ксилоза ташкил медиҳанд. Дар асоси хосияти химиявии моносахаридҳои идентификатсиякардашуда метавон исбот намуд, ки ин моддаҳо метавонанд ҳамчун ашёи хом дар истеҳсоли биоэтанол истифодашаванда бошанд, зеро ба онҳо реаксияи туршонидани ферментативӣ хос аст. Маҳсули реаксияи мазкур биоэтанол мебошад.

Тавре ки дар технологияи коркардгардида дарҷ гардидааст, пас аз туршонидани ферментативӣ, ки бо истифода аз замбурӯғҳои *P. tannophilus* ва *Sacch cerevisiae* амалӣ мегардад, омехтаи реаксионӣ филтронида мешавад. Баъд аз иҷрои ин амал маҳлули ҷудокардашуда буғронии ректификатсионӣ карда мешавад. Дар натиҷаи буғронӣ биоэтаноли 96^0 ҳосил мегардад.

Таҳлили таркиби химиявии биоэтаноли ҳосилкардашуда нишон дод, ки дар таркиби биоэтаноли ҳосилкардашуда то 4% об, алдегиди атсетат 0,26%, кислотаи атсетат 0,53% ва 0,12% моддаҳои марбут ба равғанҳои эфириро дорад. Таҳқиқоти минбаъдаи гузаронидашуда нишон дод, ки гарчанде пайвастагиҳои мазкур аз лиҳози экологӣ хатарнок ба ҳисоб намераванд, истифодаи он дар нақлиёти автомобилӣ метавонад ба ҷузъҳои муҳаррик таъсири манфии худро расонида, боиси ба коррозия мубтало гардидани системаи интиқолдиҳандаи сӯзишворӣ ба муҳаррик гардад.

Ин норасоии сифати биоэтанолро ба инобат гирифта, барои коҳиш додани миқдори об ва тоза намудан аз алдегид ва кислотаҳои таркиби он биоэтанол бо соддаи каустикӣ коркарди термикӣ карда мешавад. Коркарди мазкурро мо дар колбаи куррашакли ғунҷоиши ҳаҷмаш 1000 мл-и бо хунуккунандаи обии баргарданда муҷаҳҳаз гузаронидем.

Коркарди термикӣ дар ҳарорати 80-85^0C бо истифода аз ҳаммоми обӣ гузаронида шуд. Дар ин ҷо қайд намудан зарур аст, ки баъд аз чунин коркард дар қисми поёнии колба қисми обӣ аз қисми спиртӣ ҷудо мешавад. Қисми обиро аз қисми спиртӣ бо истифода аз қифи ҷудокунанда ҷудо намудем. Баъд аз чунин коркард биоэтанол такроран буғронии

ректификатсионӣ карда мешавад.

Дар асоси таҳлилҳои экспериментали гузаронидашуда муайян гардид, ки чунин коркарди иловагӣ боиси 3,5% талафоти биоэтаноли 96^0 мегардад, лекин биоэтаноли 96^0 ба этаноли 98^0 мубаддал мегардад. Таҳқиқоти гузаронидашудаи минбаъда муайян намуд, ки чунин навъи биоэтанол метавонад ҳамчун модификаторҳои беҳтаркунандаи афзалиятҳои экологӣ ва энергиябарандагии сӯзишвориҳои бензинӣ истифодашаванда бошад.

«Партови асосии сӯзишвориҳои нафтӣ газҳои ихроҷшуда ва аэрозолҳо ба ҳисоб мераванд. Газҳое, ки ҳангоми сӯхтани сӯзишвориҳои муҳаррикии нақлиёти автомобилӣ хориҷ мегарданд, маҳсули реаксияи химиявии оксидшавии нопурраи сӯзишвории карбогидрогенӣ мебошанд. Маҳз ҳамин газҳои ихроҷшудаи муҳаррикӣ боиси сабаби асосии зиёд гардидани ғализоти иҷозатдодашудаи моддаҳои заҳрнок ва канцерогенҳо дар атмосфераи шаҳрҳои калон ва аҳолии зичдошта мегарданд» [9].

Таҳқиқоти гузаронидашуда ва мушоҳидаҳо нишон дод, ки «тамбашавии ҳаракати нақлиёти автомобилӣ боиси аз меъёр зиёд хориҷ гаштани партовҳои газӣ ва аэрозолӣ гардида, дар натиҷа сабаби маъмулии заҳролудшавӣ дар ҷойҳои маҳдуд мегардад. Ғализоти партовҳои марбут ба моддаҳои ифлоскунандае, ки аз нақлиёти автомобилӣ ба атмосфера партофта мешавад, он аз рӯйи хаҷми умумӣ ва таркиби газҳои хориҷшуда муайян карда мешавад. Ғализоти ифлоскунандаҳо, асосан аз рӯйи миқдори умумии сарфи Сӯзишворӣ нисбат ба масофаи тайнамудаи нақлиёти автомобилӣ муайян карда мешавад» [5].

«Аз Душанбе то даромадгоҳи ҷанубии нақби «Истиқлол» роҳ дар масофаи тақрибан 55 км (бо хати рост) тақрибан 1800 м баланд мешавад. Дар ин қитъа фишори атмосферӣ қариб панҷяк паст мегардад, вале меъёрҳои таркиби моддаҳои зараровар дар газҳои истифодашуда ва усулҳои санҷиши онҳо барои ҳамворӣ ва баландкӯҳ ягонаанд» [3]. Таҳқиқоти хориҷӣ нишон медиҳад, ки таъсири баландӣ ба партовҳо аз навъи муҳаррик, реҷаи кор ва усули ченкунӣ вобаста буда, якхела нест. Дар шароити Тоҷикистон ин масъала асосан аз нигоҳи сарфи сӯзишворӣ ва бехатарии ҳаракат омӯхта шудааст, ҷанбаи экологии он кам таҳқиқ гардидааст.

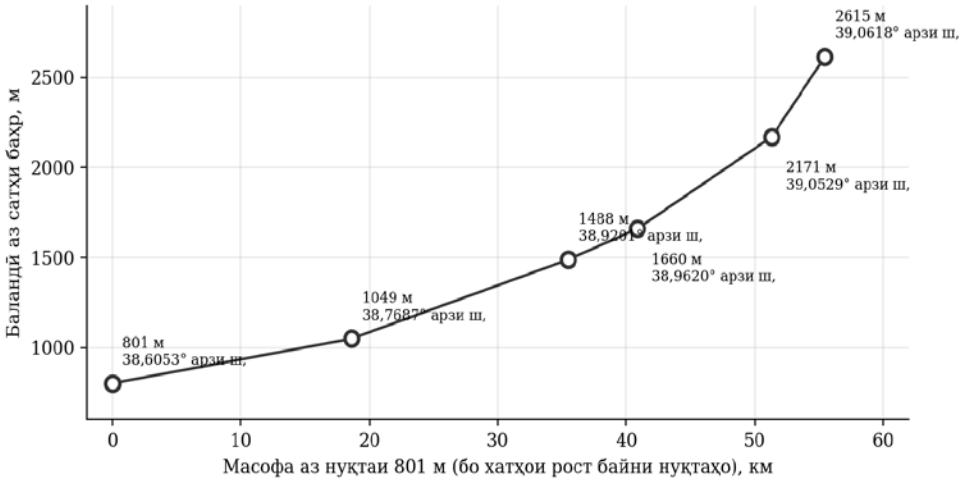
Мақсади ин зербоб – миқдоран арзёбӣ кардани тағйири консентратсияи CO, CH, NO_x ва CO_2 дар газҳои истифодашудаи автомобили бензинӣ дар фосилаи баландиҳои 801-2615 м дар шароити воқеии роҳ. Натиҷаҳо барои муқоисаи минбаъдаи бензин ва омехтаҳои бензин-биоэтанол ҳамчун «хатти асосӣ» хизмат мекунанд.

Объект ва усули озмоиш. Объекти озмоиш автомобили сабукрави Lexus RX 450h (соли истеҳсол 2015) бо дастгоҳи қувваи гибридӣ ва муҳаррики бензинӣ буд. Ченкуниҳо 22.09.2026 ҳангоми баромадан аз роҳи Душанбе – нақби «Истиқлол» дар водии дарёи Варзоб, аз ноҳияи МБГ-и Душанбе то даромадгоҳи ҷанубии нақб гузаронида шуданд. Шаш нуқтаи ченкунӣ дар баландиҳои 801, 1049, 1488, 1660, 2171 ва 2615 м интихоб гардиданд (ҷадвали 5); координатаҳо ва баландиҳо бо барномаи GPS Info бо дақиқии 4-9 м муайян карда шуданд. Буриши тӯлии қитъа дар расми 5 нишон дода шудааст.

Ҷадвали 5. – Нуқтаҳои ченкунӣ ва шароити гузаронидани озмоиш

Баландӣ, м	Арзи шимолӣ, °	Тӯли шарқӣ, °	Фишор, кПа	$t_ҳ$, °C	$n_{ГОЗ}$, дақ$^{-1}$	$n_{ГБЗ}$, дақ$^{-1}$
801	38,60528	68,77242	92,3	31	677	2547
1049	38,76874	68,81922	87,45	29	672	2533
1488	38,92015	68,80927	85,36	27	665	2533
1660	38,96203	68,77771	83,9	26	673	2583
2171	39,05289	68,74636	78,3	25	672	2583
2615	39,06175	68,70007	74,6	24	673	2558

Эзоҳ: $t_ҳ$ – ҳарорати ҳаво; n – басомади миёнаи гардиши зонунавард дар силсила; ГОЗ – Гардиши озоди зонунавард; ГБЗ – гардиши баланди зонунавард.



Расми 6. – Буриши тӯлии қитъаи Душанбе – нақби «Истиқлол» бо нуқтаҳои ченкунӣ

Таркиби газҳои истифодашуда бо газтаҳлилкунандаи чоркомпонентаи «Автотест» (истеҳсоли ҶДММ «МЕТА») муайян карда шуд. Зонди намунагир ба қубури ихроҷ гузошта мешуд (расми 7). Муҳаррик то ҳарорати корӣ гарм карда шуд: ҳарорати равған дар ҳамаи силсилаҳо 84-88 °C буд. Дар ҳар нуқта ду силсилаи шашченкунӣ иҷро гардид: дар гардиши холӣ (ГОЗ, 630-700 дақ$^{-1}$) ва дар гардиши баланди зонунавард (ГБЗ, 2350-2700 дақ$^{-1}$); ҳамагӣ 72 ченкунӣ ба даст омад. Нишондоди CH ва NO_x бо дискретии 1 млн$^{-1}$ сабт шуданд.



Расми 7. – Раванди ченкунӣ бо газтаҳлилкунандаи «Автотест» дар роҳи Душанбе – нақби «Истиқлол»

Натиҷаҳои ченкуниҳои мустақим барои силсилаи n = 6 коркард шуданд. Қимати миёна ва инҳирофи миёнаи квадратии ченкунии алоҳида бо формулаҳои (3), сарҳадҳои фосилаи эътимод ва хатогии нисбӣ бо формулаҳои (4) ҳисоб карда шуданд:

$$\bar{x} = (1/n)\cdot\Sigma x_i; \quad S = \sqrt{[\Sigma(x_i - \bar{x})^2 / (n - 1)]}, \tag{3}$$

$$\Delta x = t(P; n)\cdot S/\sqrt{n}; \quad \varepsilon = \Delta x / \bar{x} \cdot 100\ \%, \tag{4}$$

дар ин ҷо t(P; n) = 2,571 – коэффитсиенти Стюдент ҳангоми эҳтимолияти эътимоди P = 0,95 ва n − 1 = 5 дараҷаи озодӣ. Вобастагии ҳар нишондиҳанда аз баландии H (км) бо модели хаттӣ тавсиф карда шуд:

$$y = a + b\cdot H, \tag{5}$$

ки параметрҳои он бо усули квадратҳои хурдтарин аз рӯйи 36 ченкунии инфиродии ҳар реҷа ёфта шуданд. Аҳаммияти коэффитсиенти b бо t-меъёр, фарқи байни гурӯҳҳои баландӣ бо таҳлили дисперсионии якомила ва фарқи реҷаҳо дар як нуқта бо меъёри Уэлч санҷида шуд; сатҳи аҳаммият 0,05 қабул гардид.

Натиҷаҳо. Натиҷаҳои ҷамъбастӣ дар ҷадвали 6, параметрҳои вобастагиҳо аз баландӣ дар ҷадвали 7 ва тасвири графикии онҳо дар расми 8 оварда шудаанд.

Ҷадвали 6. – Миқдори компонентҳо дар газҳои истифодашуда, $\bar{x} \pm \Delta x$ (P = 0,95; n = 6)

Нишондиҳанда	Реҷа	801 м	1049 м	1488 м	1660 м	2171 м	2615 м
CO, %	ГОЗ	0,077 ± 0,014	0,085 ± 0,011	0,088 ± 0,015	0,080 ± 0,016	0,063 ± 0,023	0,058 ± 0,028
	ГБЗ	0,173 ± 0,031	0,120 ± 0,024	0,127 ± 0,029	0,150 ± 0,033	0,143 ± 0,055	0,157 ± 0,043
CH, млн$^{-1}$	ГОЗ	15,17 ± 0,43	18,67 ± 0,54	22,17 ± 0,43	25,17 ± 0,43	29,00 ± 0,66	32,33 ± 1,08
	ГБЗ	14,50 ± 0,57	18,33 ± 0,86	21,50 ± 1,10	24,67 ± 0,86	28,17 ± 1,39	32,67 ± 2,45
NO_x, млн$^{-1}$	ГОЗ	5,83 ± 1,03	4,50 ± 1,10	3,33 ± 1,08	2,33 ± 0,54	1,33 ± 1,08	0,67 ± 0,54
	ГБЗ	7,83 ± 0,79	6,83 ± 0,79	5,50 ± 0,57	4,17 ± 0,79	3,33 ± 0,54	1,33 ± 0,54
CO_2, %	ГОЗ	14,13 ± 0,40	13,78 ± 0,42	13,31 ± 0,39	12,96 ± 0,34	12,53 ± 0,20	12,12 ± 0,60
	ГБЗ	14,76 ± 0,53	14,42 ± 0,22	14,20 ± 0,22	13,89 ± 0,29	13,72 ± 0,32	13,58 ± 0,42

Карбогидрогенҳо ба баландӣ аз ҳама бештар ҳассосанд. Дар ГОЗ консентратсияи онҳо аз 15,17 ± 0,43 млн$^{-1}$ дар наздикии Душанбе то 32,33 ± 1,08 млн$^{-1}$ дар баландии 2615 м афзуд, дар ГБЗ аз 14,50 ± 0,57 то 32,67 ± 2,45 млн$^{-1}$. Афзоиш қариб хаттӣ аст: коэффитсиенти b 9,37 млн$^{-1}$/км дар ГОЗ ва 9,67 млн$^{-1}$/км дар ГБЗ, коэффитсиенти детерминатсия 0,978 ва 0,952 мебошад. Реҷаи кор ба миқдори CH амалан таъсир намерасонад: фарқи аҳаммиятнок байни ГОЗ ва ГБЗ танҳо дар нуқтаи 801 м ($p = 0,04$) дида шуд, дар дигар нуқтаҳо $p = 0,19–0,76$.

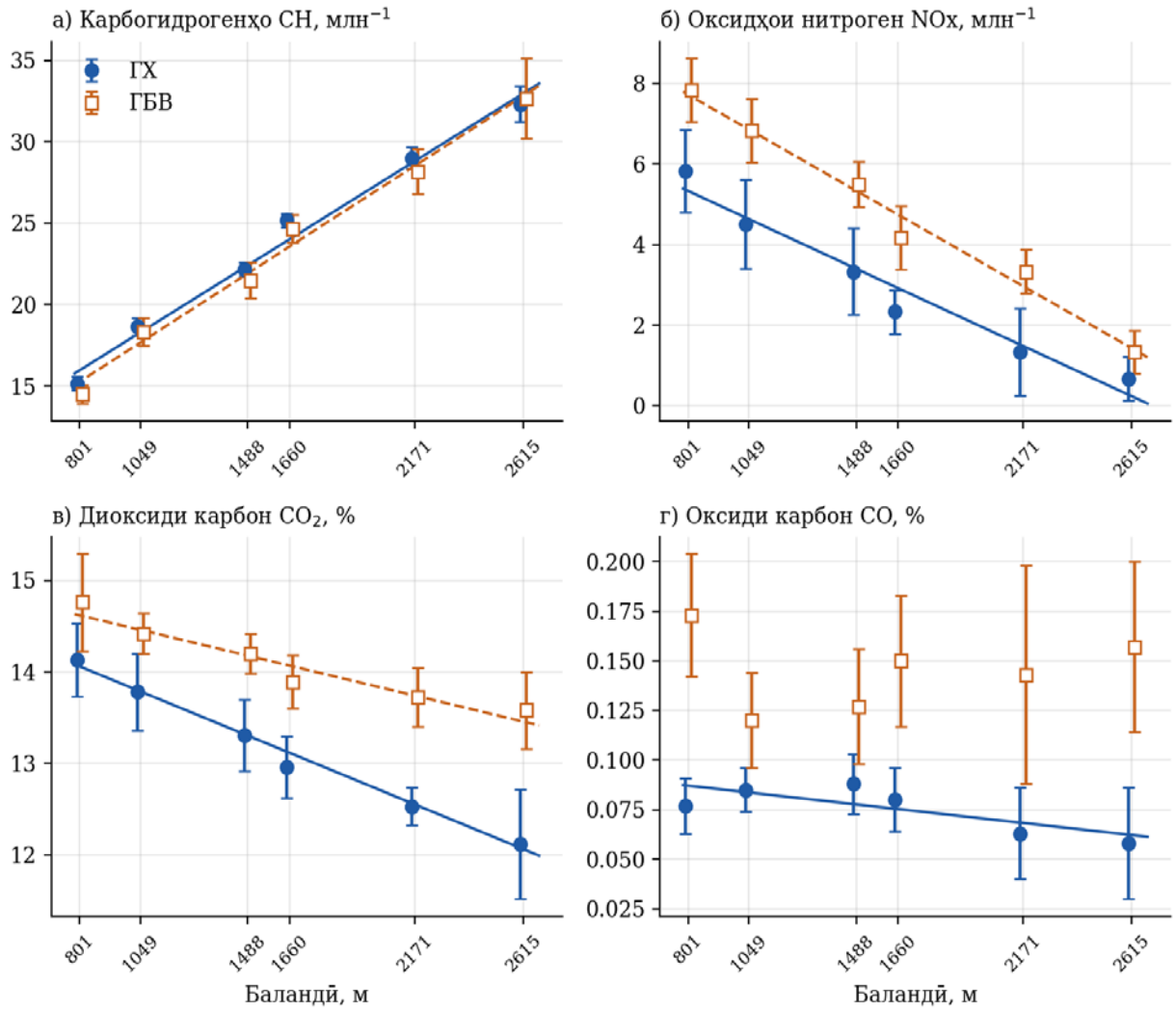
Оксидҳои нитроген рафтори баръакс доранд. Дар ГОЗ миқдори миёнаи NO_x аз 5,83 то 0,67 млн$^{-1}$ (88,6%), дар ГБЗ аз 7,83 то 1,33 млн$^{-1}$ (83,0%) кам шуд. Қиматҳои мутлақ дар ин ҷо хурд буда, бо дискретии ҳисоб (1 млн$^{-1}$) қиёспазиранд; аз ин рӯ, дар нуқтаҳои 2171 ва 2615 м хатогии нисбии силсилаҳои ГОЗ то 81% мерасад. Бо вуҷуди ин, тамоюл возеҳ аст ($R^2 = 0,79$ ва 0,91; $p < 0,001$).

Ҷадвали 7. – Параметрҳои вобастагии хаттии y = a + b·H (H, км) аз рӯйи 36 ченкунии ҳар реҷа

Нишондиҳанда	Реҷа	a	b, воҳ./км	R^2	p (b)	p (ANOVA)	Δ, %
Оксиди карбон CO, %	ГОЗ	0,098	−0,0137	0,187	0,008	0,039	−23,9
	ГБЗ	0,142	0,0019	0,001	0,854	0,137	−9,6
Карбогидрогенҳо CH, млн$^{-1}$	ГОЗ	8,47	9,37	0,978	< 0,001	< 0,001	+113,2
	ГБЗ	7,53	9,67	0,952	< 0,001	< 0,001	+125,3
Оксидҳои нитроген NO_x, млн$^{-1}$	ГОЗ	7,58	−2,81	0,793	< 0,001	< 0,001	−88,6
	ГБЗ	10,50	−3,47	0,914	< 0,001	< 0,001	−83,0
Дуоксиди карбон CO_2, %	ГОЗ	14,94	−1,10	0,781	< 0,001	< 0,001	−14,2
	ГБЗ	15,13	−0,64	0,599	< 0,001	< 0,001	−8,0

Эзоҳ: Δ – тағйири қимати миёна дар нуқтаи 2615 м нисбат ба нуқтаи 801 м.

Ҳиссаи ҳаҷмии CO_2 дар ГОЗ 14,2% (аз 14,13 то 12,12%) ва дар ГБЗ 8,0% (аз 14,76 то 13,58%) кам шуд. Барои CO вобастагии устувор аз баландӣ вуҷуд надорад. Дар ГБЗ регрессия аҳаммиятнок нест ($p = 0,85$) ва таҳлили дисперсионӣ фарқи байни нуқтаҳоро ошкор накард ($p = 0,14$). Дар ГОЗ алоқа формалан аҳаммиятнок ($p = 0,008$), вале заиф аст ($R^2 = 0,19$) ва ба самти коҳиши CO бо баландӣ равона шудааст. Дар ҳамаи нуқтаҳо ГБЗ нисбат ба ГОЗ миқдори баландтари CO, NO_x ва CO_2 дод (меъёри Уэлч, $p < 0,05$).



Расми 8. – Вобастагии миқдори CH (а), NO_x (б), CO_2 (в) ва CO (г) аз баландӣ: нуқтаҳо – қиматҳои миёна бо фосилаи эътимод (P = 0,95), хатҳо – регрессияҳои аҳаммиятнок; ● – ГОЗ, □ – ГБЗ

Муҳокимаи натиҷаҳо. Чаро миқдори карбогидрогенҳо қариб ду баробар меафзояд, вале CO тағйир намеёбад? Системаи идоракунии муосир бо алоқаи баръакс аз датчикҳои оксиген таркиби омехтаро ҳатто ҳангоми паст шудани зичии ҳаво ба стехиометрӣ наздик нигоҳ медорад; бойшавии омехта, ки ба муҳаррикҳои карбюраторӣ хос аст, дар ин ҷо интизор намеравад. «Афзоиши CH бо маълумоти камераи баландӣ мувофиқ аст, ки онро ба бадшавии сӯзиш нисбат медиҳанд» [18]: ҳангоми зичии камтари заряд фишор ва ҳарорати охири фишурдан паст мешаванд, шуъла сусттар паҳн мегардад ва ҳиссаи сӯзишвории насӯхта дар назди деворҳо ва холигиҳои камера меафзояд. Ин механизмро бо маълумоти мавҷуда мустақиман санҷидан ғайриимкон аст. Он ҳоло фарзия боқӣ мемонад.

«Коҳиши NO_x бо ҳамон сабаб, вале бо аломати баръакс шарҳ дода мешавад: ҳосилшавии оксидҳои нитроген асосан аз ҳарорати авҷи сӯзиш вобаста аст ва ҳангоми заряди тунук ин ҳарорат пасттар мебошад. Коҳиши монанди NO_x дар қитъаи ибтидоии афзоиши баландӣ» [18] тавсиф шудааст; «дар муҳаррики дизелӣ дар гардиши холӣ ин таъсир зоҳир нагардидааст» [25], ки вобастагии натиҷаро аз навъи раванди корӣ нишон медиҳад.

Тағйири CO_2 таваҷҷуҳи алоҳида талаб мекунад. Фишори атмосферӣ байни нуқтаҳои канорӣ 19,2%, зичии ҳаво бо назардошти ҳарорат тахминан 17,3% ва ҳиссаи ҳаҷмии CO_2 дар ГОЗ 14,2% паст шуд. Коэффитсиенти коррелятсияи қиматҳои миёнаи CO_2

бо фишор 0,98 (ГОЗ) ва 0,97 (ГБЗ) мебошад. Чунин наздикӣ нишон медиҳад, ки қисми коҳиш метавонад на аз раванди сӯзиш, балки аз кори канали оптикии газтаҳлилкунанда ҳангоми фишори пасти намуна вобаста бошад. Агар асбоб ислоҳи худкор аз рӯйи фишор надошта бошад, нишондоди он дар кӯҳ ҳисоби дубора талаб мекунанд. Коҳиши ҳиссаи ҳаҷмии CO_2 маънои коҳиши партови массавӣ ба ҳар километри роҳро надорад: озмоишҳои роҳӣ, баръакс, афзоиши партови CO_2-ро бо баландӣ қайд мекунанд. Зиддият дар ин ҷо нест, зеро бузургиҳои гуногун чен карда мешаванд.

Аз рӯйи миқдори CO автомобил дар ҳамаи нуқтаҳо ба ҳадди «ГОСТ 33997–2016 барои воситаҳои нақлиёти синфи экологии 4 ва болотар (0,3% дар басомади ҳадди ақал ва 0,2% дар басомади баланди гардиш) мувофиқ аст» [3]. Бо карбогидрогенҳо вазъ дигар аст: ҳангоми ду баробар афзудани CH захира то ҳадди меъёрӣ дар автомобилҳои дорои системаҳои фарсудаи оташгиронӣ ва безараргардонӣ метавонад дар кӯҳ пештар аз ҳамворӣ тамом шавад.

Маҳдудиятҳои озмоиш возеҳанд. Як автомобил озмуда шуд, бинобар ин фосилаҳои эътимод такроршавандагии ченкуниро тавсиф мекунанд, на парокандагиро дар парк. Баландӣ ва ҳарорати ҳаво (аз 24 то 31 °C) якҷоя тағйир ёфтанд ва ҷудо кардани таъсири онҳо аз рӯйи ин маълумот ғайриимкон аст. Ченкуниҳо дар автомобили беҳаракат, бе сарбории хоси баромадан, анҷом ёфтанд; ба таъсири воқеии «нишебии роҳ» [19] ва «тарзи ҳаракат» [17] низ илова мешаванд. «Аз рӯйи консентратсияҳо дар бораи партовҳои массавӣ, ки барои инвентаризатсияи газҳои гулхонаӣ лозиманд» [7], хулоса баровардан мумкин нест; барои ин озмоишҳо бо системаи бортии ченкунии сарфи газҳои истифодашуда (PEMS) зарур мебошанд.

Ҳангоми баромадан аз 801 то 2615 м (паст шудани фишор аз 92,3 то 74,6 кПа) консентратсияи карбогидрогенҳо дар газҳои истифодашудаи автомобили гибридии бензинӣ 113,2% (ГОЗ) ва 125,3% (ГБЗ) афзуд, ки тақрибан 9,4–9,7 млн$^{-1}$ ба ҳар 1000 м мебошад; NO_x 83,0–88,6% ва ҳиссаи ҳаҷмии CO_2 8,0–14,2% кам шуданд, CO бошад, вобастагии устувор надорад (қиматҳои миёна ≤ 0,18%). Маҳз афзоиши CH дар баландӣ ҳадафи асосии истифодаи оксигенатҳо, аз ҷумла биоэтанол мегардад.

Асосноккунии истифодаи омехтаҳои бензин-биоэтанол дар шароити баландкӯҳ

Натиҷаҳои зербоби 3.3.2 мушкилро равшан нишон медиҳанд: бо баландӣ на CO, балки карбогидрогенҳои насӯхта меафзоянд. Оё иловаи биоэтанол ин афзоишро ҷуброн карда метавонад? Ҷавоби бевоситаро танҳо озмоиши муқоисавӣ дар ҳамон масир ва бо ҳамон протокол медиҳад. Дар ин ҷо заминаи назариявӣ ва маълумоти адабиёт ҷамъбаст мешавад.

Молекулаи этанол (C_2H_5OH) тахминан 34,7% оксигени массавӣ дорад. Дар омехтаи E10 (10% ҳаҷмии этанол) ҳиссаи оксиген дар сӯзишворӣ тахминан 3,5-3,7% (массавӣ) аст. Барои сӯзиши стехиометрии 1 кг бензин тахминан 14,6–14,7 кг ҳаво лозим аст, барои E10 бошад, тахминан 14,1 кг. Агар ин бузургиҳо бо паст шудани зичии ҳаво дар масири Варзоб (тахминан 17,3% байни нуқтаҳои 801 ва 2615 м) муқоиса шаванд, маълум мегардад, ки оксигени сохтории E10 норасоии ҳаворо ҷуброн намекунад. Нақши воқеии оксигенатҳо дигар аст: дар муҳаррикҳои бе алоқаи баръакс (карбюраторӣ, куҳна) онҳо омехтаро камбағалтар карда, пуррагии сӯзишро дар минтақаҳои маҳаллии бой беҳтар менамоянд.

Маълумоти адабиёт ин хулосаро дақиқ мекунад. «Дар омехтаҳои паст (E5-E20) коҳиши CO ва HC бештар дар муҳаррикҳои карбюраторӣ ва реҷаҳои бо омехтаи бой зоҳир мешавад, NO_x бошад, вобаста ба реҷа ҳам меафзояд ва ҳам кам мешавад» [22]. «Дар Богота (тахминан 2600 м) ҳангоми E20 дар қудрат, сарфи сӯзишворӣ ва партовҳои танзимшаванда фарқи оморан аҳаммиятнок ошкор нашуд, вале партови формалдегид, этан, этилен ва этанол 20-40% кам гардид» [23]. «Дар стенди муҳаррик дар ҳамон баландӣ сарфи хоси сӯзишворӣ дар 4300 дақ.$^{-1}$ бо иловаи этанол 7–55% афзуд» [15]. «Дар ченкуниҳои роҳӣ E10 формалдегидро ба ҳисоби миёна 14% зиёд кард» [20].

Ҷадвали 8. – Таъсири интизоршавандаи омехтаи Е10 нисбат ба бензини Е0 дар шароити баландкӯҳ (аз рӯйи маълумоти адабиёт)

Нишондиҳанда	Тамоюли интизоршаванда	Шартҳо ва эзоҳ	Манбаъ
CO	кам мешавад ё тағйир намеёбад	коҳиш асосан дар муҳаррикҳои карбюраторӣ ва реҷаҳои бой; дар системаҳои бо идоракунии λ ночиз	[22, 13]
CH (HC)	кам шудан имконпазир аст	самара бояд маҳз дар баландкӯҳ, ки CH меафзояд, санҷида шавад (зербоби 3.3.2)	[15, 22]
NO_x	аз реҷа вобаста (±)	дар гардишҳои паст метавонад кам, дар баланд зиёд шавад	[15, 20, 22]
Алдегидҳо	меафзоянд	формалдегид дар Е10 ба ҳисоби миёна +14%; дар омехтаҳои баланд алдегиди атсетат чандкарата	[20, 21]
Сарфи ҳаҷмии сӯзишворӣ	каме меафзояд	бо гармии пасттари сӯзиши этанол алоқаманд аст; бо ченкунӣ тасдиқ карда шавад	[15, 22]
Устувории фазавӣ	хатар ҳангоми ҳузури об	барои омехта этаноли беоб лозим аст; миқдори об мувофиқи EN 15376	[14, 16]

Аз гуфтаҳои боло се хулосаи амалӣ бармеояд. Якум, интизор шудани коҳиши 20–30%-и сарфи сӯзишворӣ бо Е10 асос надорад: сарфи ҳаҷмӣ бо назардошти гармии пасттари сӯзиши этанол одатан каме меафзояд. Дуюм, самараи экологии Е10 дар автомобилҳои муосир бештар дар CH ва партовҳои танзимнашаванда, дар парки куҳнаи карбюраторӣ дар CO низ интизор меравад. Сеюм, назорати алдегидҳо ҳатмист, зеро онҳо бо иловаи этанол меафзоянд.

Талаботи сифат низ ҳалкунанда аст. «Барои омехта бо бензин этаноли беоб лозим аст, ки миқдори об дар он тибқи EN 15376 ба ҳиссаҳои даҳуми фоиз маҳдуд мебошад» [14]. Этаноли 96–98%, ки дар зербоби 3.2.5 ба даст омадааст, ба ин талабот ҷавоб намедиҳад: «азеотропи этанол–об бо ректификатсияи оддӣ шикаста намешавад» [16] ва ҳузури об дар омехта хатари ҷудошавии фазаҳоро ба миён меорад. Бинобар ин, пеш аз озмоишҳои нақлиётӣ марҳилаи обгирӣ ва санҷиши сифати омехта тибқи ГОСТ 32513–2013 зарур аст.

Пешниҳодот оид ба арзёбии истифодаи биоэтанол ҳамчун сӯзишвории экологӣ дар нақлиёти автомобилӣ:

1. Ашёи хом ва технология: Муайян карда шуд, ки коркарди биотехнологии ғӯзапояи пахта имкон медиҳад, то дар шароити Тоҷикистон манбаи устувори ашёи хом барои истиҳсоли биоэтаноли насли дуюм ($2G$) ба вуҷуд оварда шавад. Ин раванд сӯзондани биомассаро дар саҳроҳо ба куллӣ кам карда, ҳаҷми партови газҳои гулхонагиро (CO_2) дар бахши аграрӣ коҳиш медиҳад.

2. Маҳсулоти комплексӣ: Нишон дода шуд, ки технологияи таҳияшудаи гидролизи кислотавии ғӯзапоя (ҳосили таҷрибавии этанол бояд дақиқ карда шавад) имкон медиҳад, то маҳсулоти иловагии арзишманд – консентрати полифенолии госсипол (барои соҳаи фармасевтӣ), кислотаҳои лиму ва себ (барои саноати хӯрокворӣ) ба таври комплексӣ ҷудо карда шаванд.

3. Оптимизатсияи сӯзишворӣ: Дар асоси омӯзиши хосиятҳои физикию кимиёвии сӯзишвории омехтаи бензин-этанолӣ омехтаи Е10 (10% ҳаҷмии биоэтаноли беоб) ҳамчун таносуби ибтидоӣ барои озмоиш пешниҳод мешавад; устувории фазавӣ ва мутобиқати он бо муҳаррикҳо бояд таҷрибавӣ тасдиқ карда шавад.

4. Самаранокии экологӣ дар баландкӯҳ: Дар роҳи Душанбе – нақби «Истиқлол» бо баландшавӣ аз 801 то 2615 м консентратсияи CH дар газҳои истифодашуда қариб ду

баробар (113–125%) афзуда, NOx 83–89% ва CO_2 8–14% кам шуд. Ин натиҷаҳо зарурати санҷиши омехтаҳои биоэтанолӣ маҳз дар шароити баландкӯҳ ва ворид кардани ислоҳи фишорро ба усули назорати захрнокӣ нишон медиҳанд.

5. Истифодаи васеи биоэтанол ҳамчун иловаи сӯзишворӣ: Таҳқиқот нишон дод, ки илова кардани биоэтанол ба бензин метавонад ба беҳтар шудани хусусиятҳои экологии партови муҳаррикҳо оварда расонад. Бинобар ин, истифодаи биоэтанолро ҳамчун иловаи сӯзишворӣ дар нақлиёти автомобилӣ бояд ҳавасманд ва ҷорӣ кард.

6. Такмили технологияи истеҳсоли биоэтанол аз ғӯзапоя: Коркарди технологияи нави истеҳсоли биоэтанол аз ғӯзапоя имкон медиҳад, ки ашёи хоми партовҳо ва маҳсулоти иловагӣ самаранок истифода шаванд. Ин технологияро бояд минбаъд такмил дод ва дар амал татбиқ намуд.

7. Ҳавасмандгардонии истифодаи нақлиёти дорои партовҳои кам: Таҳқиқот нишон дод, ки партовҳои нақлиёт вобаста ба намуди сӯзишворӣ ва минтақаи истифодашаванда фарқ мекунанд. Ҳукумат ва ҷомеа бояд истифодаи нақлиётеро, ки партовҳои камтар хориҷ мекунад, аз ҷумла нақлиёти муҷаҳҳаз бо муҳаррикҳои биоэтанолӣ ҳавасманд гардонанд.

8. Гузаронидани таҳқиқоти иловагӣ дар соҳаи истифодаи биоэтанол. Барои пурра дарк кардани потенциали биоэтанол ҳамчун сӯзишвории экологӣ ва оптимизатсияи истифодаи он гузаронидани таҳқиқоти иловагӣ зарур аст. Ин метавонад таҳқиқоти такмили технологияи истеҳсол, омӯзиши таъсири дарозмуддати истифодаи биоэтанол ба муҳаррикҳо ва муҳити зист, инчунин таҳлили иқтисодии истифодаи онро дар бар гирад.

9. Баланд бардоштани маърифати ҷомеа дар бораи афзалиятҳои истифодаи биоэтанол. Барои ҳавасманд кардани истифодаи васеи биоэтанол муҳим аст, ки аҳолӣ аз фоидаҳои экологӣ ва иқтисодии он огоҳ бошанд. Ташкили барномаҳои иттилоотӣ ва маърифатӣ метавонад ба ҳалли ин масъала мусоидат кунад.

Ин пешниҳодот бевосита аз натиҷаҳои асосии таҳқиқоти дар боб тасвиршуда бармеоянд ва ба мақсади асосии он – арзёбии истифодаи биоэтанол ҳамчун сӯзишвории экологӣ дар нақлиёти автомобилӣ равона карда шудаанд. Тавсияҳои мушаххаси пешниҳодгардида метавонанд ба беҳтар шудани вазъи экологӣ тавассути истифодаи васеи биоэтанол мусоидат намоянд.

Хулосаҳо

1. Дар асоси таҳлили адабиёти илмӣ ва усулҳои химияи органикӣ ва усулҳои таҳлили биохимиявӣ таркиби химиявии карбогидрогенҳои нафтии марбута ба фраксияи бензинии нафтӣ мавриди таҳлил ва омӯзиш қарор дода шуда, эҳтимоли таъсири манфии онҳо ба фаъолияти муътадили растаниҳо ва организми инсон муайян карда шудааст. Дар баробари идентификатсияи таркиби химиявии карбогидрогенҳои нафтӣ инчунин, мушкилоти экологии соҳаи мазкур ошкор гардида, роҳҳои бартараф намудани он муайян карда шудааст [2-М, 4-М, 5-М, 7-М, 11-М, 12-М, 18-М, 19-М].

2. Тавассути усули биотехнологӣ технологияи муфид ва аз ҳаммонандҳои худ афзалияти экологидоштаи ҳосил намудани биоэтанол дар асоси ғӯзапояи пахта коркард гардидааст. Муайян карда шудааст, ки истифодаи ғӯзапояи пахта ҳамчун ашёи хоми ибтидоӣ дар истеҳсол намудани биоэтанол нисбат ба технологияҳои маълум ва ҳаммонанди он дорои як зумра афзалиятҳои экологӣ мебошад. Дар рафти амалӣ намудани вазифаҳои гузошташуда ҷанбаҳои экологӣ, биохимиявӣ, физикию химиявӣ ва технологии он таҳқиқ гардидааст. Бо мақсади баланд бардоштани самаранокии экологии технологияи коркардгардида, пеш аз туршонидани ферментативӣ технологияи муфиди бойгардонии ангиштобҳои таркиби ғӯзапояи пахта коркард гардидааст [4-М, 7-М, 11-М, 12-М, 20-М].

3. Бо мақсади истифодаи биоэтаноли ҳосилкардашуда ҳамчун модификатори коҳишдиҳандаи партовҳои газии аз нақлиёти автомобили хориҷшаванда он коркарди махсус карда мешавад, ки дар натиҷа он ба биоэтаноли ғализаташ 98% табдил дода мешавад. Ин консентратсия барои омехта бо бензин нокифоя буда, марҳилаи иловагии

обгирӣ то сатҳи этаноли сӯзишворӣ талаб мекунад. Дар асоси таҳлили маълумоти адабиёт ва ҳисоби тавозуни оксиген нишон дода шуд, ки омехтаи Е10 норасоии ҳаворо дар баландкӯҳ ҷуброн намекунад, вале метавонад партови CH ва CO-ро дар муҳаррикҳои бе алоқаи баръакс коҳиш диҳад; ин самара бояд тибқи барномаи таҷрибаҳои иловагӣ тасдиқ карда шавад [4-М, 7-М, 11-М, 12-М, 13-М, 18-М, 19-М, 20-М].

4. Дар роҳи Душанбе – нақби «Истиқлол» бо баландшавӣ аз 801 то 2615 м (паст шудани фишор аз 92,3 то 74,6 кПа) консентратсияи карбогидрогенҳо дар газҳои истифодашудаи автомобили гибридии бензинӣ 113,2% (дар гардиши холӣ) ва 125,3% (дар гардиши баланд) афзуд, ки тақрибан 9,4–9,7 млн$^{-1}$ ба ҳар 1000 м мебошад (R^2 = 0,95–0,98). Миқдори NO_x 83,0–88,6% ва ҳиссаи ҳаҷмии CO_2 8,0–14,2% кам шуд; вобастагии устувори CO аз баландӣ ошкор нашуд (қиматҳои миёна ≤ 0,18%) [13-М].

5. Наздикии коҳиши ҳиссаи ҳаҷмии CO_2 ба коҳиши фишори атмосферӣ зарурати ба назар гирифтани усули ҷубронкунии фишорро дар газтаҳлилкунандаҳо ҳангоми назорати заҳрнокӣ дар кӯҳ нишон медиҳад. Барои арзёбии бори экологии роҳҳои кӯҳии Тоҷикистон гузариш аз консентратсияҳо ба партовҳои хоси массавӣ (г/км) ва васеъ кардани интихоби автомобилҳо зарур аст [13-М].

Тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳои таҳқиқот

1. Ба Кумитаи ҳифзи муҳити зисти назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон: Тавсия дода мешавад, ки вобастагиҳои муайяншудаи таркиби газҳои истифодашуда аз баландӣ (аз ҷумла ислоҳи фишор дар усули назорати заҳрнокӣ) ҳангоми таҳияи стандартҳои миллии экологӣ ва мониторинги сифати ҳавои атмосферии шаҳрҳои бузург ва шоҳроҳҳои баландкӯҳи ҷумҳурӣ истифода бурда шаванд.
2. Ба Вазорати кишоварзии Ҷумҳурии Тоҷикистон: Тавсия дода мешавад, ки усули ҷамъоварӣ ва коркарди саноатии ғӯзапояи пахта ҳамчун технологияи «сабз» барои пешгирӣ аз сӯзондани маводи биологӣ дар заминҳои кишт ҷорӣ карда шавад.
3. Ба Вазорати саноат ва технологияҳои нави Ҷумҳурии Тоҷикистон: Тавсия дода мешавад, ки схемаи технологии комплексии коркарди ғӯзапоя (бо ҷудокунии госсипол ва кислотаҳои органикӣ) ҳангоми лоиҳакашии корхонаҳои хурд ва миёнаи кимиёвию фармасевтӣ дар доираи барномаи давлатии ивазкунандаи воридот ба назар гирифта шавад.
4. Ба ширкатҳои таъминкунандаи сӯзишворӣ (масалан, «Газпромнефть-Таджикистан» ва ғ.): Тавсия дода мешавад, ки пас аз тасдиқи сифати омехтаи Е10 тибқи ГОСТ 32513–2013 ва натиҷаҳои озмоишҳои иловагӣ, истифодаи озмоишии он дар воситаҳои нақлиёти минтақаҳои кӯҳистон баррасӣ карда шавад.

Руйхати адабиёт

1. Абдуллоев, М.А. Влияние термодинамических параметров горной среды на энергетические показатели автотракторных двигателей внутреннего сгорания: дис. … канд. техн. наук: 01.04.14 / М.А. Абдуллоев. – Душанбе, 2004. – 136 с.

2. ГОСТ 32513–2013. Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия: межгосударственный стандарт. – Текст: электронный.

3. ГОСТ 33997–2016. Колёсные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки: межгосударственный стандарт. – Москва: Стандартинформ, 2017. – Текст: электронный.

4. Гулахмадов Х.Ш. Безотходное производство нефтегазовой отрасли [Текст] / Д.Э. Иброгимов, Х.Ш. Гулахмадов // Вестник ТТУ им.акд.М.С. Осими. – 2014. –№2(26). – С.124-125.

5. Амиров, О.Х. Защита атмосферы от выбросов крупных энергетических объектов [Текст] / Х.Ш. Гулахмадов, О.Х. Амиров, Б. Каримов // Материалы республиканской научно-практической конференции, посвященной 35-летию кафедры «Технологии машиностроения». – Душанбе, 2009.- С.184-186.

6. Махмудова, Т.М. Модернизированный способ определения кислотного числа нефтяного масла / Иброгимов Д.Э., Гулахмадов Х.Ш, Махмудова Т.М. // Вестник Таджикского национального университета (ISSN-2413-452X.)-2019. №1 ст.213-217.

7. Хакдодов, М.М. Основные требования к созданию малоотходных и безотходных производств [Текст] / Ш.Б. Назаров, Х.Ш. Гулахмадов, М.М. Хакдодов // Материалы республиканской научно-практической конференции «Размещение отходов и их влияние на окружающую среду». – Душанбе, 2003.- С.45-47.

8. Иброгимов Д.Э. Способ получения абсолютного этанола / Д.Э. Иброгимов, С.Р. Исмоилов // Республиканская научно-практическая конференция, «Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии».- Душанбе: ТНУ, 2011. – С.55-57.

9. Иванов, В.Н. Экономия топлива на автомобильном транспорте / В.Н. Иванов, В.И. Ерохов. – М.: Транспорт,1984. – С. 35 – 48.

10. Коваленко, В.П. Очистка нефтепродуктов от загрязнения / В.П. Коваленко, В.Е. Турчанинов – М.: Недра, 1990. – 160 с.

11. Кутенёв, В.Ф. Научно-технические проблемы улучшения экологических показателей автотранспорта / В.Ф. Кутенёв, В.А. Звонов, Г.С. Корнилов // Автомобильная промышленность, 1998, №11 – с.7…11.

12. Марков, В.А. Токсичность отработавших газов дизелей /В.А. Марков, Р.М. Башитов, И.И. Габитов. – М.: изд-во МУТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 376 с.

13. Кадушкин, А.С. Метод оценки качества топлив при подготовке к сгоранию на мобильных энергетических средствах /А.С. Кадушкин, А.О. Кошкина, А.Е. Абрамов // Современная техника и технологии. 2013. № 2 [Электронный ресурс]. URL: http://technology.snauka.ru/2013/02/1558 (дата обращения: 28.12.2014).

14. Пат. 2255244, Российская Федерация, МПК7 F 02M 27/04 A, 7F 02M 31/00 B, 7F 02M 37/22 B Способ электромагнитной очистки и обработки топлива / Кожевников А.П., Аюгин П.Н., Абрамов А.Е., Варнаков Д.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования “Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия” – 2005125999/06, заявл. 26.05.2003; опубл. 27.06.2005, Бюл. №18.

15. Сайдализода, А.С. (Фохаков А.С.) Научно-прикладные аспекты обеспечения устойчивого развития транспортно-технологических систем обслуживания населения горных регионов Таджикистана: по специальностям 05.22.01; 03.02.08: дисс. на соиск. уч. степ. док. тех. наук / Душанбе: Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими, 2020. – 354 с.

16. Совершенствование оперативного контроля качества топлива двигателей / В.В. Варнаков, А.Е. Абрамов А.Е., Д.В. Варнаков, Е.В. Ботоногов //Ремонт, восстановление, модернизация. 2007. №6. С. 12-17.

17. Халиков Ш.Х. «Органическая химия». Душанбе, 2011.– с. 683 – 687.

18. Guzman D. Green Chemicals Blog: Biobased market studies galore 2013. https: // greenchemicalsblog.com/2013/06/06/biobased-market-studies-galore/.

19. Kitzing L, Mitchell C, Morthorst PE. Renewable energy policies in Europe: Converging or diverging? Energy Policy 2012; 51:192–201.

20. Ko JK, Lee JH, Jung JH, Lee SM. Recent advances and future directions in plant and yeast engineering to improve lignocellulosic biofuel production. Renew Sustain Energy Rev 2020; 134:110390.

21. Kumar S, Shrestha P, Abdul Salam P. A review of biofuel policies in the major biofuel producing countries of ASEAN: Production, targets, policy drivers and impacts. Renew Sustain Energy Rev 2013; 26:822–36. doi:10.1016/j. rser.2013.06.007.

22. Kumar, S. Anhydrous ethanol: A renewable source of energy / S. Kumar, N. Singh, R. Prasad // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2010. – Vol. 14, № 7. – P. 1830–1844.

23. Tibaquirá, J. The effect of using ethanol-gasoline blends on the mechanical, energy and environmental performance of in-use vehicles / J. Tibaquirá, J. Huertas, S. Ospina, L. Quirama, J. Niño // Energies. – 2018. – Vol. 11, № 1. – Art. 221. – DOI: 10.3390/en11010221.

24. World Health Organization (WHO). Air Quality Guidelines: Global update 2021. Particulate matter (PM 2.5) and (PM 10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide / WHO. – Geneva: WHO Press, 2021. – 288 p.

25. Yin, H. Idle emission characteristics of a light-duty diesel van at various altitudes / H. Yin, Y. Ge, X. Wang [et al.] // Atmospheric Environment. – 2013. – Vol. 70. – P. 117–122. – DOI: 10.1016/j.atmosenv.2013.01.012.

Интишорот аз рӯйи мавзуи диссертатсия
Мақолаҳои дар маҷаллаҳои илмии тавсиянамудаи КОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон нашршуда:

[1-М]. **Саидзода, М.Р.** Роҳҳои беҳдошти назорат ва танзими фаъолияти нақлиёти мусофирбарӣ дар шаҳри Душанбе [Матн] / Исмоилов М.И., Саидзода М.Р. // Паёми политехникӣ. Бахши таҳқиқотҳои муҳандисӣ. №3 (59) 2022г., саҳ. 85-89. ISSN – 2520-2227.

[2-М]. **Саидзода, М.Р.** Транспортно-технологическая система и их взаимодействие с окружающей средой [Текст] / Сайдализода А.С., Маджидзода Т.С., Саидзода М.Р. // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. №3 (63) 2023г., стр. 113-117. ISSN – 2520-2227.

[3-М]. **Саидзода, М.Р**. Моделирование транспортного потенциала на развитие транспортно-технологических систем с окружающей средой [Текст] / Сайдализода А.С., Саидзода М.Р. // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. №3 (63) 2023г., стр. 108-112. ISSN – 2520-2227.

[4-М]. **Саидзода, М.Р.** Экологическая оценка применения бйодизеля как модификатора дизельного топлива в автомобильном транспорте Республики Таджикистан. [Текст] / Иброҳимзода Д.Э., Маҳмудзода Т.М., Иброгимов Ф.Д., Саидзода М.Р. Наука и инновация. Таджикский национальный университет. Серия геологических и технических наук. 2024. №3. стр. 142-146. ISSN – 2664-1534.

[5-М]. **Саидзода, М.Р**. Развитие транспортно-технологических систем и влияние ее на окружающую среду [Текст] / Сайдализода А.С., Саидзода М.Р., Муродов С.Д. // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава (научный журнал) Серия: №2/3 (126) 2024г., стр. 41-48. ISSN – 2663-6417.

[6-М]. **Саидзода, М.Р.** Анализ состояния отрасли пассажирских автомобильных перевозок [Текст] / Сайдализода А.С., Саидзода М.Р., Каримов А.А., Муродов С.Д. // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава (научный журнал) Серия: №2/4 (129) 2024г., стр. 64-69 ISSN – 2663-6417.

[7-М]. **Саидзода, М.Р.** Арзёбии экологии истифодашавии биодизел дар муқоиса бо сузишвориҳои нафтии дизелӣ [Матн] / Амирзода О.Ҳ., Иброгимов Ф.Д., Саидзода М.Р. // Паёми политехникӣ Бахши: Техника ва ҷомеа. №4 (8) 2024г., стр. 9-13. ISSN – 3105-7098.

[8-М]. **Саидзода, М.Р.** К вопросу использования цифровых технологий в сфере автомобильного транспорта [Текст] / М.И. Исмоилов, Ф.Б. Усмонзода, М.Р. Саидзода // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. № 4 (68) 2024, стр. 71-74. ISSN – 2520-2235.

[9-М]. **Саидзода, М.Р.** Обзор существующих методов и моделей управления транспортными системами с учетом экологических аспектов [Текст] / Саидзода М.Р. // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. №3 (67) 2024г., стр. 56-60. ISSN – 2520-2227.

[10-М]. **Саидзода, М.Р.** К вопросу внедрения информационных технологий в государственном регулировании городских пассажирсих перевозок [Текст] / М.И. Исмоилов, М.Р. Саидзода, Ф.С. Расулов. // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. №1 (65) 2024г., стр. 148-154. ISSN – 2520-2227.

[11-М]. **Саидзода, М.Р.** Гурҳбандии партовҳои газию аэрозолӣ ва таъсири онҳо ба экологияи муҳит. [Матн] / Ибрагимов Ф.Д., Саидзода М.Р. Илм ва инноватсия. Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Бахши илмҳои геологӣ ва техникӣ. 2025. №3, саҳ. 131-138. ISSN – 2664-1534.

[12-М]. **Saidzoda, M.** Environmental assessment of biodiesel compared to petroleum diesel fuels [Text] / Ibrokhimzoda D., Ibragimov F., Saidzoda M. Sciences of Europe # 168, (2025). Page. 40-44. ISSN – 3162-2364.

[13-М]. **Саидзода, М.Р.** Влияние высоты над уровнем моря на состав отработавших газов гибридного автомобиля с бензиновым двигателем [Текст] / Саидзода М.Р., Абдулло М.А., Саидзода Р.Х., Раҳмонзода А.Д. // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. №3 (15) 2026г., стр. 38-45. – DOI 10.65599/TS6700. ISSN –3105-7098.

Фишурдаи мақолаҳои дар маводи конференсияҳои ҷумҳуриявӣ ва байналмилалӣ нашршуда:

[14-М].**Саидзода, М.Р.** Актуальность проблемы исследования: совершенствование системы управления и взаимодействия транспортно-технологических систем с окружающей средой [Текст] / Фохаков А.С., Саидзода М.Р. // Сборник научных трудов. Материалы республиканской научно-практической конференции “Наука – основа инновационного развития” // Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими. Душанбе. – 27 апреля 2022. – Стр. 357-362.

[15-М]. **Саидзода, М.Р.** Особенности формирование и развитие транспортно-технологической системы с окружающей средой [Текст] / Фохаков А.С., Маджидов Т.С., Саидзода М.Р. // Сборник научных трудов. Материалы республиканской научно-практической конференции “НАУКА – ОСНОВА ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ” // Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими. Душанбе. – 27 апреля 2022. – Стр. 362-367.

[16-М]. **Саидзода, М.Р.** Организация автомобильных перевозок и выбор маршрута [Текст] / Сайдализода А., Саидзода М., Хужаев П. // Сборник научных трудов. Международной и научно-технической конференции «Механизация сельского хозяйства: наука и инновация». Часть 2. // Ферганский политехнический институт. Фергана-2024. 25-26 апреля. Стр. 36-41. Республика Узбекистан.

[17-М]. **Саидзода, М.Р.** Структура пассажирского и грузового автопарка, его влияние на развитие транспортно-технологических систем и окружающую среду в горных регионах Республики Таджикистан [Текст] / Сайдализода А., Саидзода М., Хужаев П. // Сборник научных трудов. Международной и научно-технической конференции «Механизация сельского хозяйства: наука и инновация». Часть 2.// Ферганский политехнический институт. Фергана-2024. 25-26 апреля. Стр. 41-48. Республика Узбекистан.

[18-М]. **Саидзода, М.Р.** Анализ влияния транспорта на окружающую среду, включая выбросы вредных веществ и энергопотребление [Текст] / Сайдализода А.С., Саидзода М.Р., Хужаев П.С., Якубов К.А. // Сборник научных трудов. Международной и научно-технической конференции «Развитие зеленной энергетики посредством мониторинга окружающей среды и изменения климата и переработки отходов». Часть 1. // Самаркандский государственный архитектурно-строительный университет. Самарканд-2025. 1-2 мая. Стр. 24-30. Республика Узбекистан.

[19-М]. **Саидзода, М.Р.** Анализ применимости различных подходов и методов к исследуемой проблеме системы управления транспортно-технологическими системами с окружающей средой [Текст] / Сайдализода А.С., Саидзода М.Р., Хужаев П.С., Мирзаев

А. // Сборник научных трудов. Международной и научно-технической конференции «Развитие зеленной энергетики посредством мониторинга окружающей среды и изменения климата и переработки отходов». Часть 1. // Самаркандский государственный архитектурно-строительный университет. Самарканд-2025. 1-2 мая. Стр. 386-395. Республика Узбекистан.

[20-М]. **Саидзода, М.Р.** Афзалиятҳои технологӣ ва экологии ҳосил намудани сӯзишвориҳои биологии моеъ дар асоси партовҳои хоҷагиҳои деҳқонии пахтапарварӣ [Матн] / Иброҳимзода Д.Э., Ибрагимов Ф.Д., Саидзода М.Р., Амирзода О.Ҳ. // МАВОДИ ФОРУМИ БАЙНАЛМИЛАЛӢ ДАР МАВЗУИ «Саҳми Донишгоҳи технологии Тоҷикистон дар татбиқи саноатикунонии босуръати кишвар», бахшида ба 35-солагии Донишгоҳи технологии Тоҷикистон, (1- уми ноябри соли 2025), Саҳ. 74-76.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

ТАДЖИКСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА М.С. ОСИМИ

УДК: 504.75.05 (575.3)

На правах рукописи



САИДЗОДА МУХАММАД РАХИМ

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВА БИОЛОГИЧЕСКОГО ТОПЛИВА БИОЭТАНОЛА И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АВТОМОБИЛЬНОМ СЕКТОРЕ

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.9. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды
(2.9.6. Экология)

Душанбе – 2026

Диссертация выполнена на кафедрах «Организация перевозок и управление на транспорте» и «Переработка энергоносителей и сервис нефти и газа» Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими.

Научный руководитель:	**Сайдализода Абдурауф Сайдали –-** доктор технических наук, доцент, чл.-корр. Инженерной академии Республики Таджикистан
Официальные оппоненты:	**Гулахмадзода Аминджон Абдуджаббор** – доктор технических наук, директор Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана; **Тиллозода Хаким Иброгим –** доктор технических наук, доцент, заведующий научно-исследовательским сектором Филиала Агентства по химической, биологической, радиационной и ядерной безопасности Национальной академии наук Таджикистана в Согдийской области.
Ведущая организация	Таджикский аграрный университет имени Шириншох Шотемур

Защита состоится «29» декабря 2026 года в «14^{00}» часов на заседании диссертационного совета 6D.KOA-091 при Таджикском техническом университете имени академика М.С. Осими по адресу: 734042, г. Душанбе, проспект академиков Раджабовых, 10А. Email: hboboev1967@gmail.com телефон ученого секретаря: (+992) 933101167.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими www.ttu.tj

Автореферат разослан «_____» «_____» 2026 года.

Ученый секретарь диссертационного совета, кандидат технических наук, и.о. доцента **Бобоев Х.Б.**

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Последние годы в Республике Таджикистан наблюдается интенсивный процесс автомобилизации, что приводит к увеличению нагрузки на дорожную инфраструктуру и окружающую среду. По официальным данным Министерства транспорта Республики Таджикистан, по состоянии на 1 января 2026 года количество зарегистрированных транспортных средств в стране превысило 800 тысяч единиц. Только за последний год автопарк увеличился на 99,7 тыс. единиц (или на 14,2%). Для сравнения, в 2021 году этот показатель составлял около 527 тысяч единиц. Около 80% всех транспортных средств составляют легковые автомобили. Более 67 тысяч транспортных средств используются в хозяйственной деятельности (перевозка грузов, пассажирские перевозоки и такси).

В Таджикистане почти полностью импортируются нефтепродукты из-за рубежа, что делает энергетическую зависимость еще более высокой. Только в первом полугодии 2026 года в страну было импортировано 922 тыс. тонн нефтепродуктов, что на 11% больше, чем за аналогичный период прошлого года. (В целом за 2024 год импорт нефтепродуктов составил более 1 млн 52 тыс. тонн). Годовой объем импорта бензина в зависимости от спроса составляет более 350-400 тысяч тонн. Экономика страны сильно зависит от одного поставщика – более 71-91% нефтепродуктов поступает из Российской Федерации.

Из-за высоких цен на бензин более 40-50% автомобилей в Республике Таджикистан используют в качестве топлива сжиженный газ, который в основном импортируется из Республики Казахстан. Однако спрос на качественный бензин (АИ-92 и АИ-95) в крупных городах остается стабильным.

Автомобильный транспорт является основным источником загрязнения воздуха городов Таджикистана, особенно города Душанбе. Согласно отчету базы данных Asian Transport Outlook (ATO), транспортный сектор отвечает за 7% от общего объема выбросов PM 2.5 в стране. В этом контексте автомобильный транспорт производит 100% выбросов транспортной отрасли (вклад железнодорожного транспорта и отечественной авиации незначителен).

Высокий уровень выбросов связан с тремя основными факторами:

1. Устаревший автопарк (большая часть автомобилей построена на ранних стадиях Евро и не имеет системы нейтрализации газов).
2. Техническое качество и низкое импортное топливо для заправки.
3. В структуре дорожных выбросов на долю большегрузных транспортных средств приходится 68%, а на легковые автомобили-23% выбросов PM 2.5.

Одним из путей и значимости перспективы использования биоэтанола в Таджикистане является использование биоэтанола (технического этилового спирта, получаемого из растительного сырья) в качестве добавки к бензину (например, смеси E5, E10), имеющего стратегическое и экологическое значение для условий Таджикистана.

Таджикистан имеет большие возможности для выращивания сырья для производства биоэтанола (хлопчатника, кукурузы, пшеницы, сахарной свеклы и отходов переработки фруктов и винограда). Это может привести к появлению новых рабочих мест и развитию сельскохозяйственного сектора.

В последнее десятилетие тема экологической оценки использования энергоносителей для биосферы и ее влияния на изменение климата планеты Земля относится к числу тех, которые привлекли внимание ученых и отраслевых исследователей со всего мира.

Как известно, нарушение экологии окружающей среды, повлекшее за собой изменение климата, в дальнейшем может негативно сказаться на круговороте определенных веществ в природе. Такие изменения приводят к изменению нормальных

биохимических процессов в живых организмах и могут способствовать исчезновению некоторых представителей природной флоры и фауны.

На основании проведенных исследований ученые и отраслевые исследователи установили, что одной из причин изменения климата планеты Земля является увеличение содержания парниковых газов в атмосфере. Известно, что один из основных компонентов состава парниковых газов связан с нефтяными углеводородами и является продуктом реакции сжигания природных энергоносителей.

В связи с этим, при использовании природных энергоносителей в качестве топлива разработка оптимальных экологических вариантов снижения содержания парниковых газов является одной из тем, имеющей большое практическое значение в инженерной экологии.

Тема экологической оценки производства и использования биотоплива биоэтанола в транспортной сфере Республики Таджикистан, охватываемая данную диссертационную работу, является одной из актуальных тем отечественной науки и производства, результаты которой могут быть применены в решении существующих экологических проблем и внести значительный вклад в развитие четвертой национальной цели – ускоренной индустриализации страны.

Степень изученности научной темы. Разработка вариантов снижения объёмов газообразных выбросов автотранспорта, создание новых технологий и экологически предпочтительных методов производства альтернативных биотоплив, а также экологическая оценка их использования приобрели особую значимость. С учётом актуальности экологической проблематики зарубежными исследователями проведён значительный объём работ, внесшими существенный вклад в развитие данного направления, такие как: Иванов В.Н. [9], Коваленко В.П. [10], Кутенёв В.Ф. [11], Марков В.А. [12], Варнаков В.В. [14], Ботоногов Е.В. [16], Кадушкин А.С. [13], Kitzing L. [19], Kumar S. [22], Shrestha P. [21], Guzman D. [18], Ko J.K. [20].

В последние годы зарубежные исследования были сосредоточены на трех вопросах, близких к теме диссертации: предварительная обработка и ферментативное превращение хлопчатника в этанол, влияние бензино-этанольных смесей на регулируемые и нерегулируемые выбросы и влияние высоты местности на выбросы транспортных средств. Результаты этих работ противоречивы и зависят от режима работы двигателя, типа системы управления и метода измерения. Для горных дорог Таджикистана данные измерений содержания используемых газов на различных высотах до недавнего времени отсутствовали, фактический выход этанола из зарослей местных сортов также не определен. Именно эти два пробела определяют основные направления исследований.

В области разработки эффективных технологий альтернативных видов топлива и экологической оценки их применения в различных отраслях промышленности и автомобильном транспорте отечественными учёными и исследователями - Абдуллоевым М.А. [1], Амировым О.Х. [5], Гулахмадовым Х.Ш. [4], Махмудовой Т.М. [6], Холиковым Ш.Х. [17], Хакдодовым М.М. [7], Иброхимзода Д.Э. [8], Сайдализода А.С. [15] и их учениками - проведены исследования, результаты которых вносят значимый вклад в развитие отечественной науки и производства.

Связь исследования с программами (проектами), и научной тематикой. Научное исследование выполнено в соответствии с «Государственной экологической программой Республики Таджикистан на 2023-2028 годы» (Утверждена постановлением Правительства Республики Таджикистан от 1 марта 2023 года, №53), «Национальной стратегией адаптации к изменению климата Республики Таджикистан на период до 2030» (Утверждена постановлением Правительства Республики Таджикистан от 2 октября 2019 года, №482), «Среднесрочной программой развития Республики Таджикистан на 2021-2025» (Утверждена постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 апреля 2021 года, №168), «Государственной целевой программой развития транспортного

комплекса Республики Таджикистан до 2025» (Утверждена постановлением Правительства Республики Таджикистан от 1 апреля 2011 года, №165).

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования. Разработать полезные технологии и экологических преимуществ получения биоэтанола и экологическую оценку его применения в качестве модификатора, уменьшающего количество газообразных и аэрозольных выбросов (в составе) бензиновых топлив.

Задачи исследования. Для достижения цели исследования были поставлены следующие задачи:

- провести экологическую оценку воздействия углеводородов бензиновой фракции нефти на устойчивое протекание процессов роста и развития растений и на организм человека;
- разработать эффективную и экологически предпочтительную технологию получения биоэтанола из стеблей хлопчатника;
- раскрыть биохимические и физико-химические аспекты и выполнить экологическую оценку биотехнологии получения биоэтанола на основе стеблей хлопчатника;
- провести экологическую оценку применения биоэтанола как модификатора, снижающего газовые и аэрозольные выбросы автомобильного транспорта.
- определить влияние высоты над уровнем моря на содержание отработавших газов бензинового автомобиля на дороге Душанбе – тоннель «Истиклол» и обосновать программу испытаний бензино-биоэтанольных смесей в высокогорных условиях.

Объект исследования: Процесс формирования экологической нагрузки на окружающий воздух от выбросов транспортных средств и способы ее снижения с использованием альтернативных видов топлива.

Тема исследования: Экологическая оценка производства биологического топлива биоэтанола и его использования в автомобильном секторе.

Научная новизна исследования:

- определены экологические проблемы автомобильного транспорта Республики Таджикистан, изучены его экологические аспекты;
- впервые разработана новая и экологически доминирующая технология получения биоэтанола на основе стебли хлопчатника, исследованы ее физико-химические аспекты;
- на основе биоэтанола и бензинового топлива переработаны экологически предпочтительные модифицированные виды топлива, определены их энергетические и экологические преимущества;
- впервые в реальных условиях дороги Душанбе – тоннель «Истиклол» (801-2615 м над уровнем моря) установлена линейная зависимость концентрации углеводородов (около 9,4–9,7 млн−1 на 1000 м), оксидов азота и CO_2 в отработавших газах бензинового гибридного автомобиля от высоты, разработана научно обоснованная программа испытаний высокогорных бензино-биоэтанольных смесей.

Теоретическая и практическая значимость исследования:

- полезная технология получения альтернативного биотоплива на основе биоэтанола в будущем может быть применена в развитии отрасли производства альтернативных видов топлива и использована в качестве модификатора снижения содержания парниковых газов в бензиновых нефтяных видах топлива;
- результаты исследований и применения модифицированного бензино-этанольного топлива (Е10: 90% по объему бензина и 10% по объему безводного биоэтанола) могут быть использованы Комитетом по охране окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан при разработке национальных экологических

норм и стандартов для автотранспортных средств в высокогорных условиях (в том числе для шоссе Душанбе – Худжанд – Чанак);

– разработка технологий комплексных стеблей хлопчатника позволит решить продблемы утилизации отходов сельского хозяйства республики на решение может быть калонҳаҷми. Этот метод значительно снижает сезонное сжигание конопли на полях, снижает экологическую нагрузку на атмосферу и образование парниковых газов в хлопковых регионах Таджикистана;

- предложенный метод разделения побочных продуктов (полифенольный концентрат госсипола, лимонная и яблочная кислоты) в процессе гидролиза скорлупы, создает основу отечественного сырья для химических, фармацевтических предприятий и пищевой промышленности Республики Таджикистан и способствует государственной программе импортозамещения;

- рекомендации по физико-химическим свойствам бензино-этанольного смешанного топлива могут быть использованы компаниями-импортерами и поставщиками нефтепродуктов Республики для организации промышленного производства экологически чистых альтернативных видов топлива и повышения эффективности работы инжекторных двигателей в условиях нехватки кислорода в высокогорье;

- методические разработки, полученные в ходе проведения экспериментальных исследований, могут быть использованы при проведении таких исследований.

Положения, выносимые на защиту:

- разработаны и предложены полезные технологии получения альтернативного биотоплива биоэтанола на основе стеблей хлопчатника;

- обоснованы результаты анализа биохимических, физико-химических и экологических аспектов разработанной технологии производства биоэтанола и его использования в качестве модификатора бензинового нефтяного топлива.

- доказаны количественные зависимости содержания выхлопных газов бензинового автотранспорта от высоты и обосновано влияние изменения атмосферного давления на метод борьбы с токсичностью в горных районах.

Степень достоверности результатов: Достоверность полученных результатов обоснована использованием современных методов анализа органической химии и нафтохимии, физико-химических методов анализа и биохимических методов анализа. Достоверность результатов полевых измерений обеспечивается использованием проверяемого газоанализатора (дата проверки 25.01.2026), повторением измерений ($n = 6$ в каждой серии) и их статистической обработкой (Стюдентское распределение, $P = 0,95$; линейная регрессия; дисперсионный анализ).

В работе использованы методы органической и аналитической химии (экстракция, потенциометрическое титрование, трубчатая хроматография, тонкослойная, бумажная и газожидкостная спектроскопия, инфракрасная и ультрафиолетовая спектроскопия), биотехнологические методы гидролиза и ферментации, полевые измерения состава используемых газов с помощью газоанализатора «Автотест» и методы статистической обработки (Стюдентное распределение, линейная регрессия, одномоментный дисперсионный анализ, критерий Уэлча).

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Исследование проводилось в рамках научной специальности 2.9. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (2.9.6. Экология) и соответствует по пунктам: 3.1. Комплексная оценка воздействия объектов транспорта и транспортных систем (включая этап строительства) на экосистемы различных уровней. 3.2. Исследование загрязнения компонентов природной среды транспортными объектами и техническими средствами обеспечения перевозок, с целью разработки экологически обоснованных норм воздействия транспортной деятельности человека на природную среду. 3.5. Научное обоснование безопасного размещения, хранения, транспортировки и захоронения

токсичных и других отходов, образующихся от деятельности транспорта. 3.6. Научное обоснование, разработка и совершенствование транспортных средств, объектов и транспортных систем, методов нормирования проектной и изыскательской деятельности, обеспечивающих предотвращение и минимизацию негативного воздействия на природную среду. 3.7. Научные исследования в области создания экологически чистых транспортных средств, малоотходных, энерго - и ресурсосберегающих технологий. 3.8. Разработка и совершенствование системы экологического мониторинга и контроля на транспорте.

Личный вклад соискателя ученой степени в исследование. Личный вклад автора заключается в поиске и анализе отраслевой литературы, постановке и анализе задач исследования, организации условий для проведения лабораторных экспериментальных работ, обработке полученных результатов, обобщении основного содержания, а также в подготовке диссертации и научных публикаций.

Апробация и внедрение результатов диссертации. Основные результаты диссертации представлены и обсуждены на форумах, международных, республиканских и научно-практических конференциях. В том числе, на научно-практической конференции «Наука – основа инновационного развития» Таджикском техническом университете имени академика М.С. Осими (Душанбе. – 27 апреля 2022); Международной и научно-технической конференции «Механизация сельского хозяйства: наука и инновация». Часть 2. Ферганский политехнический институт. (Фергана, 25-26 апреля 2024). Международной и научно-технической конференции «Развитие зеленой энергетики посредством мониторинга окружающей среды и изменения климата и переработки отходов». Часть 1. Самаркандский государственный архитектурно-строительный университет. (Самарканд - 1-2 мая 2025 года); Международного форум «Вклад Технологического университета Таджикистана в реализацию ускоренной индустриализации страны», посвящённого 35-летию со дня основания Технологического университета Таджикистана (1 ноября 2025 года).

Процесс проверки и внедрения результатов диссертации проводился практически на всех этапах исследования (2018-2025 годы). Результаты настоящей диссертационной работы могут быть использованы в Институте химии имени В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана, в Научно-исследовательском институте Таджикского национального университета, а также на кафедрах «Организация перевозок и управление на транспорте», «Переработка энергоносителей и сервис нефти и газа» и «Безопасность жизнедеятельности и экология» Таджикского технического университета имени академика М. С. Осими.

Результаты научной работы внедрены в Управление экологии и туризма МВД Республики Таджикистан (акт о внедрении №426 от 09.10.2025) и Таджикский технический Университете имени академика М.С. Осими (акт о внедрении №27/1018/1 от 14.10.2025).

Публикации по теме диссертации: По результатам исследования было опубликовано 20 научных статей общим объемом 9,5 т.ч. из них 13 статей были опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан. Два небольших патента Республики Таджикистан также были получены на изобретения.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, общего описания работы, трех глав, раздела заключений с подразделами, 191 наименования литературы и 4 приложений в объеме 170 страниц, напечатанных на компьютере, охватывающих 24 таблицы и 22 рисунка.

ОСНОВНЫЕ ЧАСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Во введении излагаются актуальность темы исследования, степень изученности научной темы, связь исследования с программами (проектами), и научной тематикой, цель

исследования, задачи исследования, объект исследования, тема исследования, научная новизна исследования, практическая значимость исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности результатов, соответствие диссертации паспорту научной специальности, личный вклад соискателя ученой степени в исследование, апробация и внедрение результатов диссертации, публикации по теме диссертации, структура и объём диссертации.

Первая глава диссертационной работы относится к теоретической части работы, в ней рассматриваются темы влияния нефти и нефтепродуктов на экологию окружающей среды, классификация газо-аэрозольных выбросов и их влияние на экологию окружающей среды, экологическая классификация воздействия выхлопных газов автотранспорта на окружающую среду, анализ теорий зависимости потепления климата планеты Земля от увеличения концентрации парниковых газов в атмосферном воздухе, определены актуальные темы и проблемы, которые необходимо решить.

Вторая глава содержит экспериментальную часть работы. В этой главе приводятся сведения об объекте исследования и используемых методах, а также подробности его выполнения. В ходе проведения исследований и экспериментального анализа были использованы обычные методы анализа, такие как экстракция, рефрактометрия, бумажный хроматографический анализ, тонкослойная хроматография, трубочная хроматография, газовая хроматография, ультрафиолетовая и инфракрасная спектроскопия и другие.

Бензин является одним из важнейших и наиболее продаваемых продуктов нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Это топливо отделяется от нефтепродуктов с помощью технологии ректификационного пропаривания. Паровая ректификационная технология относится к первым технологиям переработки нефти. При использовании ректификационного парового метода из нефти можно получить 20-30% бензина. Выходная мощность бензина в процессе ректификационного пропаривания зависит от химического состава используемой нефти.

«В связи с тем, что бензин имеет большую покупательную способность, чем другие материалы и нефтепродукты, нефть подвергается вторичной переработке после ректификационной пропарки. Вторая нефтеперерабатывающая промышленность относится к нефтехимической отрасли. Вторая переработка нефти осуществляется с целью увеличения выхода бензина. В процессе вторичной переработки нефти используются технологии крекинга и изомеризации» [12].

Одной из экологических проблем в области переработки нефти является неэффективное использование попутных газов нефти [2]. На большинстве нефтеперерабатывающих заводов сжигаются газы-компаньоны нефти, основу которых составляют газы метан, этан, пропан и бутан. Сжигание этих газов отрицательно сказывается на экологическом состоянии атмосферного воздуха и приводит к увеличению содержания парниковых газов в атмосферном воздухе [9].

«Если мы проведем экологическую оценку сжигания сопровождающих нефть газов, то легко сделать вывод, что их сжигание является более приоритетным, чем выброс этих газов в атмосферный воздух» [9].

На наш взгляд, способ обеззараживания попутного нефтяного газа методом сжигания является не только экологической проблемой отрасли, но и технологической проблемой.

Как известно «газы-компаньоны нефти содержат в своем составе CH_4, C_2H_6 и C_3H_8, которые могут быть использованы в качестве ценного сырья в химическом производстве» [10]. «На основе этих отходов нефтеперерабатывающей промышленности следует использовать органические растворители, такие как хлорметан, хлорэтан, дихлорметан, хлороформ, тетрахлорметан, нитросоединения и т.д. На основе этих нефтяных углеводородов возможно получение этих продуктов, а полезные технологии разработаны специалистами отрасли» [13].

«Наряду с токсичностью этих газов установлено, что при сгорании соединений серы, содержащихся в бензине, выделяется газообразный диоксид серы (SO_2). Это соединение превращается в серную кислоту (H_2SO_3) во время атмосферных осадков. Это может привести к возникновению кислотных дождей в атмосфере, что приведет к возникновению химических реакций в атмосфере. Как известно, кислотные дожди негативно влияют на экологическое состояние земной флоры и других живых организмов» [1].

Наша научная позиция в этом исследовании основана на эволюционном (смешанном) подходе. Мы считаем, что для условий энергетической и экологической безопасности Республики Таджикистан немедленный отказ от нефтепродуктов (по экономическим причинам) невозможен, но сохранение текущей ситуации также приведет к экологическому кризису. Наиболее эффективным способом снижения негативного воздействия нефтепродуктов на окружающую среду Республики Таджикистан является запуск смесей бензина с биоэтанолом (например, Е10).

«Автомобильные бензины представляют собой многокомпонентные растворы и кипятятся в широком диапазоне температур (приблизительно от 30 – 35 до 200 – 215 °С). Зимние и летние сорта отличаются не «температурой кипения», а давлением насыщенного пара и долей легких фракций, эти показатели и температуры разделения фракций нормированы ГОСТ 32513-2013» [2].

Здесь следует отметить, что наряду с сезонностью сортов бензина, а также, эти образцы топлива подразделяются на разные группы. К числу наиболее важных из этих видов нефтяных видов топлива относятся бензины АИ-92, АИ-95, АИ-98.

В этой классификации видов бензина буква “А” означает, что данное топливо предназначено для использования легковыми и грузовыми автомобилями. Здесь стоит отметить, что наряду с этими образцами бензина существуют также бензины, которые именуются буквой “Б”. Такое наименование бензинов используется в воздушном транспорте.

Буква “И” означает, что октановое число данного бензина было определено методом исследования. Цифры 92, 95, 98 и другие цифры от 70 до 100, по которым классифицируются виды бензина, характеризуют их октановое число. Установлено, что чем выше октановое число бензинового топлива, тем выше его антидетонационные свойства и тем меньше взаимодействие бензина при сгорании с двигателем.

«Проведенные учеными в области автомобильного транспорта исследования показали, что бензины типов АИ-92, АИ-95, АИ-98, в которых он имеет знак кипения $+205^0$С, были оценены как лучшие сорта бензина. Ученые также разработали различные модификаторы, которые помогают увеличить октановое число бензинов. Примеры бензинов с высоким октановым числом используются в высокоскоростных спортивных автомобилях» [2].

В таблице 1 приведены конкретные показатели выбросов газов при использовании этих бензинов в стабильном двигателе объемом 2.0 литра (при тех же условиях работы, граммах/литр или в относительном проценте) [2, 22].

«Бензин АИ-92 считается самым опасным бензином с точки зрения выбросов (CO) (окись углерода) и (SO_2) (спички), так как зачастую его экологический класс не превышает Евро-3. Это приводит к появлению черного дыма и резкого запаха на улицах города» [12].

Бензин АИ-98 сводит к минимуму выбросы (CO) и токсичных углеводородов, но за счет высокой температуры сгорания увеличивает содержание оксидов азота (NOx). Высокая концентрация (NOx) в чистом воздухе близлежащих городов (например, Душанбе) создает опасность фотохимического смога.

Таблица 1. – Выбросы газов при использовании бензина в стабильном двигателе объемом 2.0 литра (при тех же условиях работы грамм/литр или относительный процент)

Показатели мусора	Бензин АИ-92 (Евро-3/4)	Бензин АИ-95 (Евро-4/5)	Бензин АИ-98 (Евро-5)	Анализ химических изменений и причин
Окись углерода (CO)	12,5 г/л	9,2 г/л	6,8 г/л	Снижение до 45%. АИ-98 и АИ-95 содержат оксигенированные эфиры (МТБЭ). Внутренний кислород завершает процесс сжигания углерода до (CO_2) и снижает выработку яда (CO).
Оксиды азота (NOx)	1,8 г/л	2,4 г/л	2,9 г/л	Рост до 60%. При сгорании АИ-98 детонационная стабильность высока, давление и температура внутри цилиндра повышаются (>2000 с). Это приводит к связыванию азота воздуха с кислородом и росту (NOx).
Несгоревшие углеводороды (CH)	3,1 г/л	2,2 г/л	1,5 г/л	Снижение до 50%. Благодаря стабильности сгорания и отсутствию детонационных взрывов в АИ-98 топливо не сгорает в стенках цилиндра и полностью активируется.
Несгоревшие углеводороды (CH)	0,15 г/л	0,03 г/л	0,008 г/л	Общее снижение (до 95%). Этот показатель зависит не от октанового числа, а от экологического класса топлива. АИ-98 полностью очищен по стандарту Евро-5, в нем почти нет серы.

«В ходе проведенных исследований учеными в области инженерной экологии и стандартизации транспортных двигателей установлено, что в процессе эксплуатации автомобильного двигателя может образовываться более 20 наименований выбросов» [5]. Наиболее важный перечень этих отходов представлен в таблице 2 [13].

Как видно из перечня и количества выбросов, образующихся при использовании бензинового и дизельного топлива на автотранспорте, представленных в таблице 2, в составе образующихся выбросов наблюдается большое количество токсичных веществ и веществ, связанных с парниковыми газами. Если проанализировать химические свойства и биологическую активность перечисленных отходов, рассмотренных в таблице 2, то можно сделать вывод, что по токсичности среди этих отходов наиболее опасными считаются оксиды азота. Установлено, что токсичность оксидов азота превышает токсичность монооксида углерода (CO) более чем в 10 раз. Если сравнивать токсичность отходов, относящихся к альдегидам, с оксидами азота и углекислым газом, то она невелика и составляет около 5% от общей токсичности. Токсичность углеводородов нефти неоднородна, каждый из них обладает собственной биологической активностью. Газообразные выбросы, относящиеся к полициклическим ароматическим углеводородам, проявляют сильные концерогенные свойства.

Таблица 2. – Перечень и количество образующихся выбросов при использовании бензинового и дизельного топлива в автотранспорте

Наименование полученных отходов	В случае использования бензина	В случае использования дизельного топлива
Нитроген (N_2) в %	74–77	76–78
Оксиген (O_2), в %	0,3–8,0	2,0–18,0
Водяные пары (H_2O), в %	3,0–5,5	0,5–4,0
Диоксид карбона (CO_2), в %	0,0–16,0	1,0–10,0
Монооксид карбона (CO), в %	0,1–5,0	0,01–0,5
Оксид нитроген, в %	0,0–0,8	0,0002–0,5
Углеводороды, в %	0,2–3,0	0,09–0,5
Алдегиды, в %	0,0–0,2	0,001–0,009
Дуда, г/м^3	0,0–0,04	0,01–1,10
Бензпирен-3,4, г/м^3	$10–20\cdot10^{-6}$	10×10^{-6}

В соответствии с Законом Республики Таджикистан «Об охране окружающей среды» [6] и государственными санитарно-экологическими нормами определены допустимые средние концентрации (ПДК) для основных транспортных газов. При проведении сравнительного анализа становится очевидным, что из-за старения автомобильного парка страны (более 70% автомобилей имеют конструкцию более 10-15 лет) фактические показатели выбросов значительно превышают допустимые нормы.

Таблица 3. – Допустимые нормы по отношению к реальным показателям

Название токсичного газа	Допустимая норма содержания в воздухе (мг/м^3)	Показатели реального времени в режиме пикового движения (мг/м^3)	Степень превышения нормы	Технико-экологическая причина
Оксид карбона (CO)	5,0 *(максимальный один раз)*	12,5 – 18,0	2,5 – 3,6 раза	Неполное сгорание бензина при пробке и неправильном обращении со старыми двигателями.
Оксид азота (NO_2)	0,2 *(максимальный один раз)*	0,6 – 0,9	3,0 – 4,5 раза	Высокая температура сгорания в современных мощных двигателях без использования работоспособных катализаторов.
Карбогиды (CH)	1,5 *(максимальный)*	3,2 – 4,5	2,1 – 3,0 раза	Прямое испарение бензина и оставление несгоревшей части топлива на стенках цилиндра.
Твердых частиц (PM 2.5)	0,035 *(суточная норма)*	0,12 – 0,16	3,4 – 4,5 раза	Низкое качество очистки бензина АИ-92 (низкий экологический класс) и трение тормозных колодок.

Данные таблицы 3 показывают, что действующая транспортная система Республики Таджикистан имеет отрицательный экологический баланс [8, 24]. С научной точки зрения переход на биоэтанол (смесь Е10) является прямым средством уменьшения этой разницы между нормой и фактическими показателями.

Третья глава диссертации содержит наиболее важные результаты и их анализ. В данной главе представлены результаты экспериментальных анализов, охватывающих темы экологической оценки технологии производства биоэтанола на основе отходов, богатых углеводородным составом, экологической оценки и физико-химических аспектов технологии получения биоэтанола на основе стеблей хлопчатника, экологических и технологических аспектов получения госсипола, лимонной кислоты и яблочной кислоты на основе отходов производства биоэтанола, экологической оценки использования полученного биоэтанола в качестве модификаторов улучшения качества бензинового топлива, проанализировано и обсуждено определение выбросов газов и аэрозолей, образующихся при автомобильном транспорте, в зависимости от географического положения автомагистралей, экологических преимуществ использования биоэтанола в качестве транспортного топлива.

Исследование биохимического состава хлопковой стеблевой массы и экстракции содержащихся в ней липидов

Для реализации поставленной цели прежде всего необходимо было изучить химический состав хлопковой стеблевой массы. С этой целью был проведён анализ биохимического состава, основанный на методах органической химии, биохимических методах исследования и физико-химических методах аналитического определения состава. Стеблевая масса хлопка (ғӯзапоя) была отобрана после завершения биологической фазы её жизненного цикла.

Для оценки эффективности разработанной технологии возникла необходимость определения содержания целлюлозы в исследуемом сырье. С этой целью перед количественным анализом целлюлозы липидные компоненты были предварительно удалены методом горячей экстракции. Экстракция проводилась в аппарате Сокслета, оснащённом водяным холодильником и водяной баней.

Перед проведением экстракции хлопковая стеблевая масса была предварительно высушена при температуре +50–55 °C в химическом сушильном шкафу в течение до шести часов. Затем высушенное сырьё измельчали на механической мельнице до размера частиц 0,2–0,4 мм с использованием специально разработанной экспериментальной установки.

Следует отметить, что с применением методов органической химии, аналитической химии, биохимических методов исследования, а также физико-химических методов анализа были проведены не только качественные и количественные исследования липидного экстракта хлопковой стеблевой массы, но также определён состав её нелипидных компонентов. Результаты исследования представлены в таблице 4.

Как показывают результаты исследования химического состава ряда однолетних и многолетних растений, стеблевая масса хлопка отличается высоким содержанием полисахарида целлюлозы, а также ряда моносахаридов.

Таблица 4. – Углеводные компоненты некоторых однолетних и многолетних растений

Наименование соединений	Многолетние растения						Однолетние растения			
	Хвойные	Тополь	Пихта	Дуб	Осина	Бук	Рисовая солома	Камыш (тростник)	Стебли хлопчатника	
									Стебель	корень
Зольные вещества (золообразующие компоненты)	0,23	0,21	0,53	0,52	0,26	0,5	15,63	1,96	1,51	6,34
Целлюлоза	45,93	38,70	41,2	36,7	41,77	42,6	28,00	54,80	37,05	34,02
Лигнин	27,97	26,80	29,27	27,51	21,81	24	20,02	19,55	25,97	24,10
Гексозы	55,70	51,70	52,5	39,92	45,38	48,2	47,87	31,80	41,90	42,31
Пентозы	5,24	5,50	5,17	16,33	16,33	16,67	15,66	20,25	19,96	13,05
Суммарное содержание веществ, экстрагируемых водой при 90 °С	3,20	3,86	3,39	3,28	3,28	-	12,00	9,10	5,90	10,00
Суммарное содержание веществ, экстрагируемых бензином	7,56	5,61	-	-	-	-	8,24	7,76	6,44	8,36

Как следует из данных таблицы 4, для разработки технологической линии получения биоэтанола на основе хлопковой стеблевой массы был изучен химический состав многолетних хвойных пород и тополя, а также однолетних растений — камыша и рисовой соломы, распространённых на территории Таджикистана. Для сопоставления результатов дополнительно использованы литературные данные о химическом составе некоторых древесных многолетних пород, таких как хлопковое дерево, дуб, сосна и бук, которые традиционно рассматриваются в качестве сырьевой базы для производства биоэтанола.

Одновременно с этим, с целью изучения химического состава хлопковой стеблевой массы и экологической оценки технологии получения биоэтанола на её основе, а также для сравнительного анализа были исследованы льняная солома, древесина хвойных пород и древесина тополя. С использованием биохимических методов анализа были определены основные физико-химические показатели, такие как кислотное число и йодное число. Установлено, что кислотное число хлопкового экстракта составляет 8,8 мг KOH/г, кислотное число экстракта льняной соломы - 7,9 мг KOH/г, экстракта тополиной древесины - 8,6 мг KOH/г, а экстракта древесины хвойных пород - 9,1 мг KOH/г.

Следует отметить, что при определении кислотного числа исследуемых растительных экстрактов впервые была применена потенциометрическая титриметрия для фиксации точки эквивалентности. Кроме того, для определения степени ненасыщенности соединений, входящих в состав исследуемых экстрактов, был использован биохимический метод определения йодного числа. Результаты анализа йодного числа показали, что йодное число экстракта хлопковой стеблевой массы составляет 38 г I_2/100 г, экстракта

льняной соломы - 43,5 г I_2/100 г, экстракта древесины тополя - 35 г I_2/100 г, а экстракта хвойной древесины - 39 г I_2/100 г.

Количественный анализ фенольных соединений, содержащихся в хлопковой стеблевой массе и других исследуемых растениях, был выполнен методом бумажной хроматографии, тонкослойной хроматографии и колонночной хроматографии. Идентификация фенольных соединений осуществлялась на основе коэффициентов распределения на хроматограмме в сравнении с эталонными образцами и литературными данными, определения показателя преломления их растворов с использованием рефрактометра, определения температуры их плавления на приборе Боэттиуса, а также анализа ИК- и УФ-спектров.

Таким образом, на основании результатов экспериментального анализа и литературных сведений, представленных в таблице 4, установлено, что хлопковая стеблевая масса богата лигноцеллюлозными компонентами и в среднем содержит 35,5% целлюлозы, 42,1% гексоза и 16,5% пентоза.

Экологические и физико-химические аспекты удаления липидов из хлопковой стеблевой массы

На основе изучения химического состава листьев и стеблевой массы хлопка установлено, что помимо лигноцеллюлозных компонентов она содержит значительное количество соединений кислотного характера, таких как фенольные соединения госсипола, катехины, полифенольные дубильные вещества, а также лимонную и яблочную кислоты. Как известно, кислоты оказывают отрицательное влияние на биохимический процесс получения биоэтанола.

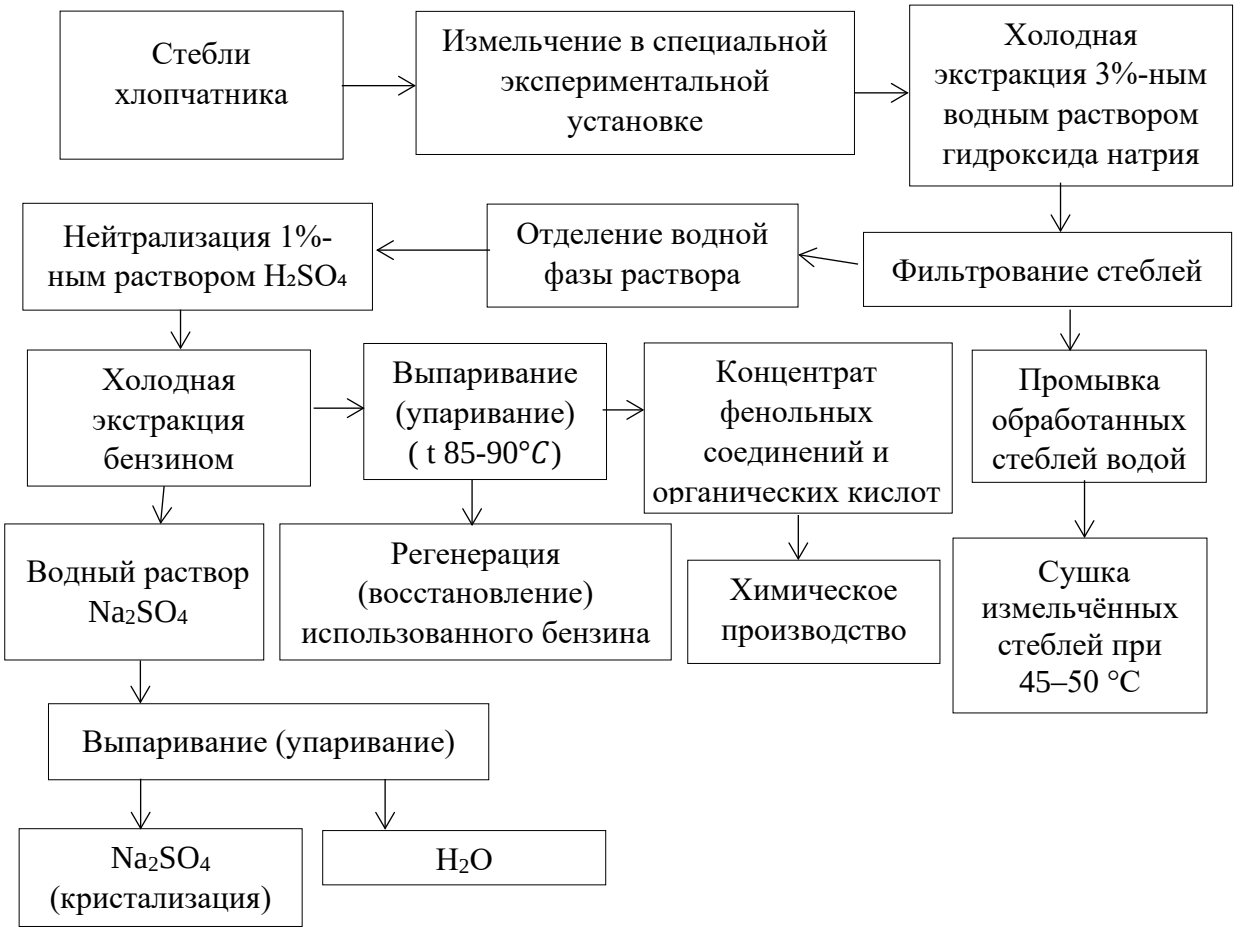


Рисунок 1. - Разработанная технология очистки стеблей хлопчатника от соединений обладающих кислотным свойством

В связи с этим возникла необходимость удаления из хлопковой стеблевой массы указанных кислотосодержащих химических соединений.

С учётом данной технологической проблемы была разработана новая эффективная технология выделения кислотных компонентов и фенольных соединений, связанных с госсиполом, катехинов, полифенольных дубильных веществ, а также лимонной и яблочной кислот. Разработанная технологическая схема представлена на рисунке 1.

Результаты изучения экологических аспектов разработанной технологии показали, что бензин, использованный в качестве экстрагента более чем три раза при экстракции хлопковой стеблевой массы, утрачивает свои свойства и превращается в производственный отход. Причиной перехода использованного экстрагента в категорию отходов является накопление большого количества низкокипящих примесей. Эти примеси имеют температуру кипения ниже +80°С и относятся преимущественно к фенольным соединениям и органическим кислотам.

На основе анализа химического состава производственного отхода (бензина, многократно применённого в качестве экстрагента) установлено, что содержание карбоновых кислот составляет около 6,5%, фенольных соединений - 3,2%, а доля других липидных веществ с температурой кипения ниже +80 °С - 8,1%.

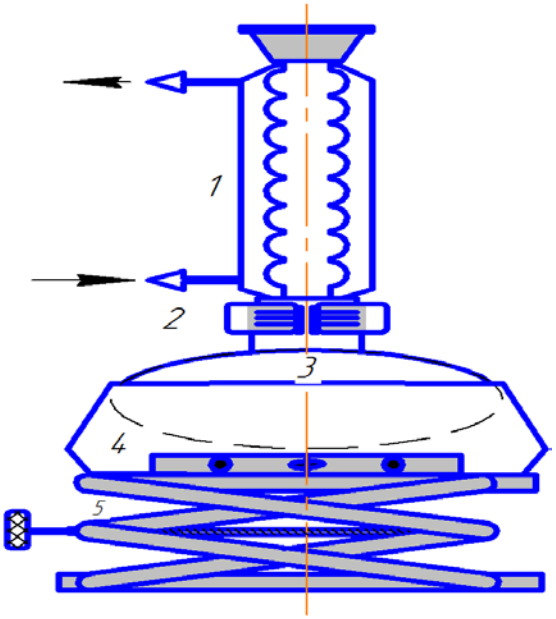


Рисунок 2. - Установка для экстракции измельчённой хлопковой стеблевой массы водным раствором каустической соды

Примечание: *1 - водяной обратный холодильник; 2 штатив, на котором фиксируется установка; 3 - трёхлитровая колба; 4 - колбонагреватель; 5 - анкер.*

Следует отметить, что несмотря на очистку бензина методом выпаривания после каждого цикла использования, после пяти последовательных применений количество низкокипящих примесей в нём становится ещё более значительным. Бензин, содержащий такие примеси, становится полностью непригодным для использования в автомобильном транспорте, вследствие чего он подлежит утилизации. Отработанный бензин, содержащий подобные загрязняющие вещества, может оказывать отрицательное влияние на экологическое состояние окружающей среды.

Выявленная проблема наносит ущерб не только экологической обстановке, но и приводит к экономическим потерям, поскольку способна увеличивать себестоимость производимого биоэтанола.

С учётом данных экологических и экономических ограничений для очистки хлопковой стеблевой массы, являющейся исходным сырьём для получения биоэтанола,

была применена технология горячей экстракции. Процесс горячей экстракции осуществлялся в трёхлитровых колбах, оснащённых обратными холодильниками (рис. 2).

Основная проблема заключается в том, что при испарении экстрагента натриевая щёлочь не взаимодействует с хлопковой стеблевой массой в достаточной степени и остаётся преимущественно в нижней части аппарата Сокслета. В результате водный раствор не способен полностью удалить из стеблевой массы такие кислотосодержащие соединения, как связанные формы госсипола, катехины, полифенольные дубильные вещества, а также лимонную и яблочную кислоты.

В связи с этим, было принято решение использовать в качестве экстрагента 5%-ный раствор NaOH для выделения госсипола, катехинов, полифенольных дубильных веществ, а также лимонной и яблочной кислот. На основе изучения технологических аспектов выделения госсипола, катехинов, полифенольных дубильных соединений, лимонной и яблочной кислот из измельчённой хлопковой стеблевой массы с применением 5%-ного раствора NaOH установлено, что данный технологический метод является значительно более эффективным по сравнению с экстракцией бензином в аппарате Сокслета. Одним из ключевых преимуществ этой технологии по сравнению с методом Сокслета является её безотходность, а также наличие ряда существенных экологических преимуществ.

Кроме того, важным экологическим преимуществом использования 5%-ного раствора NaOH в качестве экстрагента при удалении госсипола, катехинов, полифенольных дубильных веществ, лимонной и яблочной кислот является его высокая экологическая эффективность. Стоимость одного литра бензина марки АИ-95 составляет около 10 сомони. Цена одного килограмма кристаллической каустической соды (NaOH) составляет 35–37 сомони. Из 1 кг каустической соды можно приготовить 20 литров её 5%-ного водного раствора. Если не учитывать стоимость используемой воды и трудозатраты на приготовление раствора, то себестоимость одного литра 5%-ного раствора NaOH составляет в среднем 1,8 сомони, что на 8,2 сомони дешевле, чем стоимость 1 литра бензина. Ещё одним важным экологическим преимуществом 5%-ного раствора NaOH по сравнению с бензином является отсутствие риска отравления при работе с данным раствором.

Как следует из разработанной технологии очистки хлопковой стеблевой массы от кислотосодержащих соединений, представленной на рисунке 3, после экстракции измельчённого растительного сырья полученный экстракт нейтрализуется 1%-ным раствором H_2SO_4. Продуктом реакции взаимодействия натриевых солей госсипола, катехинов, лимонной и яблочной кислот с 1%-ным раствором H_2SO_4 является сульфат калий (K_2SO_4).

Как указано в технологической схеме (рисунок 1), K_2SO_4 имеет широкое практическое применение в химической промышленности. Кроме того, сульфат калия можно использовать в качестве питательного удобрения при выращивании ряда овощных культур, таких как огурцы, баклажаны, перец, картофель, морковь и другие.

В ходе исследования физико-химических аспектов разработанной технологии было установлено, что натриевые соли госсипола, катехинов, лимонной и яблочной кислот обладают высокой растворимостью в воде по сравнению с их свободной формой. В связи с этим скорость растворения указанных кислотосодержащих соединений при использовании 5%-ного раствора NaOH в качестве экстрагента значительно выше, чем при применении бензина: процесс занимает 35–40 минут, тогда как экстракция бензином марки АИ-95 требует около 360 минут.

Экологические и технологические аспекты получения госсипола, лимонной кислоты и яблочной кислоты на основе отходов производства биоэтанола

Как было отмечено выше, для получения биоэтанола из хлопковой стеблевой массы необходимо обогащение её целлюлозного компонента. В связи с этим стеблевая

масса хлопка подвергается экстракционной обработке. В результате данной обработки образуется отход (экстракт), который отличается высоким содержанием госсипола, лимонной кислоты и яблочной кислоты. Учитывая технологическую и экологическую ценность отхода, образующегося при производстве биоэтанола из хлопковой стеблевой массы, была разработана эффективная технология выделения госсипола и идентифицированных органических кислот.

Технологическая схема получения госсипола из отходов производства биоэтанола представлена на рисунке 3.

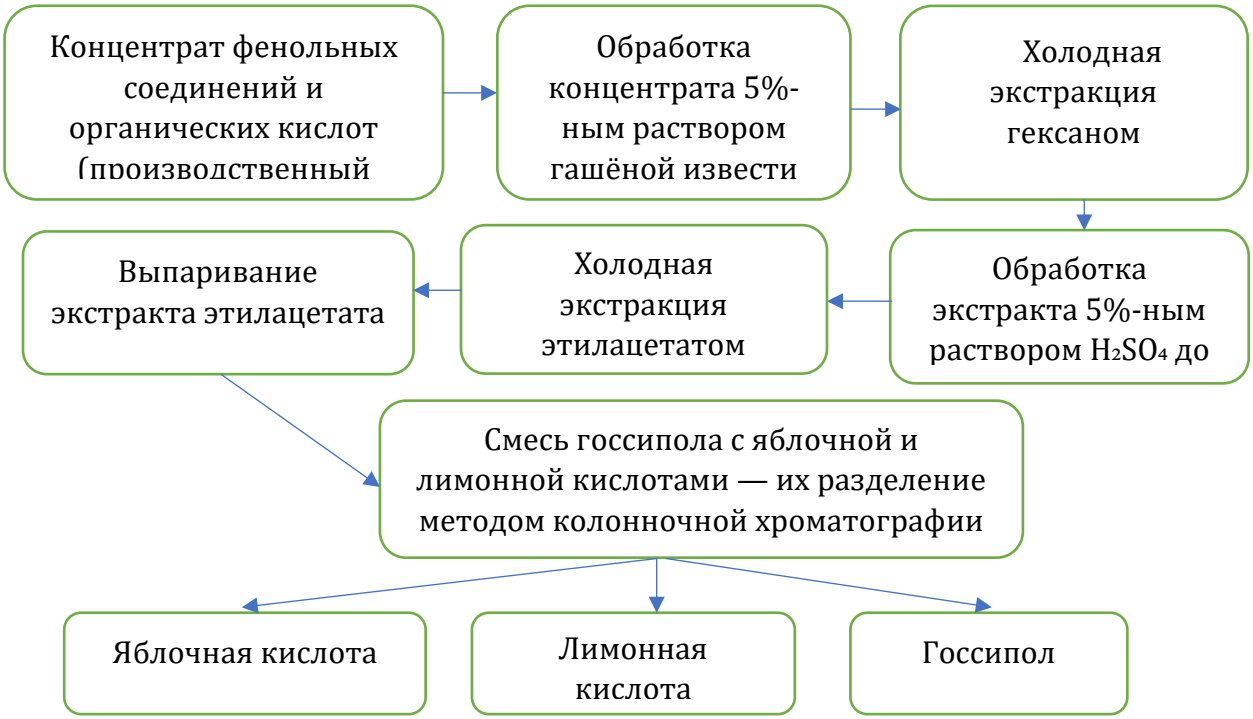


Рисунок 3. - Технологическая линия получения госсипола на основеотходов производства биоэтанола

Как следует из разработанной технологической схемы (рисунок 3), основу химического состава отхода производства биоэтанола из хлопковой стеблевой массы составляет концентрат фенольных соединений и органических кислот.

На первом этапе технологической обработки концентрат фенольных соединений и органических кислот обрабатывается 5%-ным раствором гашёной извести ($Ca(OH)_2$). В результате такой обработки органические кислоты переходят в форму соответствующих кальциевых солей. Фенольный госсипол при взаимодействии с $Ca(OH)_2$ превращается в кальциевый фенолят.

Как следует из технологической схемы разработанной технологии, после обработки концентрата 5%-ным раствором гашёной извести ($Ca(OH)_2$) и проведения холодной экстракции смесь далее обрабатывается 5%-ным раствором H_2SO_4 до достижения pH=7. Точку эквивалентности нейтрализации смеси до pH=7 можно определить с использованием универсального индикаторного бумажного теста.

Для разделения полученных веществ применяется метод колонночной хроматографии. В данном технологическом процессе в качестве неподвижной фазы хроматографической колонки используется целлюлоза, а в качестве подвижной фазы выбрана система хлороформ–этилацетат–уксусная кислота в соотношении 2:1:0,1. Элюирование компонентов осуществлялось со скоростью 10 мл/мин.

Разделение элюатов на фракции осуществлялось путём определения их оптической плотности. На основании измерения оптической плотности элюаты были разделены на

три фракции. После выпаривания первой фракции был получен госсипол, второй - лимонная кислота, а третьей - яблочная кислота.

С использованием математических методов было установлено, что из 1 тонны хлопковой стеблевой массы, используемой в качестве исходного сырья в производстве биоэтанола, возможно получение 7,42 кг госсипола, 57,22 кг лимонной кислоты и 3,34 кг яблочной кислоты.

Технологические аспекты и экологическая оценка получения биоэтанола на основе хлопковой стеблевой массы

Как отмечалось выше, результаты проведённых исследований и экспериментов показали, что получение биологического топлива биоэтанола из хлопковой стеблевой массы обладает существенными экологическими и экономическими преимуществами по сравнению с широко известными технологиями.

Учитывая эти преимущества, нами была разработана новая и эффективная технология производства биоэтанола на основе хлопковой стеблевой массы (рисунок 5).



Рисунок 4. - Технологическая линия получения биотопливного биоэтанола на основе стеблей хлопчатника

Как следует из технологической схемы получения биологического топлива биоэтанола на основе хлопковой стеблевой массы, представленной на рисунке 4, после

сбора стеблевой массы она измельчается в специально разработанной экспериментальной установке.

После измельчения, с целью повышения доли целлюлозного компонента, сырьё подвергается специальной обработке методом экстракции.

Следует отметить, что с целью повышения экологической и экономической эффективности технологии получения биоэтанола на основе хлопковой стеблевой массы из образующихся при производстве отходов дополнительно выделяются ценные продукты фенольный госсипол, лимонная и яблочная кислоты.

Изучение физико-химических аспектов процесса обогащения хлопковой стеблевой массы целлюлозой показало, что до обработки массовая доля полисахаридов составляет 42,46% (из них 39,67% приходится на целлюлозу), тогда как после обработки она увеличивается до 59,60%. Полученные результаты свидетельствуют о том, что обогащение стеблевой массы целлюлозой является одним из ключевых факторов, оказывающих положительное влияние на повышение эффективности технологии получения биологического топлива биоэтанола на основе хлопковой стеблевой массы.

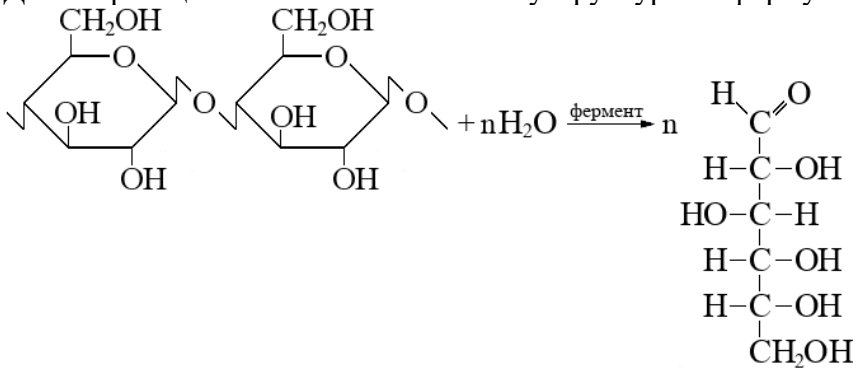
В разработанной технологии после обогащения стеблевой массы хлопка полисахариды, входящие в её состав, подвергаются кислотному гидролизу. Реакция гидролиза проводится в гидролизном аппарате. Следует отметить, что, поскольку в качестве катализаторов используются кислотные ферменты и растворы минеральных кислот, внутренняя поверхность гидролизного аппарата должна быть покрыта кислотостойкими керамическими плитками.

В разработанной технологии гидролиз целлюлозы и других полисахаридов, содержащихся в хлопковой стеблевой массе, осуществляется в присутствии разбавленного раствора серной кислоты при температуре +160 -200 °С.

Такая технологическая обработка способствует превращению полисахаридов хлопковой стеблевой массы в соответствующие моносахариды пентозы и гексозы. Физико-химические аспекты данного процесса могут быть обоснованы следующими химическими реакциями.

$$\underset{\text{целлюлоза}}{(C_6H_{10}O_5)_n} + nH_2O \xrightarrow{H_2SO_4,\ t} \underset{\text{глюкоза}}{nC_6H_{12}O_6} \qquad (1)$$

Данная реакция с использованием полуструктурных формул имеет следующий вид:



(2)

Из рассмотренной реакции следует, что серная кислота в процессе кислотного гидролиза полисахарида целлюлозы выполняет функцию катализатора. Одним из факторов, влияющих на протекание реакции, является температура. После кислотного гидролиза полисахаридов целлюлозы хлопковой стеблевой массы гидролизат обрабатывают 10%-ным раствором гашёной извести ($Ca(OH)_2$) до достижения pH=5,5-6,0. Такая обработка снижает кислотность гидролизата и способствует образованию средней соли сульфата кальция ($CaSO_4$). Поскольку гидролизат представляет собой водную систему, образующийся $CaSO_4$ переходит в форму своего кристаллогидрата $CaSO_4*2H_2O$.

Следует отметить, что соль $CaSO_4*2H_2O$ нерастворима в воде. Поэтому она не может вступать с водой в химическое взаимодействие. В связи с этим данная реакция относится к числу необратимых.

Одним из экологических преимуществ разработанной нами технологии является то, что в качестве реагента для снижения кислотности гидролизата используется гашёная известь ($Ca(OH)_2$), в результате взаимодействия которой образуется осадок $CaSO_4*2H_2O$. Полученный осадок, являющийся технологическим отходом, может быть использован в качестве композиционной добавки при производстве строительных клеевых материалов.

В разработанной технологии после отделения солей и не гидролизовавшихся остатков гидролизат разделяют на пентозную и гексозную фракции в соответствии с известной технологической методикой.

После фракционирования выделенные из хлопковой стеблевой массы моносахариды подвергаются сбраживанию биотехнологическим методом. Следует отметить, что такая последовательность операций совпадает с общепринятой технологической схемой, используемой во всех известных методах получения биоэтанола.

В разработанной технологической схеме «для ферментативного сбраживания полученных пентоз рекомендуется использовать дрожжевой штамм *P. tannophilus*, а для сбраживания моносахаридов гексозного ряда - дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*. Результаты проведённого экспериментального анализа показали, что идентификация изомеров пентоз (альдопентоз и кетопентоз) и гексоз (альдогексоз и кетогексоз) методами инфракрасной спектроскопии и масс-спектрометрии невозможна. Как известно, данные методы относятся к высокоточным и высокочувствительным физико-химическим способам анализа» [11].

Причина низкой эффективности методов инфракрасной спектроскопии и масс-спектрометрии заключается в том, что изомеры, относящиеся к альдопентозам, кетопентозам, алдогексозам и кетогексозам, обладают одинаковыми функциональными группами и радикалами, что приводит к совпадению их молекулярных масс. По этой причине при идентификации пентоз и гексоз, выделенных из хлопковой стеблевой массы, применение методов инфракрасной спектроскопии и масс-спектрометрии не позволило получить удовлетворительные результаты.

Для анализа и идентификации пентоз и гексоз, выделенных из хлопковой стеблевой массы, нами был использован метод газо-жидкостной хроматографии. В качестве химического реагента для идентификации исследуемых моносахаридов применяли полидиэтиленгликольсукцинат. Выбор полидиэтиленгликольсукцината обусловлен тем, что данное соединение хорошо растворяет и равномерно распределяет носитель, неподвижную фазу хроматографической колонки.

При хроматографическом анализе моносахаридов, содержащихся в гидролизате хлопковой стеблевой массы, в качестве неподвижной хроматографической фазы был выбран сорбент *Хромосорб-W*.

Для приготовления твёрдого носителя (неподвижной хроматографической фазы) 30г. *Хромосорб-W* помещали в колбу вместимостью 250мл, затем добавляли 2,45 г полидиэтиленгликольсукцината и растворяли полученную смесь в хлороформе. После этого хлороформ удаляли из приготовленной смеси методом выпаривания. Выпаривание проводили на роторном испарителе.

Затем неподвижную хроматографическую фазу высушивали и подвергали термической обработке в сушильном шкафу при температуре 50 °С в течение 3 часов. После термообработки хроматографический сорбент, приготовленный на основе полидиэтиленгликольсукцината и *Хромосорб-W*, порциями переносили во внутрь колонки хроматографического прибора. Для уплотнения слоя неподвижной хроматографической фазы использовался вакуумный насос.

После элюирования смеси пентоз и гексоз, содержащихся в хлопковой стеблевой массе, были получены следующие результаты (рисунок 6).

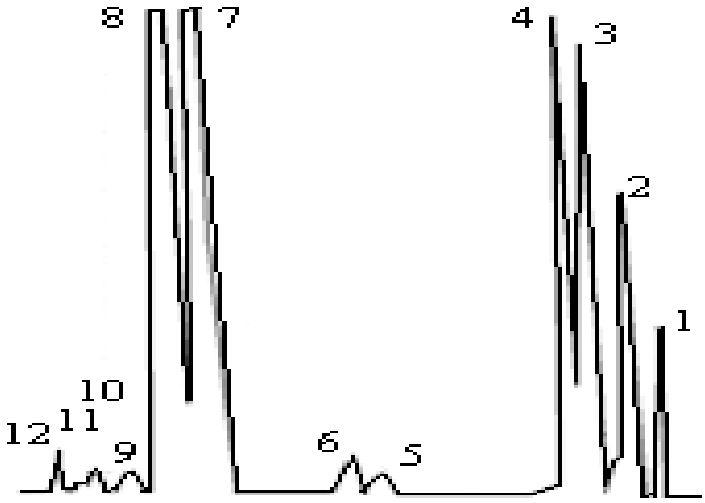


Рисунок 5. - Хроматограмма смеси пентоз и гексоз, содержащихся в хлопковой стеблевой массе

Примечание: *1 - аллоза; 2 - алтроза; 3 - манноза; 4 - галактоза; 5, 6 - неидентифицированные углеводы; 7 - глюкоза; 8 - ксилоза; 9, 10 - неидентифицированные углеводы; 11 - дезоксирибоза; 12 - рибоза.*

Как следует из результатов хроматографического анализа гидролизата хлопковой стеблевой массы, представленных на рисунке 5, его основной состав формируют глюкоза, галактоза и ксилоза. Учитывая химические свойства идентифицированных моносахаридов, можно обоснованно утверждать, что данные соединения могут быть использованы в качестве сырья для производства биоэтанола, поскольку они способны подвергаться ферментативному сбраживанию. Результатом этой реакции является биоэтанол.

Как указано в разработанной технологии, после ферментативного сбраживания, осуществляемого с использованием дрожжевых культур *P. tannophilus и Saccharomyces cerevisiae*, реакционная смесь подвергается фильтрованию. После фильтрования полученный раствор направляется на ректификационное выпаривание. В результате ректификации получается биоэтанол с концентрацией 96%.

Анализ химического состава полученного биоэтанола показал, что он содержит до 4% воды, 0,26% ацетальдегида, 0,53% уксусной кислоты, а также около 0,12% соединений, относящихся к эфирным маслам. Проведённые дальнейшие исследования установили, что, несмотря на то что указанные соединения не являются экологически опасными, их присутствие в топливе может негативно воздействовать на элементы автомобильного двигателя, вызывая коррозионное поражение системы подачи топлива.

Учитывая данный недостаток качества биоэтанола, для снижения содержания воды, а также для удаления альдегидов и органических кислот полученный биоэтанол подвергали термической обработке с использованием каустической соды. Обработку проводили в круглодонной колбе объёмом 1000 мл, снабжённой обратным водяным холодильником.

Термическая обработка осуществлялась на водяной бане при температуре 80–85 ^{0}C. Следует отметить, что после такой обработки водная фаза отделяется от спиртовой и оседает в нижней части колбы. Водную фракцию отделяли от спиртовой с использованием делительной воронки. После отделения воды биоэтанол повторно подвергался ректификационному выпариванию.

На основании выполненных экспериментальных исследований установлено, что подобная дополнительная обработка приводит к 3,5% потерь биоэтанола 96^0, однако

позволяет повысить концентрацию биоэтанола с 96^0 до 98^0. Дальнейшие исследования показали, что биоэтанол такого качества может использоваться в качестве модификатора, улучшающего экологические характеристики и энергоэффективность бензиновых топлив.

«При этом они выделяют из своего рациона жиры. При сгорании моторного топлива автомобильного транспорта выделяются газы, являющиеся продуктом химической реакции неполного окисления углеводородного топлива. Именно эти выхлопные газы двигателя являются основной причиной увеличения допустимых загрязняющих веществ и канцерогенов в атмосфере крупных городов и густонаселенных населенных пунктов» [9].

Проведенные исследования и наблюдения показали, что «заторы автомобильного движения приводят к чрезмерному выбросу газообразных и аэрозольных отходов, что приводит к частой причине отравлений в замкнутых пространствах. Концентрация выбросов, связанных с загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферу автомобильным транспортом, определяется общим объемом и содержанием выделяемых газов. Концентрация загрязняющих веществ определяется, в основном, общим расходом топлива по отношению к пройденному автомобилем расстоянию» [5].

«От Душанбе до южного входа в тоннель «Истиклол» дорога на расстоянии около 55 км (по прямой) набирает высоту около 1800 м. На этом участке атмосферное давление падает почти на одну пятую, но нормы содержания вредных веществ в используемых газах и методы их испытаний для равнин и возвышенностей едины» [3]. Зарубежные исследования показывают, что влияние высоты на выбросы зависит от типа двигателя, режима работы и метода измерения и неоднородно. В условиях Таджикистана этот вопрос изучался в основном с точки зрения расхода топлива и безопасности движения, его окружающая среда мало изучена.

Целью данного подраздела является количественная оценка изменения концентрации CO, CH, NOx и CO_2 в отработавших газах бензинового автомобиля в интервале высот 801-2615 м в реальных дорожных условиях. Результаты служат «базовой линией» для дальнейшего сравнения бензина и бензино-биоэтанольных смесей (раздел 3.3.3).

Объект и метод испытаний. Объектом испытаний стал легковой автомобиль Lexus RX 450h (выпуск 2015 года) с гибридной силовой установкой и бензиновым двигателем. Измерения были проведены 22.09.2026 при выезде с дороги Душанбе – тоннеля «Истиклол» в долине реки Варзоб, от района ТЭЦ Душанбе до южного входа в тоннель. Были выбраны шесть точек измерения на высотах 801, 1049, 1488, 1660, 2171 и 2615 м (таблица 6); координаты и высоты были определены с помощью приложения GPS Info с точностью 4-9 м. Продольный разрез графика показан на рисунке 6.

Таблица 5. - Пункты измерений и условия проведения испытаний

Высота, м	**Широта, ° с. ш.**	**Долгота, ° в. д.**	**Давление, кПа**	**$t_в$, °C**	**n_{XX}, мин$^{-1}$**	**$n_{ПЧВ}$, мин$^{-1}$**
801	38,60528	68,77242	92,3	31	677	2547
1049	38,76874	68,81922	87,45	29	672	2533
1488	38,92015	68,80927	85,36	27	665	2533
1660	38,96203	68,77771	83,9	26	673	2583
2171	39,05289	68,74636	78,3	25	672	2583
2615	39,06175	68,70007	74,6	24	673	2558

Примечание: tв – температура воздуха; n – средняя частота вращения коленчатого вала в серии.

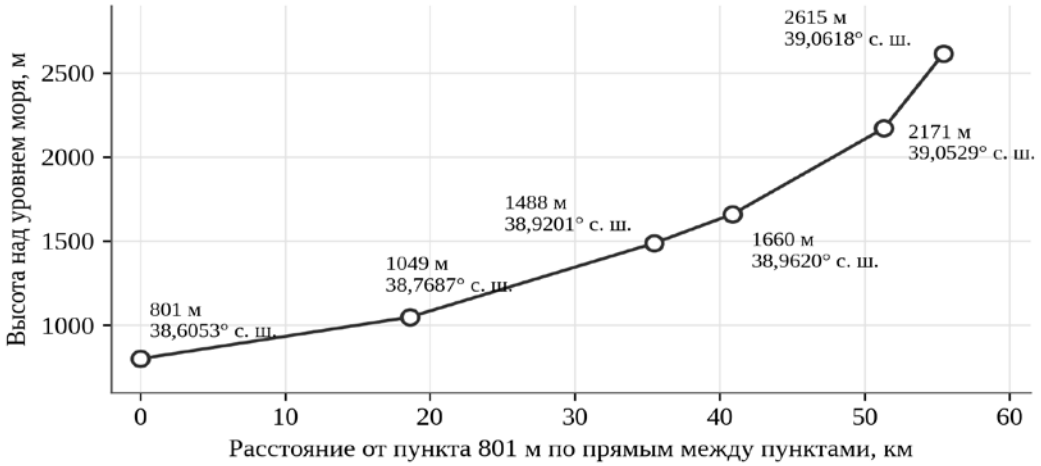


Рисунок 6. – Продольный профиль участка Душанбе – тоннель «Истиклол» с пунктами измерений

Состав отработавших газов определяли четырёхкомпонентным газоанализатором «Автотест» производства ООО «МЕТА» (дата проверки 25.01.2026). Пробоотборный зонд устанавливали в выпускную трубу; общий вид установки дан на рис. 7. Двигатель прогревали до рабочей температуры: по всем сериям температура масла находилась в пределах 84–88 °C. На каждой отметке выполнено две серии по шесть замеров: на холостом ходу (ХХ, 630–700 мин−1) и при повышенной частоте вращения коленчатого вала (ПЧВ, 2350–2700 мин−1). Всего получено 72 замера. Показания CH и NOx регистрировались с дискретностью 1 млн−1.



Рисунок 7. – Измерительный процесс с газоанализатором «Автотест» на дороге Душанбе-тоннель «Истиклол»

Обработка результатов прямых измерений велась по серии объёмом n = 6. Среднее значение и среднеквадратичное отклонение отдельного замера вычисляли по формулам

$$\bar{x} = (1/n)\cdot\Sigma xi; \quad S = \sqrt{[\Sigma(xi - \bar{x})2 / (n - 1)]}, \tag{3}$$

границы доверительного интервала и относительную погрешность по формулам

$$\Delta x = t(P; n)\cdot S/\sqrt{n}; \quad \varepsilon = \Delta x / \bar{x} \cdot 100\ \%, \tag{4}$$

где t(P; n) = 2,571 – коэффициент Стьюдента при доверительной вероятности P = 0,95 и n − 1 = 5 степенях свободы. Связь каждого показателя с высотой H описывали линейной моделью

$$y = a + b\cdot H, \tag{5}$$

параметры которой находили методом наименьших квадратов по 36 индивидуальным замерам каждого режима; значимость коэффициента b проверяли t-критерием, различие между высотными группами однофакторным дисперсионным анализом, различие режимов на одной отметке критерием Уэлча. Уровень значимости принят 0,05.

Сводные результаты приведены в табл. 6, параметры высотных зависимостей в табл. 8, графическая интерпретация на рисунке 8.

Таблица 6. – Содержание компонентов в отработавших газах, $\bar{x} \pm \Delta x$ (P = 0,95; n = 6)

Показатель	Режим	801 м	1049 м	1488 м	1660 м	2171 м	2615 м
CO, %	ГОЗ	0,077 ± 0,014	0,085 ± 0,011	0,088 ± 0,015	0,080 ± 0,016	0,063 ± 0,023	0,058 ± 0,028
	ГБЗ	0,173 ± 0,031	0,120 ± 0,024	0,127 ± 0,029	0,150 ± 0,033	0,143 ± 0,055	0,157 ± 0,043
CH, млн$^{-1}$	ГОЗ	15,17 ± 0,43	18,67 ± 0,54	22,17 ± 0,43	25,17 ± 0,43	29,00 ± 0,66	32,33 ± 1,08
	ГБЗ	14,50 ± 0,57	18,33 ± 0,86	21,50 ± 1,10	24,67 ± 0,86	28,17 ± 1,39	32,67 ± 2,45
NO_x, млн$^{-1}$	ГОЗ	5,83 ± 1,03	4,50 ± 1,10	3,33 ± 1,08	2,33 ± 0,54	1,33 ± 1,08	0,67 ± 0,54
	ГБЗ	7,83 ± 0,79	6,83 ± 0,79	5,50 ± 0,57	4,17 ± 0,79	3,33 ± 0,54	1,33 ± 0,54
CO_2, %	ГОЗ	14,13 ± 0,40	13,78 ± 0,42	13,31 ± 0,39	12,96 ± 0,34	12,53 ± 0,20	12,12 ± 0,60
	ГБЗ	14,76 ± 0,53	14,42 ± 0,22	14,20 ± 0,22	13,89 ± 0,29	13,72 ± 0,32	13,58 ± 0,42

Сильнее всего на высоту реагируют углеводороды. На холостом ходу их концентрация выросла с 15,17 ± 0,43 млн−1 у Душанбе до 32,33 ± 1,08 млн−1 на отметке 2615 м, при ПЧВ с 14,50 ± 0,57 до 32,67 ± 2,45 млн−1. Рост почти линеен: коэффициент b составил 9,37 млн−1/км на ХХ и 9,67 млн−1/км при ПЧВ, коэффициент детерминации 0,978 и 0,952. Режим работы на содержание CH практически не влияет: значимое различие между ХХ и ПЧВ отмечено только на отметке 801 м ($p = 0,04$), на остальных $p = 0,19–0,76$.

Оксиды азота ведут себя противоположным образом. На холостом ходу среднее содержание NOx снизилось с 5,83 до 0,67 млн−1 (на 88,6%), при ПЧВ с 7,83 до 1,33 млн−1 (на 83,0%). Абсолютные значения здесь малы и сопоставимы с дискретностью отсчёта (1 млн−1), поэтому на отметках 2171 и 2615 м относительная погрешность серий на ХХ достигает 81 %; тренд тем не менее выражен ($R^2 = 0,79$ и 0,91, $p < 0,001$).

Таблица 7. – Параметры линейной зависимости y = a + b·H (H, км) по 36 замерам каждого режима

Показатель	Режим	a	b, ед./км	R^2	p (b)	p (ANOVA)	Δ, %
Оксид углерода CO, %	ХХ	0,098	−0,0137	0,187	0,008	0,039	−23,9
	ПЧВ	0,142	0,0019	0,001	0,854	0,137	−9,6
Углеводороды CH, млн$^{-1}$	ХХ	8,47	9,37	0,978	< 0,001	< 0,001	+113,2
	ПЧВ	7,53	9,67	0,952	< 0,001	< 0,001	+125,3
Оксиды азота NOx, млн$^{-1}$	ХХ	7,58	−2,81	0,793	< 0,001	< 0,001	−88,6
	ПЧВ	10,50	−3,47	0,914	< 0,001	< 0,001	−83,0
Диоксид углерода CO_2, %	ХХ	14,94	−1,10	0,781	< 0,001	< 0,001	−14,2
	ПЧВ	15,13	−0,64	0,599	< 0,001	< 0,001	−8,0

Примечание: Δ – изменение среднего значения на отметке 2615 м относительно отметки 801 м.

Объёмная доля CO2 уменьшилась на 14,2% на ХХ (с 14,13 до 12,12 %) и на 8,0% при ПЧВ (с 14,76 до 13,58 %). Для CO устойчивой высотной зависимости нет. При ПЧВ регрессия незначима ($p = 0,85$), дисперсионный анализ различий между отметками не выявил ($p = 0,14$). На холостом ходу связь формально значима ($p = 0,008$), но слаба ($R^2 = 0,19$) и направлена в сторону снижения CO с высотой. Повышенная частота вращения на всех отметках дала более высокие CO, NOx и CO_2, чем холостой ход (критерий Уэлча, $p < 0,05$).

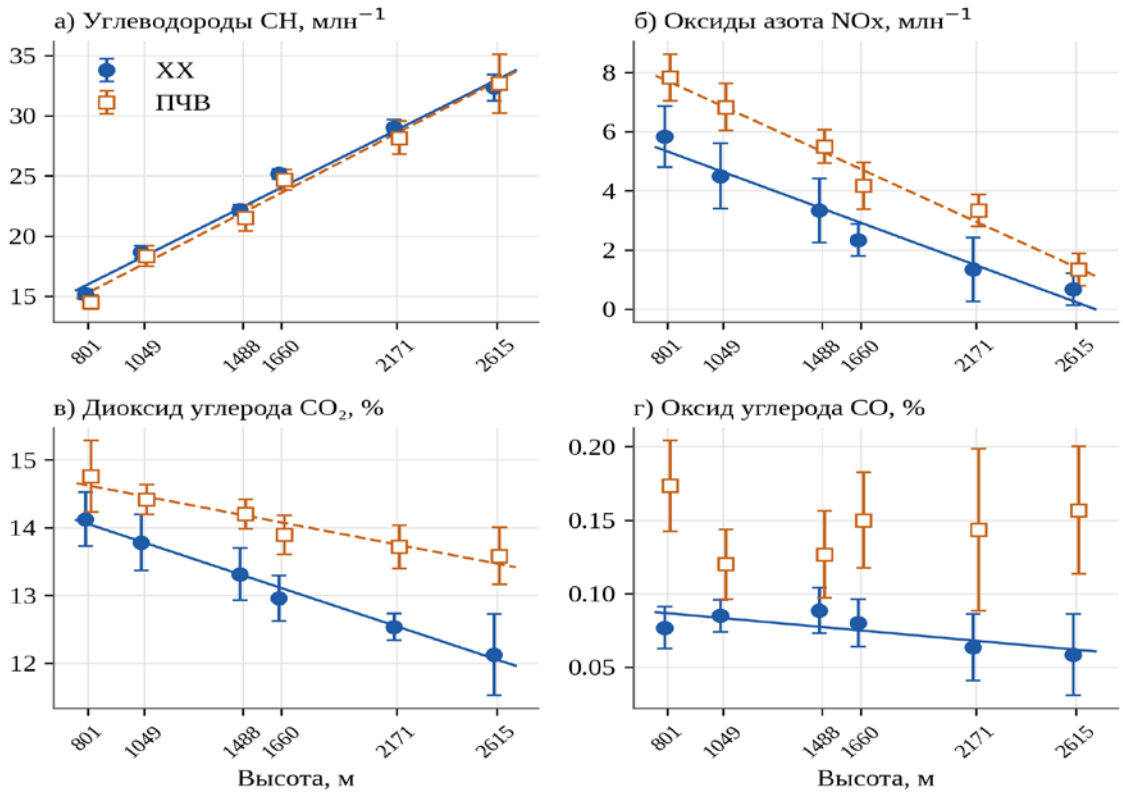


Рисунок 8. - Зависимость содержания CH (а), NOx (б), CO2 (в) и CO (г) от высоты: точки – средние значения с доверительным интервалом (P = 0,95), линии – значимые регрессии; ● – XX, □ – ПЧВ

Почему углеводородов становится вдвое больше, а CO почти не меняется? Современная система управления с обратной связью по датчикам кислорода удерживает состав смеси близким к стехиометрическому и при пониженной плотности воздуха, поэтому обогащения смеси, характерного для карбюраторных двигателей, ожидать не приходится. «Рост CH при этом согласуется с данными высотной камеры, где увеличение углеводородов связывается с ухудшением сгорания» [18] при меньшей плотности заряда снижаются давление и температура конца сжатия, пламя распространяется медленнее, и доля несгоревшего топлива у стенок и в зазорах камеры растёт. Проверить этот механизм прямыми измерениями по нашим данным нельзя. Гипотеза остаётся гипотезой.

«Снижение NOx объясняется той же причиной с обратным знаком. Образование оксидов азота определяется главным образом пиковой температурой сгорания, а она при разреженном заряде ниже. Похожее снижение NOx на начальном участке роста высоты описано в [18], «у дизельного двигателя на холостом ходу этот эффект не проявился» [25], что указывает на зависимость результата от типа рабочего процесса.

Отдельного разговора заслуживает CO_2. Атмосферное давление между крайними пунктами упало на 19,2 %, плотность воздуха с учётом температуры приблизительно на 17,3%, объёмная доля CO_2 на XX на 14,2%. Коэффициент корреляции средних значений CO_2 с давлением составил 0,98 на XX и 0,97 при ПЧВ. Такая близость наводит на мысль, что часть наблюдаемого снижения может быть связана не с процессом сгорания, а с работой оптического канала газоанализатора при пониженном давлении пробы. Если прибор не имеет автоматической коррекции по давлению, его показания в горах требуют пересчёта. Важно и другое: снижение объёмной доли CO_2 не означает снижения массового выброса на километр пробега. Дорожные испытания, напротив, фиксируют рост выбросов CO_2 с высотой, и противоречия здесь нет, поскольку измеряются разные величины.

По содержанию CO автомобиль на всех отметках укладывается в предельные значения межгосударственного стандарта для транспортных средств экологического класса 4 и выше: 0,3 % на минимальной и 0,2 % на повышенной частоте вращения [3]. Иначе обстоит дело с углеводородами: при двукратном росте CH с высотой запас до нормативного предела у автомобилей с изношенными системами зажигания и нейтрализации может исчерпываться в горах раньше, чем на равнине.

Ограничения эксперимента очевидны. Был протестирован один автомобиль, поэтому доверительные интервалы описывают повторяемость измерений, а не разброс в парке. Высота над уровнем моря и температура воздуха (от 24 до 31 °C) изменялись вместе, и по этим данным невозможно выделить их влияние. Измерения проводились на неподвижном транспортном средстве, без характерной подъемной нагрузки; к реальному эффекту добавляются «уклон дороги» [19] и «способ движения» [17]. «По концентрациям нельзя сделать вывод о массовых выбросах, необходимых для инвентаризации парниковых газов» [7], для этого необходимы испытания с бортовой системой измерения расхода отработанных газов (PEMS).

На выходе с 801 м до 2615 м (падение давления с 92,3 до 74,6 кПа) концентрация углеводородов в отработавших газах бензинового гибридного автомобиля увеличилась на 113,2% (ГОЗ) и 125,3% (ГБЗ), что составляет примерно 9,4–9,7 млн−1 на 1000 м; NOx снизились на 83,0–88,6%, а объемная доля CO_2–на 8,0-14,2%, а CO стабильная зависимость нет (средние значения ≤ 0,18%). Именно увеличение CH на высоте становится основной целью использования оксигенатов, в том числе биоэтанола.

Обоснование применения бензино-биоэтанольных смесей в высокогорных условиях

Результаты, приведенные в параграфе 3.3.2, ясно показывают проблему: с высотой увеличивается не CO, а несгоревшие углеводороды. Может ли добавка биоэтанола компенсировать это увеличение? Прямой ответ дает только сравнительный тест на том же маршруте и с тем же протоколом. Здесь суммируются теоретические основы и литературные знания.

Молекула этанола (C_2H_5OH) содержит приблизительно 34,7% кислорода по массе. В смеси E10 (10% объемного содержания этанола) доля кислорода в топливе составляет приблизительно 3,5–3,7% (массовая). Для стехиометрического сгорания 1 кг бензина требуется примерно 14,6-14,7 кг воздуха, для E10-примерно 14,1 кг. Если эти величины сравнить с уменьшением плотности воздуха на Варзобском маршруте (примерно на 17,3% между точками 801 и 2615 м), то станет ясно, что структурный кислород E10 не компенсирует нехватку воздуха. Реальная роль оксигенатов иная: в двигателях без обратной связи (карбюраторных, устаревших) они обедняют смесь, улучшая полноту сгорания на богатых локальных участках.

Данные литературы делают этот вывод точным. «В низких смесях (E5–E20) снижение содержания CO и HC наиболее заметно в карбюраторных двигателях и режимах с богатой смесью, в то время как NOx увеличивается и уменьшается в зависимости от режима» [22]. «В Боготе (около 2600 м) при E20 не было обнаружено статистически значимой разницы в мощности, расходе топлива и регулируемых выбросах, но выбросы формальдегида, этана, этилена и этанола снизились на 20-40%» [23]. «В моторном отсеке на той же высоте удельный расход топлива увеличился на 4300 мин−1 с добавлением этанола на 7-55%» [15]. «В дорожных измерениях E10 увеличил содержание формальдегида в среднем на 14%» [20].

Таблица 8. – Ожидаемый эффект смеси Е10 по сравнению с бензином Е0 в высокогорных условиях (по данным литературы)

Показатели	Ожидаемый результат	Условия и примечание	Источник
CO	уменьшается или не изменяется	уменьшается в основном в карбюраторных двигателях и богатых режимах; в системах с тонким λ-управлением	[22, 13]
CH (HC)	можно уменьшить	эффективность должна быть проверена именно на высоте, на которой увеличивается CH (параграф 3.3.2)	[15, 22]
NO_x	зависит от режима (±)	на низких оборотах может уменьшаться, на высоких-увеличиваться	[15, 20, 22]
Альдегиды	увеличиваются	формальдегид в Е10 в среднем +14%; в смесях с высоким содержанием ацетата альдегида несколько раз	[20, 21]
Объемный расход топлива	немного увеличивается	связано с более низкой теплотой сгорания этанола; подтвердить измерением	[15, 22]
Фазовой стабильности	опасность в присутствии воды	для смешивания необходим безводный этанол; количество воды согласно EN 15376	[14, 16]

Из вышеприведенного следует три практических вывода. Во-первых, нет оснований ожидать снижения расхода топлива на 20-30% при использовании Е10: объемный расход, как правило, немного увеличивается с учетом более низкой теплоты сгорания этанола. Во-вторых, экологический эффект Е10 в современных автомобилях более выражен в CH и нерегулируемых выбросах, в старом карбюраторном автопарке также ожидается в CO. В-третьих, контроль альдегидов является обязательным, поскольку они увеличиваются с добавлением этанола.

Требования к качеству также имеют решающее значение. «Для смешивания с бензином необходим безводный этанол, содержание воды в котором ограничено десятыми долями процента в соответствии с EN 15376» [14]. 96-98% этанол, полученный в соответствии с разделом 3.2.5, не соответствует этому требованию: «азеотроп этанола-вода не может быть расщеплен простой ректификацией» [16], а наличие воды в смеси создает риск разделения фаз. Поэтому перед транспортными испытаниями необходим этап обезвоживания и проверка качества смеси по ГОСТ 32513-2013.

Предложения по оценке использования биоэтанола в качестве экологического топлива в автомобильном транспорте:

1. Сырье и технологии: Было установлено, что биотехнологическая переработка стеблей хлопчатника позволяет создать в Таджикистане стабильный источник сырья для производства биоэтанола второго поколения (*2G*). Этот процесс полностью сокращает сжигание биомассы на полях, уменьшая объем выбросов парниковых газов (CO_2) в аграрном секторе.

2. Комплексные продукты: Было показано, что разработанная технология кислотного гидролиза стеблей хлопчатника (экспериментальный выход этанола должен быть точным) позволяет комплексно выделять ценные побочные продукты – полифенольный концентрат госсипола (для фармацевтической промышленности), лимонную и яблочную кислоты (для пищевой промышленности).

3. Оптимизация сгорания: на основе изучения физико-химических свойств бензино-этанольного смешанного топлива в качестве исходного соотношения для

испытаний предлагается смесь Е10 (10% безводного биоэтанола по объему); его фазовая стабильность и совместимость с двигателями должны быть подтверждены экспериментально.

4. Экологическая эффективность в высокогорье: на дороге Душанбе-тоннель «Истиклол» с подъемом с 801 до 2615 м концентрация CH в отработавших газах увеличилась почти вдвое (113-125%), NOx снизилась на 83-89%, а CO_2 уменшалась на 8-14%. Эти результаты указывают на необходимость тестирования биоэтанольных смесей именно в условиях большой высоты и включения коррекции давления в метод борьбы с токсичностью.

5. Широкое использование биоэтанола в качестве топливной добавки: исследования показали, что добавление биоэтанола в бензин может привести к улучшению экологических характеристик выхлопных газов двигателей. Поэтому следует поощрять и внедрять использование биоэтанола в качестве топливной добавки в автомобильном транспорте.

6. Усовершенствование технологии производства биоэтанола из стеблей хлопчатника: разработка новой технологии производства биоэтанола из стеблей хлопчатника позволяет эффективно использовать отходы сырья и побочных продуктов. Эта технология должна быть усовершенствована и внедрена на практике.

7. Стимулирование использования транспорта с низким уровнем выбросов: исследования показали, что выбросы от транспорта различаются в зависимости от типа топлива и используемой области. Правительство и общественность должны поощрять использование транспорта, который выбрасывает меньше отходов, в том числе транспорта, оснащенного биоэтанольными двигателями.

8. Проведение дополнительных исследований в области применения биоэтанола. Чтобы полностью понять потенциал биоэтанола как экологического топлива и оптимизировать его использование, необходимо провести дополнительные исследования. Это может включать исследования по совершенствованию технологии производства, изучение долгосрочного воздействия использования биоэтанола на двигатели и окружающую среду, а также экономический анализ его использования.

9. Повышение осведомленности общественности о преимуществах использования биоэтанола. Чтобы стимулировать широкое использование биоэтанола, важно, чтобы население осознавало его экологические и экономические преимущества. Создание информационных и познавательных программ может помочь решить эту проблему.

Эти предложения вытекают непосредственно из основных результатов исследования, описанного в главе, и направлены на его основную цель – оценку использования биоэтанола в качестве экологического топлива в автомобильном транспорте. Предлагаемые конкретные рекомендации могут способствовать улучшению экологической ситуации за счет широкого использования биоэтанола.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании анализа научной литературы, методов органической химии и биохимического анализа выполнено исследование и идентификация химического состава нефтяных углеводородов бензиновой фракции нефти, а также оценена вероятность их негативного влияния на устойчивое функционирование растений и организм человека. Наряду с идентификацией состава нефтяных углеводородов выявлены экологические проблемы данной области и определены пути их устранения [2-А, 4-А, 5-А, 7-А, 11-А, 12-А, 18-А, 19-А].

2. С использованием биотехнологического метода разработана эффективная и экологически предпочтительная технология получения биоэтанола на основе стеблей хлопчатника. Установлено, что применение стеблей хлопчатника в качестве исходного

сырья для производства биоэтанола по сравнению с известными и аналогичными технологиями обладает рядом экологических преимуществ. В ходе выполнения поставленных задач исследованы её экологические, биохимические, физико-химические и технологические аспекты. С целью повышения экологической эффективности разработанной технологии перед ферментативным брожением внедрена эффективная технология обогащения углеводов, содержащихся в стеблях хлопчатника [4-А, 7-А, 11-А, 12-А, 20-А].

3. С целью использования полученного биоэтанола в качестве модификатора снижения выбросов выхлопных газов транспортных средств он подвергается специальной переработке, в результате которой превращается в биоэтанол с концентрацией 98%. Эта концентрация недостаточна для смешивания с бензином и требует дополнительной фазы дегидратации до уровня топливного этанола. На основании анализа литературных данных и расчета кислородного баланса было показано, что смесь Е10 не компенсирует нехватку воздуха на большой высоте, но может снизить выбросы CH и CO в двигателях без обратной связи; этот эффект должен быть подтвержден по программе дополнительных экспериментов [4-А, 7-А, 11-А, 12-А, 13-А, 18-А, 19-А, 20-А].

4. На дороге Душанбе – тоннель «Истиклол» с подъемом с 801 до 2615 м (падение давления с 92,3 до 74,6 кПа) концентрация углеводородов в отработавших газах бензинового гибридного автомобиля увеличилась на 113,2% (на холостом ходу) и 125,3% (на высоком ходу), что составляет примерно 9,4–9,7 млн−1 на 1000 м (R^2 = 0,95–0,98). Содержание NOx снизилось на 83,0–88,6%, а объемная доля CO_2–на 8,0-14,2%; устойчивой зависимости CO от высоты не обнаружено (средние значения ≤ 0,18%) [13-А].

5. Близость снижения объемной доли CO_2 к снижению атмосферного давления указывает на необходимость учета метода компенсации давления в газоанализаторах при контроле токсичности в горах. Для оценки экологической нагрузки горных дорог Таджикистана необходим переход от концентраций к удельным массовым выбросам (г/км) и расширение выбора транспортных средств [13-А].

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Комитету по охране окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан: при разработке национальных экологических стандартов и мониторинге качества атмосферного воздуха крупных городов и высокогорных автомагистралей республики рекомендуется применять установленные зависимости содержания используемых газов от высоты (в том числе коррекцию давления в методе борьбы с токсичностью).

2. Министерству сельского хозяйства Республики Таджикистан: рекомендуется внедрить метод сбора и промышленной переработки хлопчатника в качестве «зеленой» технологии для предотвращения сжигания биологического материала на пахотных землях.

3. Министерству промышленности и новых технологий Республики Таджикистан: при проектировании малых и средних химических и фармацевтических предприятий в рамках государственной программы импортозамещения рекомендуется учитывать комплексную технологическую схему переработки скорлупы (с выделением госсипола и органических кислот).

4. Компаниям-поставщикам топлива (например, «Газпромнефть-Таджикистан» и др.): Рекомендуется после подтверждения качества смеси Е10 по ГОСТ 32513-2013 и результатов дополнительных испытаний рассмотреть ее пробное применение на транспортных средствах горных районов.

Список литературы

1. Абдуллоев, М.А. Влияние термодинамических параметров горной среды на энергетические показатели автотракторных двигателей внутреннего сгорания: дис. … канд. техн. наук: 01.04.14 / М.А. Абдуллоев. – Душанбе, 2004. – 136 с.

2. ГОСТ 32513–2013. Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия: межгосударственный стандарт. – Текст: электронный.

3. ГОСТ 33997–2016. Колёсные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки: межгосударственный стандарт. – Москва: Стандартинформ, 2017. – Текст: электронный.

4. Гулахмадов Х.Ш. Безотходное производство нефтегазовой отрасли [Текст] / Д.Э. Иброгимов, Х.Ш. Гулахмадов // Вестник ТТУ им.акд.М.С. Осими. – 2014. –№2(26). – С.124-125.

5. Амиров, О.Х. Защита атмосферы от выбросов крупных энергетических объектов [Текст] / Х.Ш. Гулахмадов, О.Х. Амиров, Б. Каримов // Материалы республиканской научно-практической конференции, посвященной 35-летию кафедры «Технологии машиностроения». – Душанбе, 2009.- С.184-186.

6. Махмудова, Т.М. Модернизированный способ определения кислотного числа нефтяного масла / Иброгимов Д.Э., Гулахмадов Х.Ш, Махмудова Т.М. // Вестник Таджикского национального университета (ISSN-2413-452X.)-2019. №1 ст.213-217.

7. Хакдодов, М.М. Основные требования к созданию малоотходных и безотходных производств [Текст] / Ш.Б. Назаров, Х.Ш. Гулахмадов, М.М. Хакдодов // Материалы республиканской научно-практической конференции «Размещение отходов и их влияние на окружающую среду». – Душанбе, 2003.- С.45-47.

8. Иброгимов Д.Э. Способ получения абсолютного этанола / Д.Э. Иброгимов, С.Р. Исмоилов // Республиканская научно-практическая конференция, «Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии».-Душанбе: ТНУ, 2011.–С.55-57.

9. Иванов, В.Н. Экономия топлива на автомобильном транспорте / В.Н. Иванов, В.И. Ерохов. – М.: Транспорт,1984. – С. 35 – 48.

10. Коваленко, В.П. Очистка нефтепродуктов от загрязнения / В.П. Коваленко, В.Е. Турчанинов – М.: Недра, 1990. – 160 с.

11. Кутенёв, В.Ф. Научно-технические проблемы улучшения экологических показателей автотранспорта / В.Ф. Кутенёв, В.А. Звонов, Г.С. Корнилов // Автомобильная промышленность, 1998, №11 – с.7…11.

12. Марков, В.А. Токсичность отработавших газов дизелей /В.А. Марков, Р.М. Башитов, И.И. Габитов. – М.: изд-во МУТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 376 с.

13. Кадушкин, А.С. Метод оценки качества топлив при подготовке к сгоранию на мобильных энергетических средствах /А.С. Кадушкин, А.О. Кошкина, А.Е. Абрамов // Современная техника и технологии. 2013. № 2 [Электронный ресурс]. URL: http://technology.snauka.ru/2013/02/1558 (дата обращения: 28.12.2014).

14. Пат. 2255244, Российская Федерация, МПК7 F 02M 27/04 A, 7F 02M 31/00 B, 7F 02M 37/22 B Способ электромагнитной очистки и обработки топлива / Кожевников А.П., Аюгин П.Н., Абрамов А.Е., Варнаков Д.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования “Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия” – 2005125999/06, заявл. 26.05.2003; опубл. 27.06.2005, Бюл. №18.

15. Сайдализода, А.С. (Фохаков А.С.) Научно-прикладные аспекты обеспечения устойчивого развития транспортно-технологических систем обслуживания населения горных регионов Таджикистана: по специальностям 05.22.01; 03.02.08: дисс. на соиск. уч. степ. док. тех. наук / Душанбе: Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими, 2020. – 354 с.

16. Совершенствование оперативного контроля качества топлива двигателей / В.В. Варнаков, А.Е. Абрамов А.Е., Д.В. Варнаков, Е.В. Ботоногов //Ремонт, восстановление, модернизация. 2007. №6. С. 12-17.

17. Халиков Ш.Х. «Органическая химия». Душанбе, 2011.– с. 683 – 687.

18. Guzman D. Green Chemicals Blog: Biobased market studies galore 2013. https: // greenchemicalsblog.com/2013/06/06/biobased-market-studies-galore/.

19. Kitzing L, Mitchell C, Morthorst PE. Renewable energy policies in Europe: Converging or diverging? Energy Policy 2012; 51:192–201.

20. Ko JK, Lee JH, Jung JH, Lee SM. Recent advances and future directions in plant and yeast engineering to improve lignocellulosic biofuel production. Renew Sustain Energy Rev 2020; 134:110390.

21. Kumar S, Shrestha P, Abdul Salam P. A review of biofuel policies in the major biofuel producing countries of ASEAN: Production, targets, policy drivers and impacts. Renew Sustain Energy Rev 2013; 26:822–36. doi:10.1016/j. rser.2013.06.007.

22. Kumar, S. Anhydrous ethanol: A renewable source of energy / S. Kumar, N. Singh, R. Prasad // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2010. – Vol. 14, № 7. – P. 1830–1844.

23. Tibaquirá, J. The effect of using ethanol-gasoline blends on the mechanical, energy and environmental performance of in-use vehicles / J. Tibaquirá, J. Huertas, S. Ospina, L. Quirama, J. Niño // Energies. – 2018. – Vol. 11, № 1. – Art. 221. – DOI: 10.3390/en11010221.

24. World Health Organization (WHO). Air Quality Guidelines: Global update 2021. Particulate matter (PM 2.5) and (PM 10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide / WHO. – Geneva: WHO Press, 2021. – 288 p.

25. Yin, H. Idle emission characteristics of a light-duty diesel van at various altitudes / H. Yin, Y. Ge, X. Wang [et al.] // Atmospheric Environment. – 2013. – Vol. 70. – P. 117–122. – DOI: 10.1016/j.atmosenv.2013.01.012.

Список публикаций автора по теме диссертации
Статьи, опубликованные в научных журналах, рекомендуемых ВАК при Президенте Республики Таджикистан:

[1-А]. **Саидзода, М.Р.** Роҳҳои беҳдошти назорат ва танзими фаъолияти нақлиёти мусофирбарӣ дар шаҳри Душанбе [Матн] / Исмоилов М.И., Саидзода М.Р. // Паёми политехникӣ. Бахши таҳқиқотҳои муҳандисӣ. №3 (59) 2022г., саҳ. 85-89. ISSN – 2520-2227.

[2-А]. **Саидзода, М.Р.** Транспортно-технологическая система и их взаимодействие с окружающей средой [Текст] / Сайдализода А.С., Маджидзода Т.С., Саидзода М.Р. // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. №3 (63) 2023г., стр. 113-117. ISSN – 2520-2227.

[3-А]. **Саидзода, М.Р**. Моделирование транспортного потенциала на развитие транспортно-технологических систем с окружающей средой [Текст] / Сайдализода А.С., Саидзода М.Р. // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. №3 (63) 2023г., стр. 108-112. ISSN – 2520-2227.

[4-А]. **Саидзода, М.Р.** Экологическая оценка применения бйодизеля как модификатора дизельного топлива в автомобильном транспорте Республики Таджикистан. [Текст] / Иброҳимзода Д.Э., Маҳмудзода Т.М., Иброгимов Ф.Д., Саидзода М.Р. Наука и инновация. Таджикский национальный университет. Серия геологических и технических наук. 2024. №3. стр. 142-146. ISSN – 2664-1534.

[5-А]. **Саидзода, М.Р**. Развитие транспортно-технологических систем и влияние ее на окружающую среду [Текст] / Сайдализода А.С., Саидзода М.Р., Муродов С.Д. // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава (научный журнал) Серия: №2/3 (126) 2024г., стр. 41-48. ISSN – 2663-6417.

[6-А]. **Саидзода, М.Р.** Анализ состояния отрасли пассажирских автомобильных перевозок [Текст] / Сайдализода А.С., Саидзода М.Р., Каримов А.А., Муродов С.Д. // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава (научный журнал) Серия: №2/4 (129) 2024г., стр. 64-69 ISSN – 2663-6417.

[7-А]. **Саидзода, М.Р.** Арзёбии экологии истифодашавии биодизел дар муқоиса бо сузишвориҳои нафтии дизелӣ [Матн] / Амирзода О.Ҳ., Иброгимов Ф.Д., Саидзода М.Р. // Паёми политехникӣ Бахши: Техника ва ҷомеа. №4 (8) 2024г., стр. 9-13. ISSN – 3105-7098.

[8-А]. **Саидзода, М.Р.** К вопросу использования цифровых технологий в сфере автомобильного транспорта [Текст] / М.И. Исмоилов, Ф.Б. Усмонзода, М.Р. Саидзода // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. № 4 (68) 2024, стр. 71-74. ISSN – 2520-2235.

[9-А]. **Саидзода, М.Р.** Обзор существующих методов и моделей управления транспортными системами с учетом экологических аспектов [Текст] / Саидзода М.Р. // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. №3 (67) 2024г., стр. 56-60. ISSN – 2520-2227.

[10-А]. **Саидзода, М.Р.** К вопросу внедрения информационных технологий в государственном регулировании городских пассажирсих перевозок [Текст] / М.И. Исмоилов, М.Р. Саидзода, Ф.С. Расулов. // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. №1 (65) 2024г., стр. 148-154. ISSN – 2520-2227.

[11-А]. **Саидзода, М.Р.** Гурҳбандии партовҳои газию аэрозолӣ ва таъсири онҳо ба экологияи муҳит. [Матн] / Ибрагимов Ф.Д., Саидзода М.Р. Илм ва инноватсия. Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Бахши илмҳои геологӣ ва техникӣ. 2025. №3, саҳ. 131-138. ISSN – 2664-1534.

[12-А]. **Saidzoda, M.** Environmental assessment of biodiesel compared to petroleum diesel fuels [Text] / Ibrokhimzoda D., Ibragimov F., Saidzoda M. Sciences of Europe # 168, (2025). Page. 40-44. ISSN – 3162-2364.

[13-А]. **Саидзода, М.Р.** Влияние высоты над уровнем моря на состав отработавших газов гибридного автомобиля с бензиновым двигателем [Текст] / Саидзода М.Р., Абдулло М.А., Саидзода Р.Х., Раҳмонзода А.Д. // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. №3 (15) 2026г., стр. 38-45. – DOI 10.65599/TS6700. ISSN –3105-7098.

Статьи и тезисы, опубликованные в материалах международных и республиканских конференций:

[14-А].**Саидзода, М.Р.** Актуальность проблемы исследования: совершенствование системы управления и взаимодействия транспортно-технологических систем с окружающей средой [Текст] / Фохаков А.С., Саидзода М.Р. // Сборник научных трудов. Материалы республиканской научно-практической конференции “Наука – основа инновационного развития” // Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими. Душанбе. – 27 апреля 2022. – Стр. 357-362.

[15-А]. **Саидзода, М.Р.** Особенности формирование и развитие транспортно-технологической системы с окружающей средой [Текст] / Фохаков А.С., Маджидов Т.С., Саидзода М.Р. // Сборник научных трудов. Материалы республиканской научно-практической конференции “НАУКА – ОСНОВА ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ” // Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими. Душанбе. – 27 апреля 2022. – Стр. 362-367.

[16-А]. **Саидзода, М.Р.** Организация автомобильных перевозок и выбор маршрута [Текст] / Сайдализода А., Саидзода М., Хужаев П. // Сборник научных трудов. Международной и научно-технической конференции «Механизация сельского хозяйства: наука и инновация». Часть 2. // Ферганский политехнический институт. Фергана-2024. 25-26 апреля. Стр. 36-41. Республика Узбекистан.

[17-А]. **Саидзода, М.Р.** Структура пассажирского и грузового автопарка, его влияние на развитие транспортно-технологических систем и окружающую среду в горных регионах Республики Таджикистан [Текст] / Сайдализода А., Саидзода М., Хужаев П. // Сборник научных трудов. Международной и научно-технической конференции «Механизация сельского хозяйства: наука и инновация». Часть 2.// Ферганский политехнический институт. Фергана-2024. 25-26 апреля. Стр. 41-48. Республика Узбекистан.

[18-А]. **Саидзода, М.Р.** Анализ влияния транспорта на окружающую среду, включая выбросы вредных веществ и энергопотребление [Текст] / Сайдализода А.С., Саидзода М.Р., Хужаев П.С., Якубов К.А. // Сборник научных трудов. Международной и научно-технической конференции «Развитие зеленной энергетики посредством мониторинга окружающей среды и изменения климата и переработки отходов». Часть 1. // Самаркандский государственный архитектурно-строительный университет. Самарканд-2025. 1-2 мая. Стр. 24-30. Республика Узбекистан.

[19-А]. **Саидзода, М.Р.** Анализ применимости различных подходов и методов к исследуемой проблеме системы управления транспортно-технологическими системами с окружающей средой [Текст] / Сайдализода А.С., Саидзода М.Р., Хужаев П.С., Мирзаев А. // Сборник научных трудов. Международной и научно-технической конференции «Развитие зеленной энергетики посредством мониторинга окружающей среды и изменения климата и переработки отходов». Часть 1. // Самаркандский государственный архитектурно-строительный университет. Самарканд-2025. 1-2 мая. Стр. 386-395. Республика Узбекистан.

[20-А]. **Саидзода, М.Р.** Афзалиятҳои технологӣ ва экологии ҳосил намудани сӯзишвориҳои биологии моеъ дар асоси партовҳои хоҷагиҳои деҳқонии пахтапарварӣ [Матн] / Иброҳимзода Д.Э., Ибрагимов Ф.Д., Саидзода М.Р., Амирзода О.Ҳ. // МАВОДИ ФОРУМИ БАЙНАЛМИЛАЛӢ ДАР МАВЗУИ «Саҳми Донишгоҳи технологии Тоҷикистон дар татбиқи саноатикунонии босуръати кишвар», бахшида ба 35-солагии Донишгоҳи технологии Тоҷикистон, (1- уми ноябри соли 2025), Саҳ. 74-76.

АННОТАТСИЯ

ба диссертатсияи Саидзода Муҳаммад Раҳим дар мавзуи «Арзёбии экологии ҳосил намудани сӯзишвории биологии биоэтанол ва истифодашавии он дар соҳаи нақлиёти автомобилӣ» барои дарёфти дараҷаи илмии номзади илмҳои техникӣ аз рӯйи ихтисоси 2.9. Бехатарии фаъолияти инсон ва ҳифзи муҳити зист (2.9.6. Экология)

Калидвожаҳо: ғӯзапояи пахта, экстраксияи хунук, пайвастагиҳои фенолӣ, карбогидрогенҳо, биоэтанол, сӯзишвориҳои бензинӣ, нақлиёти автомобилӣ, партовҳои аэрозолӣ, оксиди карбон (IV), экология.

Мақсади таҳқиқот. Коркарди технологияи муфид ва афзалияти экологидоштаи ҳосил намудани биоэтанол ва арзёбии экологии истифодашавии он ҳамчун модификатори камкунандаи миқдори партовҳои газӣ ва аэрозолӣ дар намунаҳои сӯзишвориҳои бензинӣ.

Навгонии илмии таҳқиқот:

–мушкилоти экологии соҳаи нақлиёти автомобилии Ҷумҳурии Тоҷикистон муайян гардида, ҷанбаҳои экологии он омӯхта шудааст;

–бори нахуст технологияи нав ва аз ҷиҳати экологӣ бартаридоштаи ҳосил намудани биоэтанол дар асоси ғӯзапояи пахта коркард гардида, ҷанбаҳои физикию химиявии он таҳқиқ гардидааст;

–дар асоси биоэтанол ва сӯзишвории бензинӣ, сӯзишвориҳои модификатсиякардашудаи аз лиҳози экологӣ афзалиятнок пешниҳод гардида, талабот ба сифати биоэтаноли сӯзишворӣ ва шартҳои озмоиши онҳо асоснок карда шудааст;

–бори нахуст дар шароити воқеии роҳи Душанбе – нақби «Истиқлол» (801–2615 м аз сатҳи баҳр) вобастагии хаттии консентратсияи карбогидрогенҳо (тақрибан 9,4–9,7 млн$^{-1}$ ба ҳар 1000 м), оксидҳои нитроген ва CO_2 дар газҳои истифодашудаи автомобили гибридии бензинӣ аз баландӣ муайян гардида, барномаи илман асосноки озмоиши омехтаҳои бензин-биоэтанол дар баландкӯҳ таҳия шудааст.

Аҳаммияти назариявӣ ва амалии таҳқиқот:

–технологияи муфиди ҳосил намудани сӯзишвории алтернативии биологии биоэтанол дар оянда метавонад дар рушди соҳаи истеҳсолоти сӯзишвориҳои алтернативӣ заминагузорӣ намуда, ҳамчун модификатори коҳишдиҳандаи миқдори газҳои гулхонагии сӯзишвориҳои нафтии бензинӣ истифода шавад;

–натиҷаҳои таҳқиқот ва истифодаи сӯзишвории модификатсияшудаи бензин-этанолӣ (Е10: 90% ҳаҷмии бензин ва 10% ҳаҷмии биоэтаноли беоб) метавонанд аз ҷониби Кумитаи ҳифзи муҳити зисти назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон ҳангоми таҳияи меъёрҳо ва стандартҳои миллии экологӣ барои воситаҳои нақлиёти автомобилӣ дар шароити баландкӯҳ (аз ҷумла барои шоҳроҳи Душанбе – Хуҷанд – Чанок) истифода шаванд;

–технологияи коркарди комплексии ғӯзапояи пахта имкон медиҳад, ки мушкилоти безараргардонӣ (утилизатсия)-и партовҳои калонҳаҷми соҳаи кишоварзӣ дар ҷумҳурӣ ҳал карда шавад. Ин усул сӯзондани мавсимии ғӯзапояро дар саҳроҳо ба куллӣ коҳиш дода, сарбори экологиро ба атмосфера ва ташаккули газҳои гулхонагӣ дар минтақаҳои пахтакори Тоҷикистон кам мекунад;

–усули пешниҳодшудаи ҷудокунии маҳсулоти иловагӣ (консентрати полифенолии госсипол, кислотаҳои лиму ва себ) дар раванди гидролизи ғӯзапоя, барои корхонаҳои кимиёвию фармасевтӣ ва саноати хӯрокворрии Ҷумҳурии Тоҷикистон заминаи ашёи хоми ватаниро ба вуҷуд оварда, ба барномаи давлатии ивазкунандаи воридот (импортозамещение) мусоидат менамояд;

–тавсияҳо оид ба хосиятҳои физикию кимиёвии сӯзишвории омехтаи бензин-этанолӣ метавонанд аз ҷониби ширкатҳои воридкунанда ва таъминкунандаи маҳсулоти нафтии ҷумҳурӣ барои ташкили истеҳсоли саноатии сӯзишвории алтернативии экологӣ ва баланд бардоштани самаранокии кори муҳаррикҳои инжекторӣ дар шароити норасоии оксиген дар баландкӯҳҳо истифода шаванд;

–коркардҳои усулие, ки дар рафти иҷрои таҳқиқоти экспериментолӣ ба даст оварда шудаанд, метавонанд ҳангоми иҷрои чунин таҳқиқот истифода гарданд.

АННОТАЦИЯ

на диссертации Саидзода Мухаммад Рахима на тему «Экологическая оценка производства биологического топлива биоэтанола и его использования в автомобильном секторе» на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.9. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (2.9.6. Экология)

Ключевие слова: Стебли хлопчатника, холодная экстракция, фенольные соединения, углеводороды, биоэтанол, топливо, автомобильный транспорт, аэрозольные выбросы, двуокись углерода (IV), экология.

Цель исследования: Разработать полезной технологии и экологических преимуществ получения биоэтанола и экологическая оценка его применения в качестве модификатора, уменьшающего количество газообразных и аэрозольных выбросов (в составе) бензиновых топлив.

Научная новизна исследования:

- определены экологические проблемы автомобильного транспорта Республики Таджикистан, изучены его экологические аспекты;
- впервые разработана новая и экологически доминирующая технология получения биоэтанола на основе стебли хлопчатника, исследованы ее физико-химические аспекты;
- на основе биоэтанола и бензинового топлива переработаны экологически предпочтительные модифицированные виды топлива, определены их энергетические и экологические преимущества;
- впервые в реальных условиях дороги Душанбе – тоннель «Истиклол» (801-2615 м над уровнем моря) установлена линейная зависимость концентрации углеводородов (около 9,4–9,7 млн−1 на 1000 м), оксидов азота и CO_2 в отработавших газах бензинового гибридного автомобиля от высоты, разработана научно обоснованная программа испытаний высокогорных бензино-биоэтанольных смесей.

Практическая значимость исследования:

- полезная технология получения альтернативного биотоплива на основе биоэтанола в будущем может быть применена в развитии отрасли производства альтернативных видов топлива и использоваться в качестве модификатора снижения содержания парниковых газов в бензиновых нефтяных видах топлива;
- результаты исследований и применения модифицированного бензино-этанольного топлива (Е10: 90% по объему бензина и 10% по объему безводного биоэтанола) могут быть использованы Комитетом по охране окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан при разработке национальных экологических норм и стандартов для автотранспортных средств в высокогорных условиях (в том числе для шоссе Душанбе – Худжанд – Чанак);
- разработка технологий комплексного стеблей хлопчатника позволит, с проблемами пс (утилизатсияи) утилизации отходов сельского хозяйства республики на решение может быть калонҳаҷми. Этот метод значительно снижает сезонное сжигание конопли на полях, снижает экологическую нагрузку на атмосферу и образование парниковых газов в хлопчатобумажных регионах Таджикистана;
- предложенный метод разделения побочных продуктов (полифенольный концентрат госсипола, лимонная и яблочная кислоты) в процессе гидролиза скорлупы, создает основу отечественного сырья для химических, фармацевтических предприятий и пищевой промышленности Республики Таджикистан и способствует государственной программе импортозамещения;
- рекомендации по физико-химическим свойствам бензино-этанольного смешанного топлива могут быть использованы компаниями-импортерами и поставщиками нефтепродуктов Республики для организации промышленного производства экологически чистых альтернативных видов топлива и повышения эффективности работы инжекторных двигателей в условиях нехватки кислорода в высокогорье;
- методические разработки, полученные в ходе проведения экспериментальных исследований, могут быть использованы при проведении таких исследований.

ANNOTATION

for the dissertation of Saidzoda Muhammad Rahim on the topic «Environmental assessment of bioethanol biofuel production and its use in the automotive sector» for the degree of Candidate of Technical Sciences in specialty 2.9. Life safety and environmental (2.9.6. Ecology)

Key words: Cotton stalks, cold extraction, phenolic compounds, hydrocarbons, bioethanol, fuel, road transport, aerosol emissions, carbon dioxide (IV), ecology.

The purpose of the study: To develop a useful technology and environmental benefits of obtaining bioethanol and an environmental assessment of its use as a modifier that reduces the amount of gaseous and aerosol emissions (in the composition) of gasoline fuels.

Scientific novelty of the research:

- the environmental problems of road transport in the Republic of Tajikistan have been identified, and its environmental aspects have been studied;
- for the first time, a new and ecologically dominant technology for the production of bioethanol based on cotton stalks has been developed, and its physico-chemical aspects have been investigated;
- on the basis of bioethanol and gasoline fuel, environmentally preferable modified fuels have been processed, their energy and environmental advantages have been determined;
- the first use of bioethanol, its energy and environmental advantages in road transport in mountainous conditions of the Republic of Tajikistan.

Scientific novelty of the research:

- the environmental problems of road transport in the Republic of Tajikistan have been identified, and its environmental aspects have been studied;
- for the first time, a new and ecologically dominant technology for the production of bioethanol based on cotton stalks has been developed, and its physico-chemical aspects have been investigated; - environmentally preferable modified fuels based on bioethanol and gasoline fuel have been processed, their energy and environmental advantages have been determined;
- for the first time in the real conditions of the Dushanbe –Istiklol tunnel road (801-2615 m above sea level), a linear dependence of the concentration of hydrocarbons (about 9.4–9.7 million -1 per 1000 m), nitrogen oxides and CO_2 in the exhaust gases of a gasoline hybrid car on altitude has been established, and a scientifically based testing program for high−altitude gasoline-bioethanol mixtures has been developed.

Practical significance of the study:

- a useful technology for producing alternative biofuels based on bioethanol can be applied in the future in the development of the alternative fuel industry and used as a modifier for reducing greenhouse gases in gasoline oil fuels;
- the results of research and application of modified gasoline-ethanol fuel (E10: 90% by volume of gasoline and 10% by volume of anhydrous bioethanol) can be used by the Committee for Environmental Protection under the Government of the Republic of Tajikistan in the development of national environmental norms and standards for vehicles in high-altitude conditions (including for the highway Dushanbe – Khujand – Chanak);
- the development of technologies for integrated cotton stalks will allow, with the problems of agricultural waste management in the republic, there may be a number of solutions. This method significantly reduces the seasonal burning of cannabis in the fields, reduces the environmental impact on the atmosphere and the formation of greenhouse gases in the cotton regions of Tajikistan;
- the proposed method of separation of by-products (gossypol polyphenolic concentrate, citric and malic acids) in the process of shell hydrolysis, creates the basis of domestic raw materials for chemical, pharmaceutical enterprises and the food industry of the Republic of Tajikistan and contributes to the state import substitution program;
- recommendations on the physico-chemical properties of gasoline-ethanol mixed fuel can be used by importers and suppliers of petroleum products of the Republic to organize industrial production of environmentally friendly alternative fuels and improve the efficiency of injection engines in conditions of oxygen shortage in the highlands;
- methodological developments obtained in the course of conducting experimental studies can be used in conducting such studies.

Ба чоп 10.11.2026 с. имзо шуд.
Андозаи 60×84 1/16. Қоғаси офсетии
Адади нашр 100 нусха.

Нашриёти ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ
ш. Душанбе, 734042, хиёбони академикҳо Раҷабовҳо, 10а

Подписано к печати 10.11.2026 г.
Формат 60х84 1/16. Бумага офсетная.
Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии ТТУ имени акад. М.С. Осими.
г. Душанбе, 734042, пр. акад. Раджабовых, 10а.