УДК 551.521.3, 235.216.2-17
DOI 10.58649/1694-9099-2026-2-397-404

ТОЯЛИЕВ С., ЖУСУПКЕЛДИЕВ Ш.
Жусуп Баласагын атындагы КУУ
ТОЯЛИЕВ С., ЖУСУПКЕЛДИЕВ Ш.
КНУ имени Жусупа Баласагына
S.TOYALIEV, SH.ZHUSUPKELDIEV
KNU Jusup Balasagyn

ORCID 0009-0006-2832-9037
ORCID 0009-0005-5734-532X

БИШКЕК ШААРЫНЫН АТМОСФЕРАСЫНА ПАРНИК ГАЗДАРЫНЫН ЖАНА АБАДАГЫ ЗЫЯНДУУ БӨЛҮКЧӨЛӨРҮНҮН ТААСИРИ

ВЛИЯНИЕ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ И ВРЕДНЫХ ЧАСТИЦ В ВОЗДУХЕ НА АТМОСФЕРУ БИШКЕКА

THE IMPACT OF GREENHOUSE GASES AND HARMFUL PARTICLES IN THE AIR ON THE ATMOSPHERE OF BISHKEK

Кыскача мүнөздөмө: Илимий макалада 2022–2024-жылдардын күз мезгилинде Бишкек шаарынын жерге жакын аба катмарындагы парник газдарынын жана абанын курамындагы микроөлчөмдүү бөлүкчөлөрдүн концентрациясынын өзгөрмөлүүлүгү боюнча жеринен алынган маалыматтар берилди.

Аннотация: В научной статье представлены натурные данные об изменчивости концентрации парниковых газов и микрочастиц в приземном слое воздуха г. Бишкека в осенний период 2022–2024 гг.

Abstract: The scientific article presents field data on the variability of greenhouse gas and microparticle concentrations in the ground-level air layer of Bishkek during the autumn period of 2022–2024.

Негизги сөздөр: мониторинг; Бишкек; атмосфера; парник газдары; микроөлчөмдүү бөлүкчөлөр; смог; ультракызгылт көк нурлануу; климат; абанын булганышы.

Ключевые слова: мониторинг; Бишкек; атмосфера; парниковые газы; микрочастицы; смог; ультрафиолетовое излучение; климат; загрязнение воздуха.

Keywords: monitoring; Bishkek; atmosphere; greenhouse gases; microparticles; smog; ultraviolet radiation; climate; air pollution.

Киришүү. Акыркы он жылдыктарда Кыргызстандын айланасында жайгашкан коңшу мамлекеттердин экономикалык активдүүлүгү кескин жогорулады. Бул активдүүлүк органикалык жаратылыш ресурстарынын эбегейсиз көлөмдө пайдаланылышына алып келип, атмосферага бөлүнгөн зыяндуу кошулмалар бир нече ай бою абада сакталып, Бишкек шаарынын атмосферасына да өз таасирин тийгизүүдө. Атмосферадагы динамикалык процесстерди токтотуу мүмкүн эмес болгондуктан, шамал аркылуу ташылган зыяндуу заттардын Бишкек шаарына бир нече күндүн ичинде жетиши мыйзам ченемдүү көрүнүш болуп саналат.

Мындан тышкары, атмосфералык абанын булганышы борбор калаадагы транспорт каражаттарынын санына жана алардын техникалык абалына, ошондой эле чыгарылган жылына түздөн-түз байланыштуу. Айрыкча туристтик мезгилде автоунаалардын санынын кескин өсүшү абанын сапатына терс таасирин тийгизет. Мамлекеттик каттоо кызматынын маалыматы боюнча, 2018-жылдын аягында Бишкек шаарында дээрлик 420 миң автоунаа катталган болсо [1], азыркы учурда Кыргызстан боюнча 1 800 000ден ашык автоунаа бар экендиги белгиленүүдө [2]. Бул унаалардын 70%дан ашыгы Бишкек шаарында топтолгон деген пикирлер айтылып келет. Муну борбор калаанын көчөлөрүндө күн сайын байкалган жол тыгындары да ырастап турат. Ошондой эле Бишкек шаарында катталган автоунаалардын саны 1 300 000ге жеткени жөнүндө маалыматтар да кездешет [2].

Ошондуктан, борбор калаабыз Борбордук Азия континентинин борбордук бөлүгүндө жайгашкандыктан, экологиялык таасирлерге, анын ичинде абанын булганышына көбүрөөк дуушар болууда. Бул көрүнүш экологиялык тобокелдиктердин көбөйүшүнө, стресс абалынын күчөшүнө, убакыттын текке кетишине жана калктын жашоо сапатынын төмөндөшүнө алып келүүдө. Ушуга байланыштуу атмосфералык абанын абалын эксперименталдык байкоо жана мониторинг жүргүзүү, экологиялык кырдаалды талдоо, ошондой эле жарандардын жана борбор калаанын конокторунун жашоо деңгээлин жана сапатын баалоо бүгүнкү күндүн маанилүү маселелеринин бири болуп саналат.

Демек, макаланын темасы актуалдуу илимий-практикалык маселени чечүүгө багытталган. Изилдөөдө жүргүзүлгөн тажрыйбалык иштердин негизинде абанын сапаты боюнча маалыматтарды топтоо жана талдоо негизги милдет катары каралган.

Маалымат топтоого арналган куралдар жана ыкмалар. Азыркы учурда жер бетине орнотулган, үзгүлтүксүз иштеген жана эл аралык стандарттарга жооп берген абанын сапатын изилдөөчү приборлордун көптөгөн түрлөрү бар. Алар алынган маалыматтарды АЭРОНЕТ жана НАСАнын лабораторияларына үзгүлтүксүз жөнөтүп, дүйнөлүк мониторинг түйүнүн камсыз кылып турушат. Акыркы мезгилде өзгөчө мааниге ээ болгон спутниктик байкоолордун ар кандай приборлору жана жер үстүндөгү мониторингдин кеңири өнүккөн тармагы атмосферанын газдык курамын, анын жылуулук структурасын жана башка параметрлерин көзөмөлдөөгө мүмкүндүк берет.

Ошентсе да Жер атмосферасын глобалдык масштабда изилдөө негизинен спутниктерден жүргүзүлгөн лимбалык байкоо методдоруна таянат [3]. Бул ыкманын негизги чектөөсү болуп спутниктеги ар бир инструменттин (датчиктин) маалыматтары таяныч чекитинен ±350 км аралыктагы жер бетинин мейкиндиктик резолюциясына туура келери саналат. Ошондуктан спутниктен алынган маалыматтар учуу трассасы боюнча жалпыланат. Мындан тышкары, белгилүү бир аймактын үстүнөн спутниктердин учуу жыштыгы салыштырмалуу аз болгондуктан, тез өзгөргөн атмосфералык процесстерди изилдөөдө айрым маселелерди чечүүгө толук мүмкүнчүлүк бербейт жана жер үстүндөгү байкоолорго салыштырмалуу тактыгы төмөнүрөөк болот.

Ушуга байланыштуу маалыматтарды так жана ишенимдүү алуу үчүн спутниктен алынган маалыматтарга караганда туруктуу, алып жүрүүгө жана жеринде өлчөөлөрдү жүргүзүүгө ыңгайлуу болгон приборлорду пайдалануунун артыкчылыгы бар. Макаладагы маалыматтар жогоруда көрсөтүлгөн ыкмалардын негизинде топтолуп, тиешелүү приборлор менен түздөн-түз изилдөө жүргүзүлгөн жерлерден сандык маалыматтар алынган.

Жерге жакын аба катмарындагы парник газдарынын концентрациясын жана абадагы зыяндуу микроөлчөмдүү бөлүкчөлөрдү өлчөө үчүн газдык хроматография (CO_2, CH_4), инфракызыл спектрометрия (CO_2, CO, CH_4), хемилюминесценциялык анализ (NO_x), шакекче спектроскопия (CO_2, CO, CH_4, H_2S), ошондой эле фотоакустикалык анализ ыкмалары (CO_2, CO, CH_4, NO) колдонулат. Парник газдарынын эмиссияларына арналган эмгектерди талдоонун негизинде [5; 6; 7; 8], бул изилдөөдө алып жүрүүгө ыңгайлуу болгон жеңил газ анализаторлору пайдаланылды. Өлчөөлөр түздөн-түз жеринде жүргүзүлүп, алынган маалыматтарды иштетүүдө орточо

арифметикалык маанилер колдонулду. Бул үчүн ар бир күндө бир эле өлчөө чекитинде эртең менен, күндүз жана кечинде байкоолор жүргүзүлдү.

Абада калкып жүргөн микроөлчөмдүү катуу бөлүкчөлөрдүн суткалык өзгөрүүсүн аныктоо үчүн BR-SMART прибору тандалып алынды. Ал PM10, PM2.5 жана атмосферадагы жалпы калкыма бөлүкчөлөрдүн концентрациясын (TSP) көрсөтүүгө мүмкүндүк берет. Аппарат жогорку тактыктагы лазердик сенсор менен жабдылгандыктан, бөлүкчөлөрдү бири-биринен айырмалап аныктоо мүмкүнчүлүгүнө ээ. Анын сезгичтиги 0,25 мкг/м³ түзөт.

Парник газдарынын негизги өкүлдөрү болгон көмүр кычкыл газын CO_2 жана метанды CH_4 өлчөө үчүн ар бир газга ылайыкташтырылган датчиктери бар куралдар пайдаланылды, мисалы, CO_2 санарип HAL-HCO201 куралы, прибордо инфракызыл NDIR сенсору бар жана бардык чөйрөдөгү атмосферада көмүр кычкыл газын так аныктай турган микропроцессор иштейт.

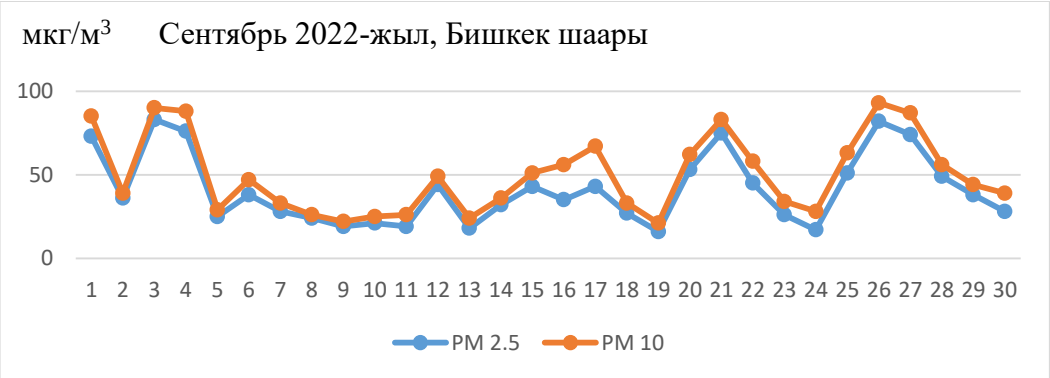
Бишкек шаарынын абасындагы микроөлчөмдүү бөлүкчөлөр. Парник газдарынан тышкары, абанын курамында зыяндуу, калкыма абалдагы катуу микроөлчөмдүү бөлүкчөлөр да кездешет. Алар өлчөмү, адамдын жашоосуна жана ден соолугуна тийгизген таасири, ошондой эле абада кармалып туруу убактысы боюнча айырмаланат. Мисалы, PM1 бөлүкчөлөрү PM2.5 бөлүкчөлөрүнө салыштырмалуу майда болуп, микрондон кичине өлчөмгө ээ. Бул бөлүкчөлөрдүн атмосферада кармалып туруу убактысы, бийиктик боюнча таралышы жана эмиссия булагынан көз карандылыгы ар кандай болот.

Массалык маалымат каражаттарында жана электрондук маалымат булактарында абанын курамындагы PM2.5 бөлүкчөлөрү боюнча маалыматтар күн сайын жарыяланып келет. Бул көрсөткүч илимий негизделген мониторингде жана Дүйнөлүк саламаттык сактоо уюму (ДССУ/ВОЗ) тарабынан кабыл алынган эл аралык стандарттарда өзгөчө маанилүү параметр катары каралат. PM2.5 бөлүкчөлөрү адамдын ден соолугу үчүн өтө зыяндуу деп эсептелет. Мисалы, мындай маалыматтар электрондук АКИpress маалымат сайтында да жарыяланып турат. PM1 бөлүкчөлөрүнүн атмосферада кармалып туруу убактысы салыштырмалуу өтө кыска болуп, болжол менен 2 саатка чейин созулат жана аларды бөлүп чыгарган эмиссия булагына түздөн-түз көз каранды.

Ошондуктан иштин бул бөлүгүндө 2023-жылдын сентябрь айынан 2024-жылдын декабрь айына чейинки маалыматтар график жана гистограмма түрүндө көрсөтүлөт.

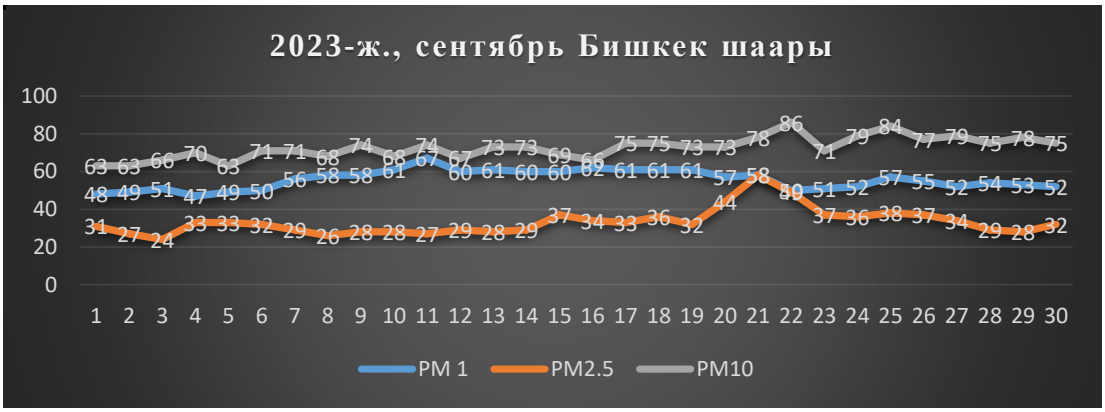
PM2.5 бөлүкчөлөрүнүн массалык концентрациясы адамдын ден соолугуна тийгизген коркунучту баалоодогу негизги параметр болуп саналат жана абанын сапатын мүнөздөйт. ДССУ/ВОЗдун койгон стандарттарына боюнча PM2.5тин (2.5 мкм) жылдык орточо деңгээли 10 мкг/м3, ал эми күндүк орточо деңгээли 25 мкг/м3 ашпоого тийиш, PM10 үчүн экспозициянын чектери мындай: орточо күндүк концентрациясы 50 мкг/м3 чектик деңгээлде туруп, жыл ичинде 35 эседен ашууга жол берилбейт [11].

2022-2024-жылдардагы сентябрь айындагы PM1, PM2.5 жана PM10 микроөлчөмдүү бөлүкчөлөрдүн ар күн аралык абалы 1-3 - сүрөттөрдө берилди.



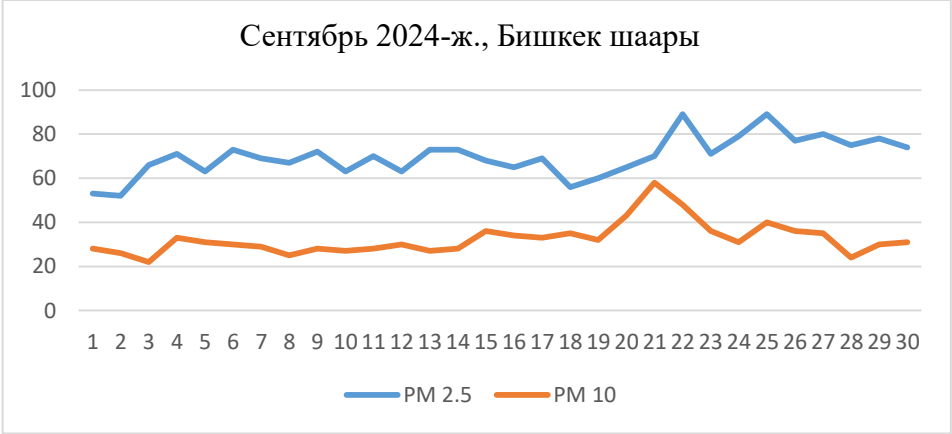
Булак: авторлор тарабынан жүргүзүлгөн өлчөөлөрдүн негизинде түзүлдү

1-сүрөт. Бишкек шаарында 2022-жылдын сентябрь айындагы PM2.5 жана PM10 микроөлчөмдүү бөлүкчөлөрүнүн концентрациясынын күндөр боюнча өзгөрүүсү



Булак: авторлор тарабынан жүргүзүлгөн өлчөөлөрдүн негизинде түзүлдү.

2-сүрөт. Бишкек шаарында 2023-жылдын сентябрь айындагы PM2.5 жана PM10 микроөлчөмдүү бөлүкчөлөрүнүн концентрациясынын күндөр боюнча өзгөрүүсү

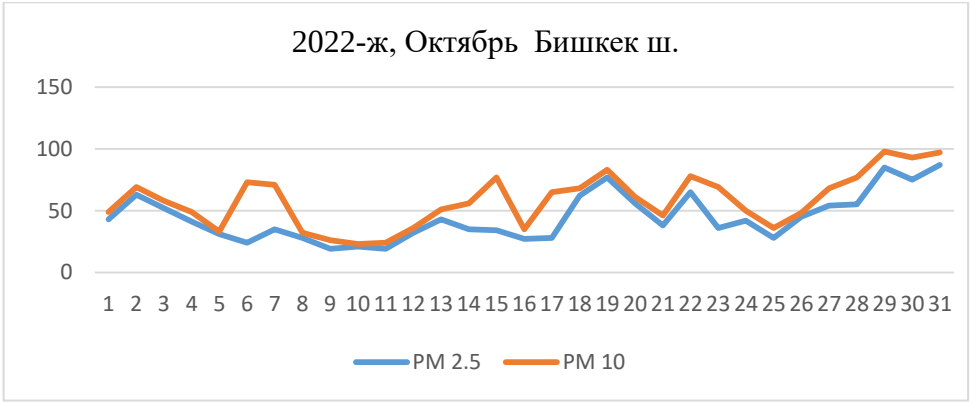


Булак: авторлор тарабынан жүргүзүлгөн өлчөөлөрдүн негизинде түзүлдү

3-сүрөт. Бишкек шаарында 2024-жылдын сентябрь айындагы PM2.5 жана PM10 микроөлчөмдүү бөлүкчөлөрүнүн концентрациясынын күндөр боюнча өзгөрүүсү

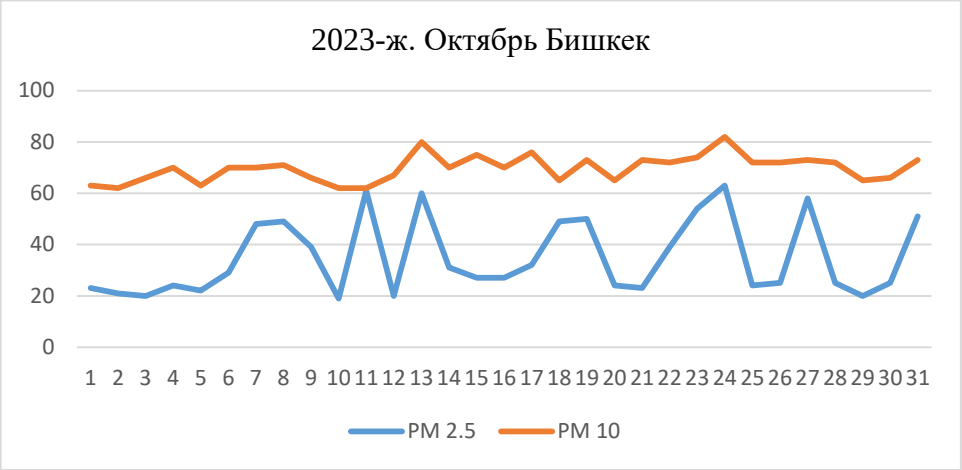
2023-2024-жж., сентябрь айындагы зыяндуу бөлүкчөлөрдүн күн аралык өзгөрүүсү нормадан бир аз жогору, ал эми 2022-жыл, сентябрь айы нормага жакын.

Калган жылдардын ичиндеги ар бир айлар боюнча зыяндуу бөлүкчөлөрдүн өзгөрмөлүүлүгүнүн графиктерин карайбыз, октябрь айлары, 4-6-сүрөттөр.



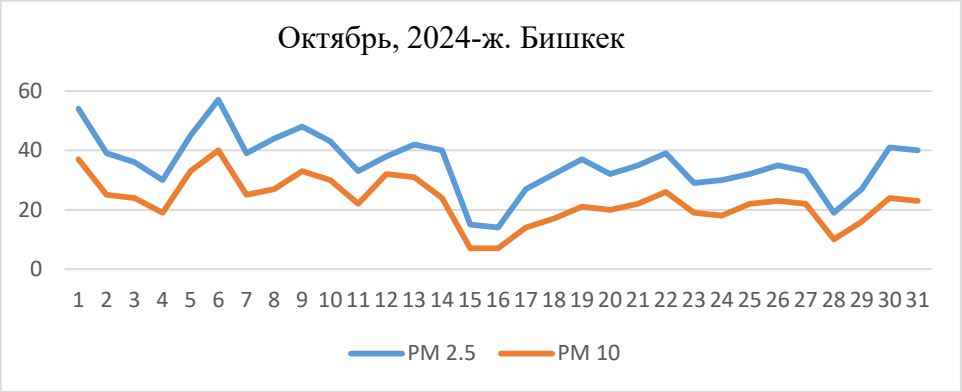
Булак: авторлор тарабынан жүргүзүлгөн өлчөөлөрдүн негизинде түзүлдү

4-сүрөт. Бишкек шаарында 2022-жылдын октябрь айындагы PM2.5 жана PM10 микроөлчөмдүү бөлүкчөлөрүнүн концентрациясынын күндөр боюнча өзгөрүүсү



Булак: авторлор тарабынан жүргүзүлгөн өлчөөлөрдүн негизинде түзүлдү

5-сүрөт. Бишкек шаарында 2023-жылдын октябрь айындагы PM2.5 жана PM10 микроөлчөмдүү бөлүкчөлөрүнүн концентрациясынын күндөр боюнча өзгөрүүсү

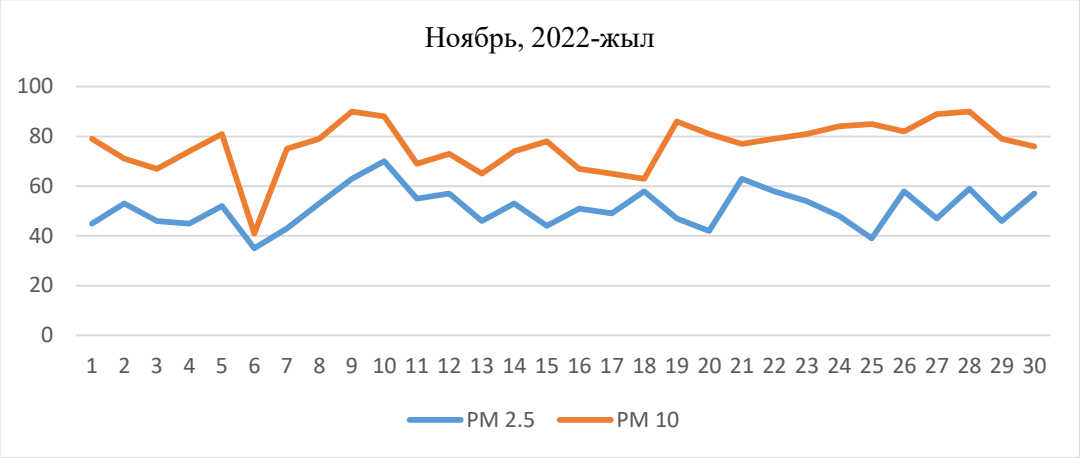


Булак: авторлор тарабынан жүргүзүлгөн өлчөөлөрдүн негизинде түзүлдү

6-сүрөт. Бишкек шаарында 2024-жылдын октябрь айындагы PM2.5 жана PM10 микроөлчөмдүү бөлүкчөлөрүнүн концентрациясынын күндөр боюнча өзгөрүүсү

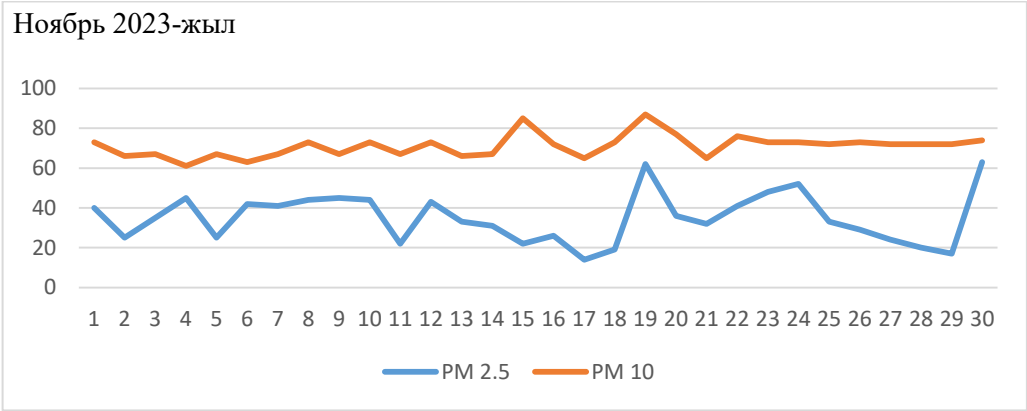
Жогорудагы графиктерден көрүнүп тургандай, 2023-жылдын октябрь айында PM2.5 жана PM10 нормадан жогору, айрым күндөрдө смогдун белгилери көрүнүп турат.

7–9-сүрөттөрдө 2022–2024-жылдардын ноябрь айларындагы микроөлчөмдүү бөлүкчөлөрдүн концентрациясынын өзгөрмөлүүлүгү көрсөтүлдү.



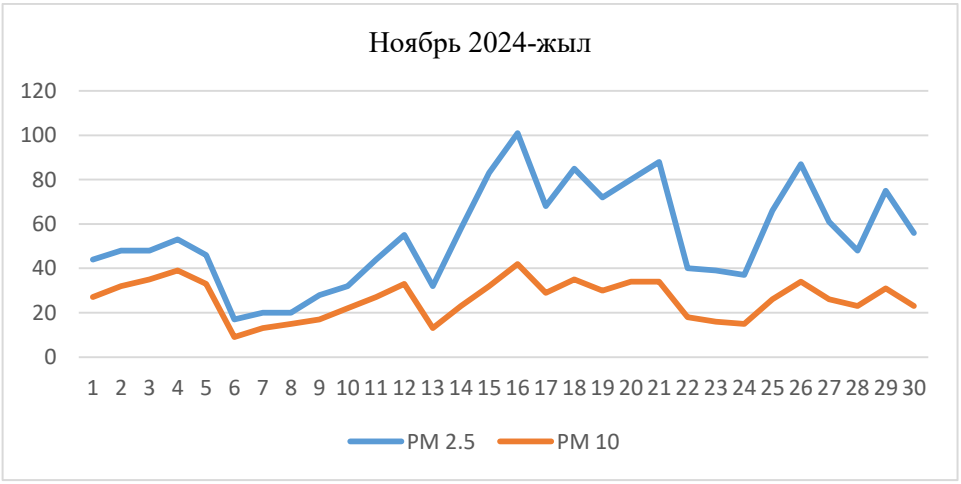
Булак: авторлор тарабынан жүргүзүлгөн өлчөөлөрдүн негизинде түзүлдү

7-сүрөт. Бишкек шаарында 2022-жылдын ноябрь айындагы PM2.5 жана PM10 микроөлчөмдүү бөлүкчөлөрүнүн концентрациясынын күндөр боюнча өзгөрүүсү



Булак: авторлор тарабынан жүргүзүлгөн өлчөөлөрдүн негизинде түзүлдү

8-сүрөт. Бишкек шаарында 2023-жылдын ноябрь айындагы PM2.5 жана PM10 микроөлчөмдүү бөлүкчөлөрүнүн концентрациясынын күндөр боюнча өзгөрүүсү



Булак: авторлор тарабынан жүргүзүлгөн өлчөөлөрдүн негизинде түзүлдү

9-сүрөт. Бишкек шаарында 2024-жылдын ноябрь айындагы PM2.5 жана PM10 микроөлчөмдүү бөлүкчөлөрүнүн концентрациясынын күндөр боюнча өзгөрүүсү

7–9-сүрөттөрдөн байкалгандай, 2022–2023-жылдардын ноябрь айларында бөлүкчөлөрдүн орточо концентрациясы нормадан бир аз жогору болгон. Ал эми 2024-жылдын ноябрь айында PM2.5 бөлүкчөлөрүнүн концентрациясы айдын ортосунан баштап дээрлик эки эсеге жогорулаганы байкалат (9-сүрөт). Бул көрүнүш шаар тургундарынын жылытуу мезгилин башташы менен байланыштуу болушу мүмкүн. Мындай учурда абанын курамындагы PM2.5 бөлүкчөлөрүнүн көбөйүшү калаа калкынын ден соолугуна терс таасирин тийгизе баштайт.

Климаттын өзгөрүшү табигый процесстерден, ошондой эле адамдын атмосферага тийгизген таасиринен, анын ичинде парник газдарынын эмиссиясынан келип чыгат.

Бүгүнкү күндө өнөр жай ишмердүүлүгүнүн өнүгүшүнө жана калктын санынын өсүшүнө байланыштуу атмосферага бөлүнүп чыккан парник газдарынын көлөмү көбөйүп, парник эффектинин күчөшү байкалууда. Эң кеңири таралган парник газдарына суу буусу (H_2O), көмүр кычкыл газы (CO_2), метан (CH_4), азот кычкылы (N_2O) жана хлорфторкөмүртектер (CFCs) кирет.

Атмосферадагы көмүр кычкыл газы (CO_2), метан (CH_4) жана хлорфторкөмүртектер (CFCs) сыяктуу парник газдары жылуулукту атмосферада кармап турууга көмөк көрсөтүп, парник эффектинин күчөшүнө алып келет.

2022–2024-жылдар аралыгындагы маалыматтарды талдоодо Бишкек шаарынын абасында CO_2 газынын концентрациясынын бир аз жогорулаганы байкалат. Бул шаарда газ менен жүргөн автоунаалардын санынын өсүшү менен түшүндүрүлүшү мүмкүн. Ал эми CH_4 газынын концентрациясы болжол менен 0,01 ppb деңгээлинде болуп, эки газ тең азырынча жол берилген чектен ашкан эмес. 2025-жылы алынган маалыматтардын негизинде парник газдары боюнча кеңири талдоо жүргүзүлөт.

Корутунду. 2022–2024-жылдары Бишкек шаарынын абасындагы зыяндуу микроөлчөмдүү бөлүкчөлөрдүн концентрациясы күз мезгилинин аягында жогорулай баштаганы байкалат. Бул көрүнүш шаар четиндеги жаңы конуштарда катуу отундун кеңири колдонулушу жана антропогендик факторлордун күчөшү менен байланыштуу болушу мүмкүн.

Колдонулган адабияттар

1. Смог над Бишкеком: как уменьшить транспортные выхлопы? // Kloop.kg. – 2019. – 31 марта. – URL: https://kloop.kg/blog/2019/03/31/smog-nad-bishkekom-kak-umenshit-transportnye-vyhlopy/
2. Бишкекте катталган автоунаалардын саны тууралуу маалымат // DB.KG. – URL: https://db.kg/?p=1618
3. Чаянова Э.А. Оценка пропускания солнечного излучения атмосферой при затменном методе наблюдения спектрометром, установленном на спутнике // Фундаментальная и прикладная климатология. – 2018. – № 4. – С. 88–104. DOI: 10.21513/2410-8758-2018-4-88-104.
4. Radiometer Model 501 UVA Radiometer // EniseyLab. – URL: https://eniseylab.ru/oborudovanie/solarlight/ozonometr/radiometr-model-501-uva-radiometer
5. Ritchie H., Roser M. Sector by sector: where do global greenhouse gas emissions come from? // Our World in Data. – 2023. – 13 November.
6. Angélil O., Stone D.A., Tadross M. et al. Attribution of extreme weather to anthropogenic greenhouse gas emissions: sensitivity to spatial and temporal scales // Geophysical Research Letters. – 2014. – Vol. 41, No. 6. – P. 2150–2155. DOI: 10.1002/2014GL059234.
7. Zhao S. Is global warming mainly caused by anthropogenic greenhouse gas emissions? // Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects. – 2011. – Vol. 33, No. 21. – P. 1985–1992. DOI: 10.1080/15567030903515013.

8. Tsai K.T., Lin T.P., Hwang R.L. et al. Carbon dioxide emissions generated by energy consumption of hotels and homestay facilities in Taiwan // Tourism Management. – 2014. – Vol. 42. – P. 13–21.
9. Лубсанова Т.М. Дыхание почв Селенгинского среднегорья // Пространственно-временная организация почвенного покрова: теоретические и прикладные аспекты: материалы международной научной конференции. – Санкт-Петербург, 2007. – С. 270–272.
10. Saxena P., Sonwani S., Saxena P. et al. Criteria air pollutants: environmental and health effects // Air Pollutants and Their Environmental and Health Impacts. – 2019. – P. 49–82.
11. Microscopic threat: PM10 and PM2.5 particles // MSULAB. – URL: https://www.msulab.ru/knowledge/air/microscopic-threat-particles-pm10-and-pm2-5/ (дата обращения: 31.05.2026).

Рецензент: биология илимдеринин кандидаты, профессор Атанаев Т.Б.