

Қазақстандағы ауаның ластануы: ғарыштан көрініс

Қарағанды облысының
мысалында іргелі талдау,
климаттың өзгеруіндегі
Қазақстанның жалпы рөлі
туралы ескертулер

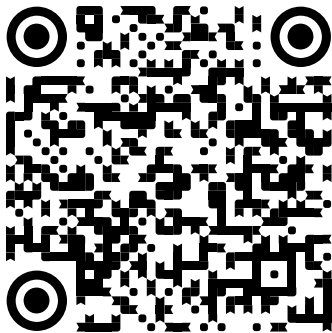
Прага – Қарағанды 2023



Funded by
the European Union



TRANSITION
Ministry of Foreign Affairs of the Czech Republic



WORLD FROM SPACE

Қазақстандағы ауаның
ластануы: ғарыштан көрініс

Климаттың өзгеруіне Қазақстанның барынша кең әсерлері жайында ескертулері бар
Қарағанды облысына бағытталған іргелі талдау.

© World from Space 2023

© Arnika 2023

Жарияланған мерзімі: 2023

Бас редактор: Ян Лабохий

Жетекші автор: Симона Бочкова

Авторлар: Роман Боховиц, Матуш Хрнчяяр, Микулаш Муронь, Ян Хитрый, Мартин
Скальский, Марцела Чернохова, Дмитрий Калмыков

Бұл зерттеу ағылшын, орыс және қазақ тілдерінде жарияланады.

Ағылшын тілінде түзету: Simon Gill

Орыс тілінде аударма: Макар Терёшин

Қазақ тілінде аударма: Асел Маликова

Графикалық дизайн: Jakub Nemeček, www.typonaut.cz

Бұл жұмыс Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 IGO license (CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo>) лицензиясы бойынша қолжетімді. Осы лицензияның шарттарына сәйкес, Сіз бұл басылымды коммерциялық емес мақсаттарға көшіре аласыз, тарата аласыз және сәйкесінше сілтеме жасап деректер көзіне қоса аласыз.

Зерттеу өзгертілген Copernicus Sentinel [2018-2022] деректерін қамтиды. Карталар © OpenStreetMap contributors (openstreetmap.org) и Humanitarian Data Exchange (data.humdata.org) деректерімен қамтылған.

Зерттеу Еуропалық Одақтың қаржылық қолдауымен және Чехия Республикасының сыртқы істер Министрлігінің өтпелі кезеңге қолдау Бағдарламасымен әзірленді. Зерттеудің мазмұнына донорлардың пікірлері енбейді.

ISBN 978-80-88508-18-2

Мазмұны

Аббревиатуралар мен қысқартулар тізімі	4
Резюме	5
Негізгі тұжырымдар	5
Ұсыныстар	6
Кіріспе	8
Қазақстанның әкімшілік бөлінуі	9
Климаттың өзгеруі мен ауаның ластануының өзара байланысы	10
Негізгі ластаушы заттар	10
<i>Азот диоксиді (NO₂)</i>	10
<i>Күкірт диоксиді (SO₂)</i>	11
<i>Метан (CH₄)</i>	11
<i>Қатты бөлшектер (PM₁₀)</i>	12
Тау-кен қызметі салдарынан ауаның ластануы	13
Қазақстандағы ауаның ластануының шекті деңгейі	14
Қазақстандағы атмосфералық ауаның ластануына COVID-19 әсері	15
Ауа массаларының таралуына физикалық-географиялық жағдайлардың әсері	15
Деректер және әдістемелер	16
Sentinel-5P	16
Атмосфераны бақылаудағы «Коперник» (CAMS) қызметі	16
Мәліметтерді өңдеу принциптері	17
Қорытындылар	18
Ауаның ластануына өнеркәсіптің әсері	18
Азот диоксиді (NO ₂)	18
<i>Жалпы талдау</i>	18
<i>Ауаның ластануының маусымдылығы</i>	23
<i>Қазақстандағы COVID-19 пандемиясы</i>	23
Метан (CH ₄)	26
<i>Жалпы талдау</i>	26
<i>Ауаның ластануының маусымдылығы</i>	30
Күкірт диоксиді (SO ₂)	32
<i>Жалпы талдау</i>	32
<i>Ауаның ластануының маусымдылығы</i>	38
Қатты бөлшектер (PM ₁₀)	39
<i>Жалпы талдау</i>	39
<i>Ауаның ластануының маусымдылығы</i>	41
Қарағанды облысындағы ауаның ластануы: толығырақ шолу	44
Азот диоксиді (NO ₂)	44
Метан (CH ₄)	47

Күкірт диоксиді (SO ₂)	50
Қатты бөлшектер (PM ₁₀)	52
Ұсыныстар	55
Ауа сапасын бақылауды күшейту және деректер жинау	55
Көмірді пайдалануды қысқарту және жаңартылатын энергия көздерін енгізу	56
Нормативтік-құқықтық база, экологиялық жауапкершілік және жергілікті шығарындылар кадастрлары	57
Өнеркәсіптегі энергия тиімділігін арттыру және шығарындыларды шектеу шаралары	58
Жұртшылықтың хабардарлығы және қатысуы	59
Қарағанды облысы үшін ерекше ұсыныстар	60
Дереккөздер	62

Аббревиатуралар мен қысқартулар тізімі

SAMS – Атмосфераны бақылау қызметі Copernicus	РШК – рұқсат етілген шекті концентрация
CH ₄ – метан	АСБҰЖ – Ауа сапасын бақылаудың ұлттық желісі
CO – көміртегі монооксиді	NO ₂ – Азот диоксиді
ECMWF – Орта мерзімді ауа райы болжамдарының еуропалық орталығы	ЭБДҰ – Экономикалық ынтымақтастық және даму ұйымы
EEA – Қоршаған орта бойынша Еуропа агенттігі	ОН – гидроксильді радикал
EPA – АҚШ-да қоршаған ортаны қорғау бойынша агенттігі	PM ₁₀ – өлшемі 10 мкм-нан аз қатты бөлшектер
ЕС – Еуропалық Одақ	S5P – Sentinel-5P
ГАЗ – географиялық ақпарат жүйесі	SH – Sentinel Hub
GFDRR – Апаттар қаупін азайту және қалпына келтіру бойынша жаһандық қор	SO ₂ – күкірт оксиді
IEA – Халықаралық энергетикалық агенттігі	TROPOMI – Тропосфераны бақылауға арналған құрылғы
IFORCE – Орман ресурстары және көміртегі эмиссиясы бойынша еуропалық комиссия	АҚШ – Америка құрама штаттары
IPCC – Климаттың өзгеруі бойынша үкіметаралық топ	ДДСҰ – Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы

ТҮЙІНДЕМЕ

Ауаның жақсы сапасын сақтау халықтың денсаулығы, қоғамның гүлденуі және табиғи экожүйелердің тұтастығы үшін өте маңызды. Ластаушы заттар мен парниктік газдардың шығарындыларын азайту климаттың жылдам өзгеруін тежеудің кілті болып табылады. **2019 жылы парниктік газдар шығарындылары бойынша әлемде 21-ші орында тұрған Қазақстан** климаттың өзгеруі мен ауаның ластануының күрделі өзара байланысына тап болды. **Ауаның ластануы жыл сайын 10 000-нан астам адамның мезгілсіз өліміне әкеледі**, ал экономикалық шығын Дүниежүзілік банктің 2023 жылғы мәліметтері бойынша шамамен 10,5 миллиард долларды құрайды.

Қазақстан Париж келісімі сияқты негізгі климаттық келісімдерге қосылып, **2060 жылға қарай көміртегі бейтараптығына қол жеткізу мақсатын қойғанымен**, Ұлттық бейімделу жоспары сияқты кешенді стратегиялар әлі де дамудың бастапқы сатысында. 2021 жылы жаңартылған Экологиялық кодекс бейімделуге де, «ластаушы төлейді» принципіне де баса назар аударады, **бұл климаттың өзгеруі мен ауаның ластану мәселесін бір уақытта шешудің маңыздылығын көрсетеді**. Осы екі мәселе өзара байланысты болғандықтан, ауаның ластануын бақылау жергілікті денсаулық сақтау мәселесі ғана емес, сонымен қатар климаттың өзгеруіне қарсы жаһандық күрестің маңызды аспектісіне айналады.

Қазақстан – **көмір, мұнай, газ және мыс өндіруден дүние жүзіндегі ең ірі өндірушілердің бірі**. Сонымен қатар, **елімізде бірнеше ауыр өнеркәсіп орындары, соның ішінде металлургия және мұнай өңдеу зауыттары орналасқан**. Созылмалы инверсиялармен сипатталатын айқын континенттік климатына байланысты Қазақстан атмосфералық ауаның ластану мәселесіне және оның ластануын азайту бойынша

кешенді шараларды қабылдау қажеттілігіне тап болды. Бұл мәселе жалпы өмір сүру сапасына әсер етіп қана қоймайды, сонымен қатар климаттың өзгеруінің қарқынын жылдамдатуға әсер етеді.

Бұл зерттеу **өнеркәсібі дамыған Қарағанды аймағына ерекше назар** аудара отырып, ауаның ластануы мен климаттың өзгеруінің заңдылықтарын, мерзімдерін және себептерін зерттеуге бағытталған. Өнеркәсіптік кәсіпорындар мен тұрмыста көмірді пайдаланудан ластанудың күшеюі екі мәселенің өзара терең байланысын көрсетеді.

Негізгі тұжырымдар

Азот диоксиді (NO₂) концентрациясы, ереже бойынша, Қазақстанның **ірі қалалары мен өнеркәсіп орындарында** жоғарырақ, оның ішінде ең жоғары концентрациясы **Павлодар, Алматы және Шымкентте** байқалады. **Өнеркәсібі дамыған қалаларда ластану деңгейі жоғары**. Бұл әсіресе ЖЭО және көмір кенішімен танымал Екібастұзда байқалады (0,59 10⁻⁴ моль / м²), және өзінің ірі металлургиялық өнеркәсібімен танымал Теміртауда (0,44 10⁻⁴ моль/м²) байқалады, мұнда NO₂ концентрациясы салыстырмалы көлемдегі қалаларға қарағанда екі-үш есе жоғары (~0,20 10⁻⁴ моль/м²). **Қыс айларында ауаның NO₂ ластану деңгейінің артуы байқалады, ал көктем мен жазда концентрациясы жоғары болып қалатын Алматы, Шымкент және Павлодар қалаларының маңын қоспағанда, көптеген аудандарда ластану деңгейі төмендейді**. Бұған көлік қатынасының қарқындылығы, көмір электр станциялары мен металлургия өнеркәсіп кәсіпорындарының жақындығы себеп болса керек. COVID-19 пандемиясы кезінде бірқатар аймақтарда NO₂ шығарындыларының төмендеуі байқалды, бұл эпидемиологиялық шектеулердің көмегімен болды.

Көмір кен орындарының маңында метан концентрациясының (CH₄) артқаны анықталды. Жалпы,

карьерлерден шығатын метан шығарындылары ереже бойынша әдетте төмен, сонымен қатар жер асты кеніштерінің шығарындыларымен салыстырғанда көбірек таралады. 2018 жылдан 2022 жылға дейінгі кезеңде елімізде **метан концентрациясының жыл сайынғы артуы** байқалды, бұл атмосферадағы метан мөлшерінің артуының жаһандық үрдісіне сәйкес келеді. Анағұрлым жоғары аймақтық концентрация **Шымкент қаласы және оған іргелес Түркістан облысында, сондай-ақ Маңғыстау және Қызылорда облыстарында** байқалады.

Қазақстанда **күкірт диоксидімен (SO₂)** ластанудың жоғары деңгейі негізінен тау-кен кәсіпорындары мен көмір электр станцияларының ауданында байқалады. **Павлодар, Алматы, Өскемен, Астана және Қарағанды** сияқты қалаларда SO₂ концентрациясы Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы (ДДҰ) белгілеген шекті рұқсат етілген тәуліктік нормадан да, қазақстандық сапа стандарттарынан да асып түседі. Жалпы **ең жоғары концентрациялар Алматы облысында байқалады, ал Павлодар облысында жыл бойына ең жоғары концентрациялар тіркелген**, бұл көмір электр станцияларының және тау-кен өнеркәсібінің жұмысымен байланысты. **SO₂ концентрациясының маусымдық сипаты қыста ең жоғары деңгейлерінен көрінеді, бұл жауын-шашынның аз болуымен және үй жылытуда шығарындылардың артуымен байланысты.**

Өлшемі 2,5-тен 10 мкм-ге дейінгі (PM₁₀) бөлшектердің концентрациясы Қазақстанның оңтүстігі мен оңтүстік-шығысында табиғи факторлардың: жалаңаш топырақтан және шөлді жерлерден шығатын шаңды дауылдардың салдарынан жоғары. Қазақстанның басқа аймақтарында, оның ішінде **Қарағанды, Өскемен, Ақтөбе, Астана және Қостанай қалаларында PM₁₀ жоғары концентрациясы байқалады, себеп-салдары – адам әрекеті. Табиғи**

жағдайлар PM₁₀ ауаның ластануындағы маусымдық өзгерістерге әсер етеді. Оңтүстікте және оңтүстік-шығыста шаңды дауылдардың әсерінен концентрация жоғары, ал адам әрекеті **Қарағанды және Өскемен** сияқты қалаларда **жыл бойына жоғары концентрацияға алып келеді.**

Қарағанды облысының аумағында көмір электр станциялары, көмір шахталары, қара металлургия кәсіпорындары сияқты және басқа да **бірнеше антропогендік ластандыру көздері бар. Барлық зерттелген ластандырушы заттардың жоғары деңгейлері жоғарыдағы ластандыру көздері шоғырланған Қарағанды және Теміртау қалаларының маңында анықталды.**

Ұсыныстар

Қазақстандағы ауаның сапасын жақсарту және климаттың өзгеруінің салдарын жеңілдету үшін **ұсыныстар кешені** ұсынылды. Ең маңызды аспектілердің бірі **ауа сапасын бақылауды күшейту және деректер жинау** болып табылады. Бұған мониторинг инфрақұрылымын кеңейту және жоғары сапалы құрылғылармен жабдықталған станцияларды стратегиялық орналастыру жолымен қол жеткізуге болады. Сонымен қатар, ең маңызды стратегиялар **көмірді пайдалануды азайту және жаңартылатын энергия көздерін енгізуді тездету болып табылады.** Атмосфералық ауа сапасы стандарттарының тиімді сақталуы нормативті-құқықтық базаны күшейтуді және экологиялық міндеттемелерді орындауды қажет етеді. Бұған тексерулер, аудиттер және ережелерді сақтамағаны үшін айыппұлдар арқылы қол жеткізуге болады. Тағы бір маңызды аспект – энергия үнемдеу шараларын, оның ішінде ғимараттарды жөндеу және «ақылды» көлік шешімдері сияқты бастамаларды ілгерілету. Жұртшылықтың хабардар болуы мен қатысуының өмірлік маңызы бар, себебі Қазақстан жұртшылықтың аз хабардарлығы, автокөліктерді жоғары деңгейде пайдалану және қоршаған ортаны

ластайтын үй жылыту әдістерін пайдалану сияқты мәселелермен бетпе-бет келеді .

Қарағанды облысында ауаның сапасын жақсарту үшін көмірмен жұмыс істейтін электр станцияларына, көмір шахталарына және металлургия өнеркәсібіне басым назар аудару қажет. Көмірмен жұмыс істейтін электр станцияларына ластандыруды бақылаудың озық технологияларын ендіруге және шығарындылар бойынша ережелерді қатаң сақтауға жігерлендіру қажет. Бұған түтін газдарын күкірттен тазарту жүйелеріне, ластандырушы заттардың ауаға таралуының алдында ұстап қалуға және жоюға арналған электростатикалық тұндырғыштар немесе мата сүзгілеріне қаражат құю арқылы қол жеткізуге болады. Осыған ұқсас, көмір өндіруден шығатын шаң шығарындыларын азайту үшін шаралар, яғни шаңды басудың жетілдірілген әдістемелері мен жабық конвейер жүйелерін, сондай-ақ қатаң бақылауды жүзеге асыру және заңның

сақталуын қадағалау сияқты шаралар қабылдануы керек. Өндіріске барынша таза технологияларды енгізуге қолдау көрсету, мысалы электр доға пештері сияқты, металлургия өнеркәсібінен зиянды ластандырушы заттардың шығарындыларын айтарлықтай азайтуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, жоғары сапалы құрылғылармен жабдықталған станцияларды стратегиялық орналастыру арқылы ауа сапасының бақылау желісін кеңейту нақты уақыт режимінде ластандырушы заттардың деңгейі жөнінде нақты деректерді алуға мүмкіндік береді. Жұртшылыққа экологиялық деректер кеңірек қолжетімді болып, олар шешім қабылдау процесіне белсендірек қатысуы қажет.



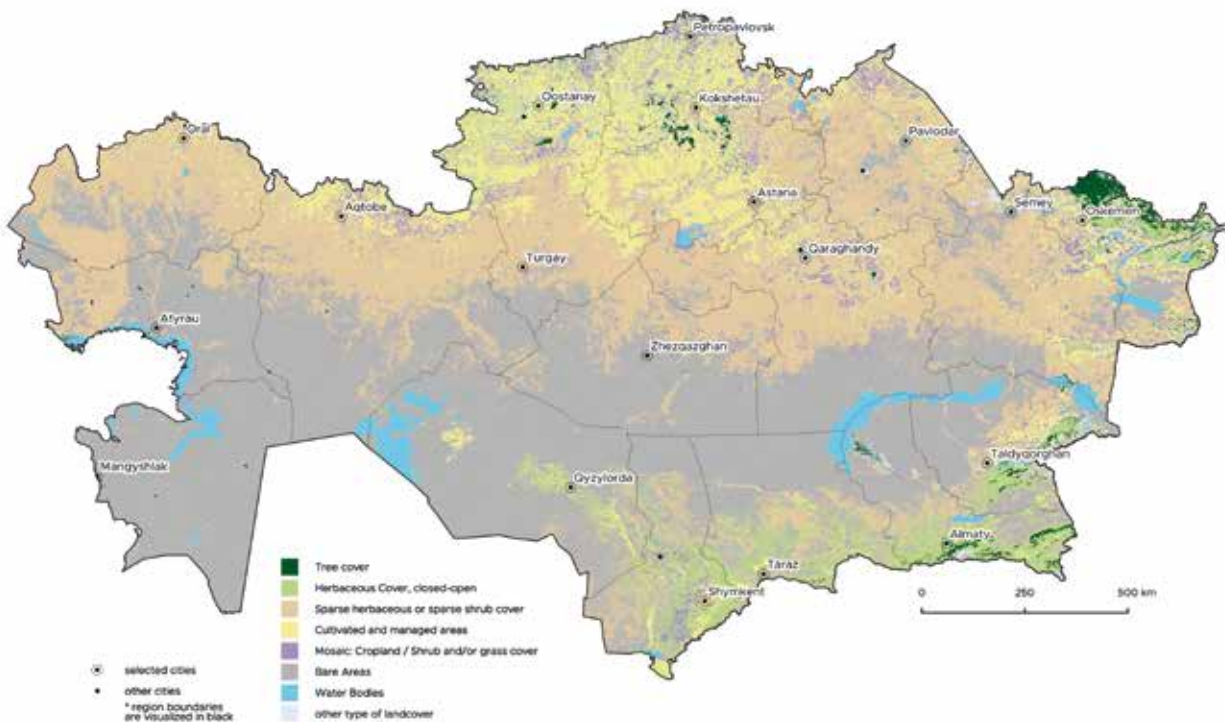
Балқаш қаласы металлургияның орталығы болғанымен, ал көл ауыл шаруашылығы үшін балық пен судың негізгі көзі болып табылады. (Сурет: Ондрей Петрлик / Арника)

КІРІСПЕ

Соңғы екі онжылдықта Қазақстанның айтарлықтай экономикалық дамуы байқалады, оған еліміздің ЖІӨ-нің өсуінде маңызды рөл атқарған көбіне қазба отындары мен металдарды экспорттаудың арқасында қол жеткізді (Дүниежүзілік банк, 2021 ж.). Дегенмен де, бұл даму айтарлықтай дәрежеде экологиялық салдарларға жеткіліксіз көңіл бөлініп өндірісті жылдам кеңейтуге бағытталған іргетасы кеңестік дәуірде қаланған өнеркәсіпке сүйенді. Соңғы экономикалық өсу өз қиындықтарын әкелгенімен, көптеген экологиялық мәселелер кеңес дәуіріндегі бақылаусыз индустрияландыру нәтижесінде пайда болды. Ұзақ ондаған жылдар бойы табиғи ресурстарды дұрыс басқармау мен жарату ауыр экологиялық мәселелерге, соның ішінде ауаның, судың және топырақтың ластануына алып келді, сонымен қатар биоәртүрлілікке теріс әсер етті. Бұл мәселелер мүлдем шешілмеген

күйде қалды және соңғы онжылдықтарда одан әрі экономикалық дамуға ұмтылу барысында шиеленісе түсті. 2021 жылы тарихи және жаңа факторлардың жиынтығы Қазақстанның ауаның ластануы $PM_{2.5}$ бойынша әлемде 23-ші орынды иеленуіне алып келді (IQAir, 2021).

Орталық Азия мен Шығыс Еуропада орналасқан Қазақстан теңізге шықпайтын әлемдегі ең үлкен мемлекет. Оның алуан түрлі ландшафтына (1-сурет) аумақтың шамамен 70%-ын, әсіресе солтүстік және орталық аймақтарды қамтитын далалар кіреді (ФАО, 2021). Сонымен қатар, ел аумағында әсіресе оңтүстік-орталық және батыс бөліктерінде басым, аумақтың 22%-ын алып жатқан кең-байтақ шөлдер мен жалаңаш жерлер орналасқан. Бұл көбінесе құмды немесе тасты шөлді аймақтар қатаң климатына байланысты аз қоныстанған (Еуропа комиссиясы, 2022). Ормандар да салыстырмалы түрде сирек кездеседі және Қазақстан аумағының небәрі 3%-ын ғана алып жатыр. Сондай-ақ елде көлдер, өзендер мен батпақтар бар, олар оның аумағының шамамен 2%-ын құрайды.



1-сурет: Қазақстанның топырақ қабаты. Дереккөз: Global Land Cover 2000 – European Commission, 2022.

Қазақстанның әкімшілік бөлінуі

Қазақстанның әкімшілік бөлінуінде (2-сурет) осы зерттеудің нәтижелерін зерделеу кезінде ескеруді қажет ететін өзіндік ерекшеліктері бар. Ел **17 облысқа** және облыстардың құрамына кірмейтін және **республикалық маңызы бар**

қалалар болып табылатын **үш ірі қалаға** бөлінген. Бұл Астана, Алматы және Шымкент. Әр облыс **аудандарға** бөлінеді. Аттас аудандар арасындағы шатасуды болдырмас үшін оларды атаған кезде әрқашан тиісті облыс немесе олар жататын қала көрсетіледі (мысалы, Астана қаласында Алматы ауданы бар; Павлодар қаласы Павлодар облысы Павлодар ауданының аумағында орналасқан).



2-сурет: Қазақстанның облыстары мен аудандары. Дереккөз: HDX, 2022.

Климаттың өзгеруі мен ауаның ластануы арасындағы өзара байланыс

СО₂ шығарындыларының көлемі бойынша, негізінен қазбалы отынның есебінен болатын, 2019 жылы Қазақстан жетекші әлемдік ластаушы заттар арасында 21-ші орынды иеленді. Шығарындылардың негізгі көздерінің бірі болып табылатын энергетика секторы елдегі көміртегі қарқындылығын айқын көрсетеді, ол БҰҰ ЕЭК экологиялық қызметтің 3-ші шолуында келтірілген. Соған қарамастан, тиісті шаралар қабылданған жағдайда көміртегі ізін азайтуға Қазақстанның айтарлықтай әл-қуаты бар.

Қазақстан климаттың өзгеруі жөніндегі БҰҰ Шектік конвенциясы аясында өзінің ұлттық хабарламаларында атап өткендей, ауыл және орман шаруашылығы төңірегінде, сонымен қатар су ресурстарын басқаруда жоғары тәуекелдерге тап болуда, оған айтарлықтай дәрежеде себеп – атмосфералық жауын-шашын мөлшерінің өзгеруі мен құрғақшылықтың артуы. Бұл қорғансыздық тек экологиялық емес, сонымен қатар әлеуметтік сипатқа ие. Климаттың өзгеруі оңтүстік өңірлердегі аптап ыстықтың күшеюі мен аурулардың таралуына байланысты халықтың денсаулығына кері әсерін тигізуде.

Ауаның ластануы мен климаттың өзгеруінің өзара байланысының айқын мысалы – металлургия және тау-кен өнеркәсібінің орталығы болып саналатын Теміртаудағы «қара қар». Жел режимінің өзгеруімен ластаушы заттар өнеркәсіптік және тұрғын аудандарға жиі түсе бастады. Ірі өнеркәсіп орталығы Қарағанды облысы осындай өзара байланыстың айқын мысалы болып табылады. Мұнда ластандырушы заттардың көлемді шығарындыларын жасайтын көптеген өнеркәсіп объектілері орналасқан, сондықтан аймақ қос мәселеге: өнеркәсіптік түтіннің артуы және әсіресе тұрғын үйлерде көмір жағуынан қоршаған ортаның айрықша ластануына тап болып отыр.

2021 жылы қабылданған Экологиялық кодекс өзінің жаңа құрылымымен және философиясымен экологиялық ақпараттың, соның ішінде климаттық деректердің қолжетімділігін арттырғанымен, одан ары қарай іс-әрекеттер қажет. Климаттық мәліметтерді жинаумен және болжаумен «Қазгидромет» мемлекеттік мекемесі айналысады, бірақ бұл баға жетпес ақпарат тәжірибелік мақсаттарда мүлдем пайдаланылмай қалады.

БҰҰ Шектік конвенциясы, Киото хаттамасы және Париж келісімі сияқты климатқа қатысты Қазақстанның халықаралық міндеттемелері оның аталған мәселелерді шешуге деген ұмтылысының куәсі. Президенттің 2060 жылға қарай көміртегі бейтараптығына қол жеткізу мақсаты қолдауға лайық болғанымен де нақты заңмен қамтуды қажет етеді. Жақында қабылданған климатқа бейімделу мәселелерін қамтыған 2021 жылғы Экологиялық кодекс жетістікке жетуге үміт береді. Бірақ шығарындылар үшін ақы төлемдерінен түсетін табыс табиғатты қорғау бастамаларын жүзеге асыруға жұмсалыуына қол жеткізу қажет.

Негізгі ластандырушы заттар

Бұл жұмыс Қазақстанда бар негізгі ластандырушы заттардың іргелі зерттеуі болып табылады. Келесі бөлімдерде біз әрбір нақты ластаушыны, оның көздері, әсері және елдегі таралуы туралы толық ақпарат ала отырып егжей-тегжейлі қарастырамыз.

Азот диоксиді (NO₂)

Азот диоксиді (NO₂) тропосферада да, стратосферада да болатын газ болып табылады, бірақ ол сонымен бірге адам әрекетінен пайда болатын негізгі атмосфераны ластандырушы заттардың бірі болып табылады. ДДҰ

мәліметтері бойынша (WHO, 2000) азот диоксидінің артуы тыныс алу жолдарының инфекцияларына, өкпе функциясының төмендеуіне және бойдың нашар өсуіне әкелуі мүмкін; ол сондай-ақ бронхит пен астма белгілерінің күшеюімен байланысты. Атмосферада NO_2 сумен және басқа химиялық заттармен әрекеттесуі ормандар мен су экожүйелерінің өзгерістерін тудыратын қышқыл жаңбырдың пайда болуына әкеледі. Еуропалық қоршаған ортаны қорғау агенттігінің «Ауа сапасы 2020 жылы» (ЕЭА, 2022) есебіне сәйкес, азот оксидтерінің негізгі көзі **автомобиль көлігі** болып табылады, оның үлесі 37% шығарындыларды құрайды. NO_2 басқа көздері **мұнай өңдеу және металл өңдеу, электр энергиясын көмір электр станцияларынан өндіру, өңдеу өнеркәсібі және тамақ өнеркәсібі** болып табылады. **Газдың табиғи көзі топырақтағы микробиологиялық процестер, орман өрттері және найзағай болып табылады.**

NO_2 негізгі антропогендік көздері

- автокөліктен шығатын газдар
- көмірмен жұмыс істейтін электр станциялары
- мұнай өңдеу және металл өңдеу

Метан (CH_4)

Метан – табиғи газдың негізгі құрамдас бөлігі болып табылатын түссіз, иіссіз және тез тұтанғыш газ. Бұл сондай-ақ қуатты парниктік газ болып табылады, жаһандық жылынуға қосатын үлесі көмірқышқыл газдың үлесінен 80 есе жоғары (20 жыл ішінде) (IEA, 2021).

Метан табиғи процестердің нәтижесінде, мысалы, батпақтардағы органикалық заттардың ыдырауы нәтижесінде пайда болады, ол оттегінің жоқ кезінде ыдыраудың жанама өнімі болып табылады. Метан шығарудың тағы бір табиғи көзі – ас қорыту процесінде метан

бөлетін ауылшаруашылық жануарлары (соның ішінде сиырлар, шошқалар, құстар және т.б.). Орман өрттері кезінде органикалық заттардың жануынан метан жанама өнім ретінде де бөлінуі мүмкін. Бұдан басқа, ол табиғи жолмен жер қыртысында өндірілуі мүмкін немесе көмір қабаттарында, мұнай және газ кен орындарында, сонымен қатар мәңгі тоң сияқты геологиялық құрылымдарда болуы мүмкін.

Ауыл шаруашылығы, мал өсірумен айналысу, қазбалы отынды өндіру және пайдалану, қалдықтарды кәдеге жарату сияқты адам іс-әрекеттері метан шығарындыларының маңызды көздері болып табылады. Климаттың өзгеруі жөніндегі Үкіметаралық топтың (IPCC) соңғы бағалауына сәйкес атмосфераға жалпы метан шығарындыларының шамамен 60% үлесі адам іс-әрекетіне тиесілі.

Адам әрекетінен болатын метан шығарындыларының мөлшері қызмет түрі, аймақ, қолданыстағы технология деңгейі және басқару әдістері сияқты факторларға байланысты өзгереді. Ауыл шаруашылығы, әсіресе мал шаруашылығы мен күріш шаруашылығы антропогендік метан шығарындыларының ең үлкен көзі болып табылады, антропогендік метан шығарындыларының шамамен 40% пайызын құрайды.

Қазба отынын өндіру және пайдалану, көмір, мұнай және газ өндіру, сондай-ақ көлікті қосқанда, барлық антропогендік метан шығарындыларының шамамен 35% пайызын құрайтын тағы бір маңызды көз болып табылады. Қалған 25% пайыз қоқыс және сарқынды суларды тазарту сияқты қалдықтарды кәдеге жаратудың үлесінде (IPCC, 2021).

Күкірт диоксиді (SO_2)

Күкірт диоксиді (SO_2) атмосфераға табиғи және антропогендік көздерден түседі және ол оның өмір сүру ұзақтығы бірнеше апта болатын стратосферада да,

өмір сүру ұзақтығы бірнеше тәуліктік тропосферада да кездеседі. Жаһандық SO_2 шығарындыларының шамамен 30%-ы **жанартаулар** сияқты табиғи көздерден келеді. Антропогендік көздерге **көмір электр станциялары, өнеркәсіптік процестер және қазба отындарын жағумен байланысты басқа әрекеттердің түрлері** (мысалы, тұрмыстық жылыту) жатады. SO_2 ластануына адамның үлесі экологиялық саясат тұрғысынан ең үлкен аландатушылық тудырады.

Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының (WHO, 2021) мәліметі бойынша, « *SO_2 тыныс алу жүйесі мен өкпе функциясына әсер етуі мүмкін, сондай-ақ көздің тітіркенуін тудырады. Тыныс алу жолдарының қабынуы жәтелді, шырыштың бөлінуін, демікпе мен созылмалы бронхиттің өршуін тудырады және адамдарды тыныс алу жолдарының инфекцияларына бейім етеді. Жоғары SO_2 күндері жүрек ауруларымен ауруханаға түсу және өлімдер артады*». SO_2 сумен әрекеттескенде қышқыл жаңбырдың негізгі құрамдас бөлігі – күкірт қышқылы түзіледі.

Қазақстандағы күкірт диоксидінің табиғи көздері **орман өрттері мен шаңды дауылдар** болып табылады. Дала өрттері – әдетте Қазақстандағы жиі құбылыс, әсіресе жаз айларында температура жоғары, ал өсімдіктер құрғақ болған кезде (NASA, 2005). Мұндай өрттер кезінде ауаға күкірт диоксиді мен басқа да ластандыршы заттар шығарылады. Қазақстан аумағында кең далалар мен шөлдер орналасқан, сондықтан да құрғақшылық және күшті желдер кезінде шаңды дауылдар болуы мүмкін. Мұндай дауылдар шаң мен басқа да бөлшектерді, соның ішінде күкірт диоксидін көп мөлшерде ұзақ қашықтықтарға тасымалдауы мүмкін. Қазақстандағы күкірт диоксидінің табиғи көздері адамның іс-әрекетіне қарағанда аса маңызды болмағанмен, олар әсіресе орман өрттері кезінде ауаның ластануына жергілікті және аймақтық үлесін қосуы әбден мүмкін (GFDRR, 2023).

Қатты бөлшектер (PM_{10})

Қатты бөлшектер немесе атмосфералық аэрозольдер – ауада қалықтаған күйде болатын және атмосферада еркін қозғала алатын қатты немесе сұйық бөлшектер. Олар химиялық қасиеттері бойынша емес, көлемі бойынша жіктеледі. PM_{10} ірі фракциясы өлшемі 2,5-тен 10 мкм дейінгі анағұрлым ірі бөлшектерден құралады. Өлшемі 2,5 мкм (PM_2) аз бөлшектер негізінен **құрылыс жұмыстары, жол шаңының қайта таралуы және жел сияқты механикалық процестер** нәтижесінде түзіледі, ал PM_{10} негізінен жану көздерінен, **соның ішінде тұрмыстық жылыту мен көліктен түзіледі**. Басқа маңызды көздерге **өнеркәсіптік процестер мен электр станциялары** жатады. Табиғи жағдайларда бөлшектер атмосфераға **вулкан әрекеттері, өрттер, эрозия және теңіз суының әсерінен шығады** (WHO, 2013). **Өсімдік жамылғысы болмауы себебінен пайда болатын шаңды дауылдар** да атмосферада PM_{10} пайда болуына ықпал етуі мүмкін.

Негізгі антропогендік көздер

- құрылыс жұмыстары
- көлік
- тұрмыстық жылыту
- өнеркәсіптік процестер
- электростанциялар жұмыстары

Қатты бөлшектердің жоғары концентрациясының адам денсаулығына тікелей кері әсері болады (WHO, 2005). Әсері өлшеміне, химиялық құрамына және пішініне байланысты, дегенмен де жалпы тыныс алу және жүрек-тамыр жүйелеріне әсер етеді. Қатты бөлшектер улы және генотоксикалық әсерге ие – канцерогендік қауіпті арттырады (Karlsson et. al., 2004), эндопителиальды жасушалардың құрылымы мен тұтастығына әсер етеді, тамыр тромбозының ықтималдығын арттырады (Гилмур және басқалар, 2005), қанның ұюын және инсульт, миокард инфарктісі және атеросклероз қауіпін

арттырады (Künzli et. al., 2005).

Қатты бөлшектер олардың бетіндегі химиялық реакциялардың катализаторы ретінде әрекет етуі мүмкін. Осылайша, ауада басқа ластандырушы заттардың болуымен қатты бөлшектердің улы әсері күшейеді. Барлық осы ерекшеліктер ауадағы РМ «қауіпсіз» концентрациясын анықтауға мүмкіндік бермейді. Сондықтан ДДҰ сарапшылары адамдардың денсаулығына ең аз қауіп-қатерді айқындайтын мәндерді құрастырып ұсынды.

ДДҰ ауаның ластануының адам денсаулығына әсерін қалай азайтуға болатыны туралы нұсқаулықты қамтамасыз ету үшін ауадағы қатты бөлшектердің жылдық орташа концентрациясы бойынша нұсқаулық береді. Қатты бөлшектер (PM_{10}) үшін бұл мән **20 мкг/м³** құрайды. Қысқа мерзімді ластану деңгейлері орташа 24 сағат ішінде 50 мкг/м³ (PM_{10}) аспауы керек (WHO, 2023).

Тау-кен өндірісі нәтижесінде ауаның ластануы

Қазақстандағы тау-кен өнеркәсібінен ауаның ластануы негізінен тау-кен металлургиялық кешендері орналасқан бірнеше аймақтарда шоғырланған. Тау-кен өндірісінен ауаның ластануы үлкен алаңдаушылық тудыратын аймақтарға Қарағанды, Шығыс Қазақстан, Павлодар және Атырау облыстары жатады.

Карьерлердің маңындағы ауаны ластаушы заттардың түрі өндірілетін пайдалы қазбаларға және өндіру әдістеріне байланысты:

Еліміздің ірі көмір өндіруші аймақтарының бірі – Қарағанды көмір бассейні. Ол Қазақстандағы тау-кен өндірісі нәтижесінде ауаны ластайтын ең үлкен көздердің бірі болып табылады. Азот диоксидінің (NO_2) жоғары концентрациясы бірнеше тау-кен металлургиялық кешендері, соның ішінде Ақсу ферроқорытпа зауыты

орналасқан Павлодар облысында да байқалады.

Күкірт диоксиді (SO_2) ластануы бойынша маңызды көздер Қарағанды облысындағы Балқаш маңында, сондай-ақ өнеркәсіптік қала Жезқазған мен оның маңында кездеседі (Асқаров және т.б., 2023). Бұл жерлерде ірі мыс кеніштері орналасқан, оларды өндіру кезінде SO_2 түзіледі. Ірі тау-кен кәсіпорындарына, мысалы, Жезқазған мыс қорыту және Балқаш мыс қорыту зауыттары жатады.

Метанға (CH_4) келетін болсақ, Атырау облысында бірнеше мұнай-газ кен орындары және олармен байланысты инфрақұрылымдар бар, олар да атмосфераның ластануына ықпал етуі мүмкін, өйткені метанның антропогендік көздеріне мұнай өндіру мен өңдеу жатады. Атмосфераға шығарылатын метанның мөлшері өндіріс түріне байланысты.

Елдің басқа жерлерінде көмірді жерасты және ашық әдіспен өндіру метан шығарындыларының әртүрлі деңгейлеріне ие, жер асты өндіру әдетте ашық әдіспен өндіруге қарағанда метанды көбірек бөледі. Себебі, жер асты қазбалары қабаттың көлемінде метан көп болатын жерасты қабаттарынан көмір алады, ал ашық әдіспен өндіру метан концентрациясы төмен көмір қабаттарына жету үшін тек үстіңгі жынысты алып тастайды (Ирвин және Тайлаков, 2000).

Еліміздің ауыр өнеркәсібінің энергетикалық қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін Қазақстанда көмірмен жұмыс істейтін электр станциялары салынды. Олар Қазақстанның солтүстік, орталық және шығыс облыстарында құрылған, өйткені бұл аймақтарда белсенді көмір кен орындары бар. Елдегі жалпы өнеркәсіптік шығарындылардың сәйкесінше 37% және 30% электр энергетикасы мен металлургияға тиесілі. Осы екі негізгі өнеркәсіп секторы Қазақстанның парниктік газдар шығарындыларына айтарлықтай үлес қосады.

Қазақстандағы ауаның ластануының шекті деңгейлері

Қазақстанның заңнамасында Экологиялық кодексте және қоршаған орта мен табиғи ресурстар мониторингінің Бірыңғай мемлекеттік жүйесінің қағидаларында белгіленген атмосфералық ауаның сапасын бақылау бойынша нақты ұсыныстар бар. Ластаушы заттардың шоғырлану деңгейін мемлекеттік бақылау «Қазгидромет» мемлекеттік мекемесінің қарауындағы стационарлық және жылжымалы посттардың көмегімен жүзеге асырылады. Заң бойынша барлық жиналған деректер осы ақпаратқа жұртшылықтың қолжетімділігін қамтамасыз ететін «Қазақстан Республикасының қоршаған орта және табиғи ресурстардың жай-күйі туралы ұлттық деректер қорында» сақталуы тиіс.

Экология және табиғи ресурстар министрлігіне бағынатын «Қазгидрометтің» мемлекеттік жүйесінен бөлек, әртүрлі тәуелсіз мониторинг жүйелері бар. Оларды облыс билігі мен қоғам белсенділері құрды. Өкінішке орай, бұл жүйелердің деректеріне қол жеткізу тек онлайн режимінде және әрбір бақылау нүктесі үшін жеке негізде мүмкін болады. Мемлекет бұл әртүрлі бақылау жүйелері жинаған деректерді кез келген дәйекті түрде біріктіріп, пайдалануы керек. Осыған байланысты спутниктік

мәліметтер тәуелсіз деректер жинау және ластануды бағалау үшін пайдаланылуы мүмкін.

Қазақстанда ауа сапасын бақылау және жақсарту шеңберінде атмосфералық ауаның ластануының экологиялық лимиттері белгіленді. Елімізде атмосфералық ауадағы ластаушы заттардың шекті рұқсат етілген концентрациясының (ШПК) ұлттық стандарты қабылданған. Ол күкірт диоксиді (SO₂), азот диоксиді (NO₂), көміртек тотығы (CO) және қатты бөлшектерді (PM₁₀ және PM_{2.5}) қоса алғанда, бірнеше ластаушы заттардың шектерін белгілейді. Сондай-ақ Қазақстанда ауа сапасының мониторингі бойынша ұлттық желі (NAMQM) құрылды, ол елдің әртүрлі аймақтарындағы ауадағы әртүрлі ластаушы заттардың деңгейін өлшейді. Бұл желінің деректері ШПК сәйкестігін бағалау және ауаның ластануы елеулі мәселе болуы мүмкін аймақтарды анықтау үшін пайдаланылады (Асанов, 2021). **Қазақстандағы ластаушы заттардың шекті рұқсат етілген мәндері ДДҰ ұсынымдарынан асып түседі (1-кесте).**

Pollutant	One-Time MAC, $\mu\text{g m}^{-3}$		Average Daily MAC, $\mu\text{g m}^{-3}$		Average Annual MAC, $\mu\text{g m}^{-3}$	
	Kazakhstan	WHO	Kazakhstan	WHO	Kazakhstan	WHO
PM ₁₀	300	-	60	50	-	20
PM _{2.5}	160	-	35	25	-	10
SO ₂	500	-	50	20	-	-
NO ₂	200	-	40	-	-	40

1-кесте: ДДҰ деректеріне және Қазақстанның ұлттық стандарттарына сәйкес атмосфералық ауадағы ластаушы заттардың шекті мәндері. Дереккөз: Асанов, 2021 ж.

Қазақстандағы ауаның ластануына COVID-19 әсері

Әлемнің көптеген елдері сияқты Қазақстан да COVID-19 пандемиясынан зардап шекті. Қазақстанда COVID-19-ның алғашқы жағдайы 2020 жылдың наурыз айының басында тіркелді, содан бері елде пандемияның бірнеше толқыны болды. Үкімет вирустың таралуын бәсеңдету үшін әртүрлі шараларды қабылдады, соның ішінде құлыптау, коменданттық сағат, адамдар мен көліктерге шектеулер. Бірінші шектеу 2020 жылдың 16 наурызы мен 11 мамыры аралығында енгізілді. 2020 жылдың 19 наурызында Астана мен Алматы қалаларында қатаң карантин енгізілді, онда ауру ең көп тіркелген. 2020 жылдың 30 наурызында Атырау мен Қарағанды облысының бес қаласына шектеулер қойылды. COVID-19 Қазақстанның денсаулық сақтау жүйесіне, экономикасына және күнделікті өміріне айтарлықтай әсер етті. Пандемия 2020 жылы ішкі тұтыну 40%-ға, ал ЖІӨ өсімі 2,8%-ға төмендеп, Қазақстан экономикасына айтарлықтай теріс әсер етті (Flanders Investment & Trade, 2022).

Ауа массаларының таралуына физикалық- географиялық жағдайлардың әсері

Қазақстанның ауа райына оның күрт континенттік климаты жыл мезгілінде үлкен температура айырмашылығымен әсер етеді. Солтүстіктен оңтүстікке қарай күн радиациясының айтарлықтай өсуі байқалады. Ел маусымнан тамызға дейін күн энергиясының ең көп мөлшерін алады. Қазақстанның рельефі алуан түрлі, аумағының көп бөлігін жазық, таулы аймақтар құрайды (ФАО, 2021). Жел режимі жыл бойы өзгереді: қыста оңтүстік-батыс, шөлді аймақтарда солтүстік-шығыс, ал жазда солтүстік-батыс, солтүстік және солтүстік-шығыс желдері басым. Жергілікті желдер таулы аймақтарда және жағалау аймақтарында байқалады (Қазақстанның ұлттық гидрометеорологиялық қызметі, 2023). Оңтүстік пен оңтүстік-шығыстағы таулардың құрылымы суық ауа массаларының оңтүстікке өтуіне табиғи кедергі бола отырып, жаһандық ауқымдағы ауа ағындарына әсер етеді.

ДЕРЕКТЕР ЖӘНЕ ӘДІСТЕМЕ

Sentinel-5P

Sentinel-5P (S5P) – 2017 жылдың қазан айында Еуропалық Одақтың Коперник бағдарламасының бөлігі ретінде ұшырылған атмосфераны бақылау спутнигі. Ол ультракүлгіннен қысқа толқынды инфрақызылға дейінгі толқын ұзындығы диапазонын қамтитын TROPOMI (Тропосфераны бақылау құралы) спектрометрін алып жүреді. S5P NO₂, озон, формальдегид, SO₂, метан, көміртегі тотығы және аэрозольдер сияқты газдарды шамамен 5,5 км x 3,5 км (2019 жылдың тамыз айына дейін ~7 км-ден ~5,5 км) кеңістіктік ажыратымдылығымен күнделікті өлшейді.

Sentinel-5P Level-2 (L2) деректері қолданылды, «сапаны қамтамасыз ету мәніне» сәйкес келетін 0,5 пиксель шегімен сүзіледі. Сапа кепілдігінің мәні S5P деректерімен қызығушылық аймақтарын үздіксіз қамтуды азайтатын маңызды параметр болып табылады. Бұл әдістемеді ескерілген. NO₂ және CO өнімдері (2018 жылдың мамырынан 2022 жылдың желтоқсанына дейін) SH арқылы алынған. L2 деректері пайдаланылды, ал «сапаны қамтамасыз ету мәні» 0,5-тен төмен пиксельдер сүзгіден өтті. Сапа кепілдігінің мәні S5P деректерімен қызығушылық аймақтарын үздіксіз қамтуды азайтатын маңызды параметр болып табылады. Бұл әдістемеді ескерілген.

Коперник атмосфералық мониторинг қызметі (CAMS)

Бөлшектер (PM₁₀) және күкірт диоксиді (SO₂) концентрацияларын Коперник атмосфералық мониторинг қызметі

(CAMS) бақылаған. Орташа диапазондағы ауа райы болжамының Еуропалық орталығы (ECMWF) басқаратын Коперник бағдарламасының бөлігі болып табылатын CAMS ауаның ластануы, күн энергиясы, парниктік газдар және климаттық факторларға қатысты жаһандық, сапамен басқарылатын ақпаратты қамтамасыз етеді.

Қазақстанда SO₂ және PM₁₀ өлшеу үшін CAMS жаһандық атмосфералық құрамы болжамдары (кеңістіктік рұқсат 0,4 x 0,4°) пайдаланылды. Болжамдарға 50-ден астам химиялық заттар (мысалы, озон, азот диоксиді, көмірқышқыл газы) және жеті түрлі аэрозольдер (шөл шаңы, теңіз тұзы, органикалық заттар, қара көміртек, сульфат, нитрат және аммиак аэрозольдері) кіреді. Болжамдық кезеңнің басындағы атмосфераның жай-күйін ең дәл бағалау болып табылатын талдау соңғы спутниктік бақылауларды алдыңғы болжаммен деректерді ассимиляциялау деп аталатын әдіспен біріктіру арқылы жасалады. Бұл әдіс әрбір болжамға бастапқы шарттарды жасау үшін қолданылады. Әртүрлі қысым деңгейлері үшін сағаттық уақыт қадамдарымен талдау да, болжам да қол жетімді (CAMS, 2022).

SO₂ ауаның ластануын талдау нәтижелерін түсіндірмес бұрын, өндіруші пайдаланылған CAMS деректер жинағына енгізген өзгертуді атап өту керек. 2019 жылдың 7 шілдесінен бастап тік ажыратымдылықты 60-тан 137 деңгейге дейін арттыру үшін үлгі деректерінің қайта іріктелуі өзгертілді. Мәліметтерді салыстыру мүмкіндігі тек жер бетінің деңгейінде қалды. Бұл есепте SO₂ концентрациясы жер үсті деңгейінде талданады, бірақ талдау нәтижелеріне сүйене отырып, кейбір жағдайларда деректерге жер деңгейінде де әсер етті. Бұл туралы «Нәтижелер» тарауында «Күкірт диоксиді (SO₂)».

Мәліметтерді өңдеу принциптері

Барлық деректер 2018 жылдың мамырынан 2022 жылдың желтоқсанына дейінгі зерттеу кезеңі үшін Python сценарийлері мен SH қызметі арқылы автоматты түрде жүктеліп, алдын ала өңделді. Өңдеудің соңғы кезеңдері ГАЗ компьютерлік нұсқасында жүргізілді. Карталар мен графиктерде ластаушы заттар келесі бірліктерде берілген:

- NO_2 және CO 10^{-4} моль/ м^2 концентрацияда
- PM_{10} және SO_2 $\text{мкг}/\text{м}^3$
- CH_4 миллиард бөлікте (млрд^{-1})

CAMS спутниктік деректердің, жердегі бақылаулардың және сандық үлгілердің тіркесіміне негізделген ластаушы заттардың концентрациясының күнделікті бағалауын қамтамасыз етеді. Модельдің жаһандық нұсқасы ластаушы заттардың концентрациясын тәулігіне екі уақыт нүктесіне бағалайды: 0:00 және 12:00. Модельдің еуропалық нұсқасы сағаттық бағалауды береді. Орташа тәуліктік көрсеткіштер ластаушы заттардың барлық тәуліктік концентрацияларының орташа мәнін алу арқылы есептелді.

Деректерді тереңірек түсіну үшін әртүрлі статистиканы есептеу үшін күнделікті мәндер пайдаланылды. Оларға 2018 және 2022 жылдар аралығында өлшенген барлық мәндердің барлық уақыттағы орташа мәндері мен медианалары, жылдық орташа мәндер мен медианалар, маусымдық орташалар мен медианалар, айлық орташа мәндер мен медианалар кіреді. Әр айдың орташа мәндері 2018 және 2022 жылдар аралығындағы осы айда өлшенген барлық мәндердің орташа арифметикалық мәні ретінде есептелді. Ауа сапасын бағалауды жеңілдету үшін бағалауда жыл мезгілдері қыстың (желтоқсан-ақпан), көктемнің (наурыз-мамыр), жаздың (маусым-тамыз) және күздің (қыркүйек-қараша) 3 айлық

кезеңдері ретінде анықталды. Одан кейін Қазақстанның әртүрлі аймақтарындағы ластаушы заттардың орташа концентрациясын есептеу үшін пиксельдік статистиканы білдіретін растрлар пайдаланылды. Бұл аймақтарға облыстар мен аудандар, сондай-ақ мұнай-газ, көмір, газ электр станциялары, көмірмен жұмыс істейтін электр станциялары, жекелеген қалалар мен елді мекендер (елде жүргізетін талдау жағдайында 100 000-нан астам тұрғыны бар қалалар Қарағанды облысы бойынша талдау жағдайында 5000-нан астам тұрғыны бар елді мекендер) сияқты әкімшілік бірліктер енді. Аймақтық статистиканы есептеу үшін негіз ретінде әрбір кен өндіру учаскесінің/электр станциясының/қаланың айналасындағы 10 км буферлік аймақ пайдаланылды.

Нәтижелерді визуализациялау үшін пиксельдік және аймақтық статистиканы көрсететін карталар мен графиктер жасалды.

ҚОРЫТЫНДЫЛАР

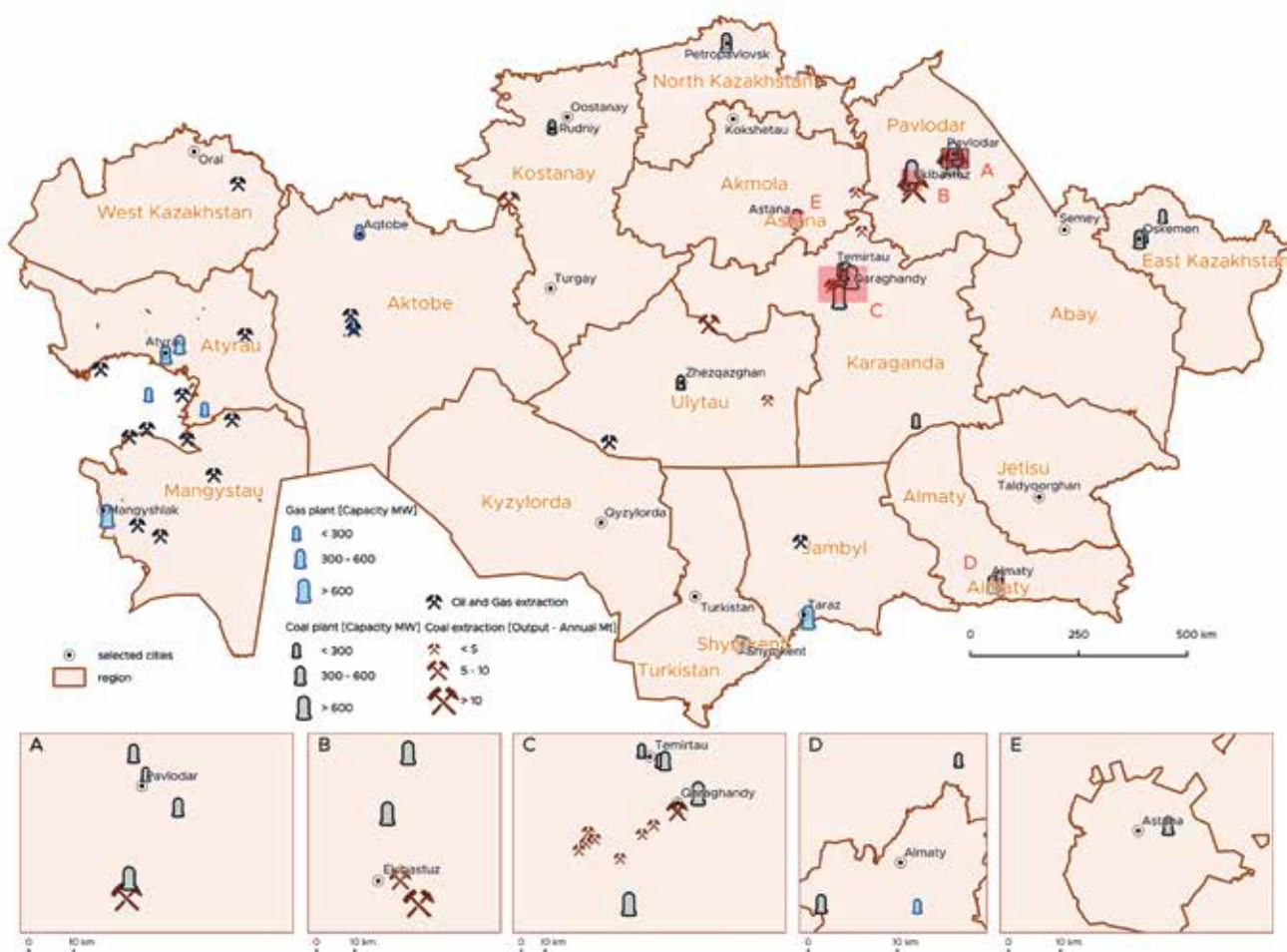
Азот диоксиді (NO₂)

Ауаның ластануына өнеркәсіптің әсері

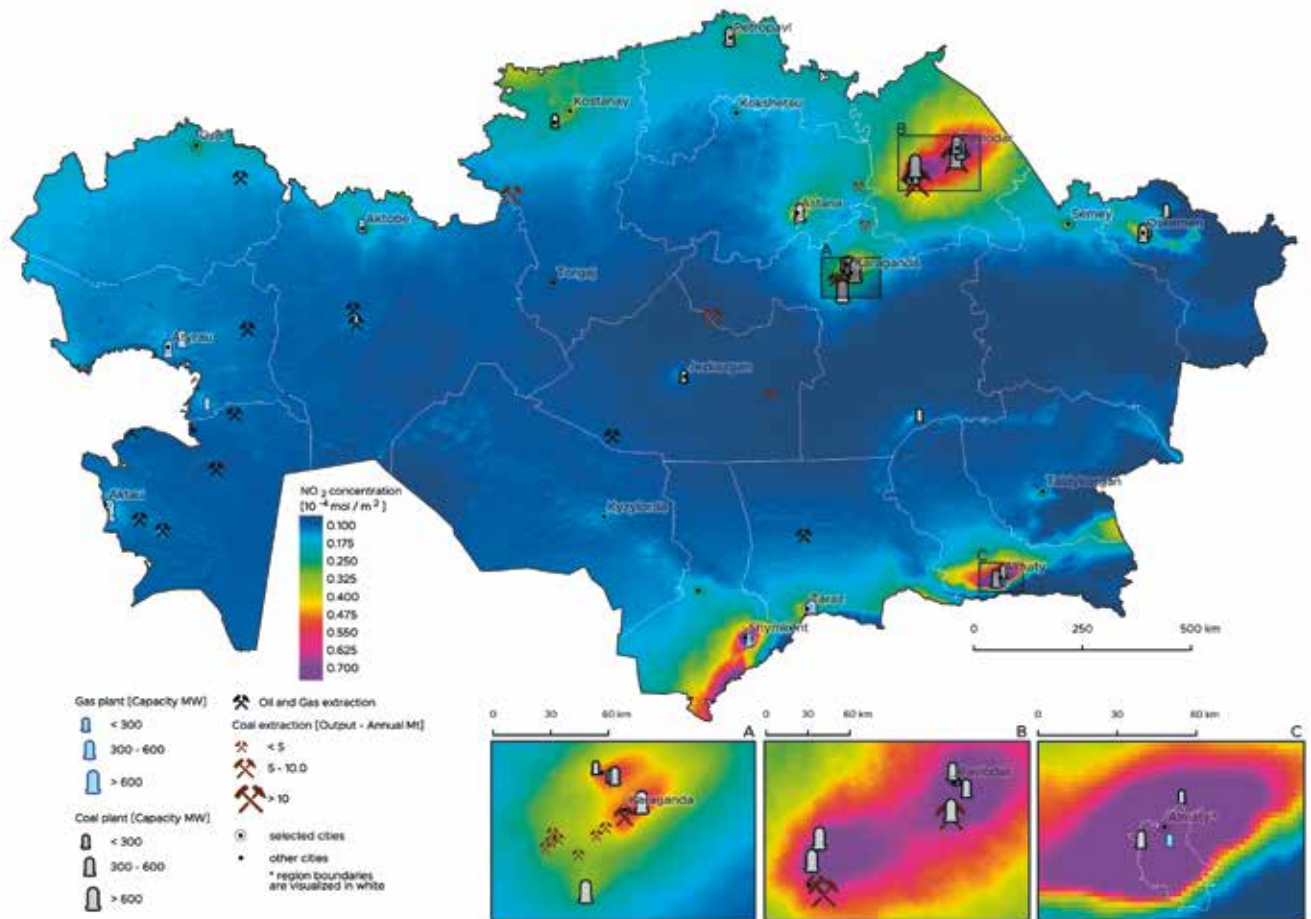
Қазақстан – әлемдегі ең ірі мұнай, газ және көмір өндірушілердің бірі. 3-суретте негізгі көмір өндіруші аймақтардың, мұнай және газ өндіру орындарының таралуы көрсетілген. Картаны электр станциялары толықтырады, олар да ауаны айтарлықтай ластайды. Таңдалған ластаушы заттардың әрқайсысының концентрациясының артуына тау-кен өнеркәсібі мен электр станцияларының әсері келесі тарауларда толығырақ қарастырылады.

Жалпы талдау

Бүкіл бақылау кезеңі үшін орташа NO₂ мәндері 4-суретте көрсетілген. NO₂ ең жоғары концентрациясы тұрғын аудандарда және ірі өнеркәсіптік нысандарда байқалатынын көруге болады. Ең жоғары концентрация Павлодар, Алматы, Шымкент және Қарағанды қалаларының маңында тіркелді. Қосымша ауқымды карталарда негізгі зерттеу аймақтары көрсетілген: көптеген тау-кен кәсіпорындары орналасқан Қарағанды қаласы, Қазақстанның маңызды өнеркәсіптік қалаларының бірі Павлодар және Қазақстандағы халқы ең көп қала Алматы. Алматыда NO₂ концентрациясының жоғарылауына қаланың тау етегінде орналасуы да әсер етуі мүмкін, бұл әсіресе қыс айларында немесе



3-сурет: Қазақстандағы көмір, мұнай және газ өндірудің негізгі объектілерінің орналасуы.
Дереккөз: Global Energy Monitor, 2022.



4-сурет: Sentinel-5P спутнигінен алынған 2018 жылдың мамыры мен 2022 жылдың желтоқсаны аралығындағы Қазақстандағы орташа NO₂ коңцентрациясы. Қалалар: А) Қарағанды, В) Павлодар, С) Алматы. Дереккөздер: Copernicus Sentinel деректері (ESA, 2018-2022; өзгертілген);

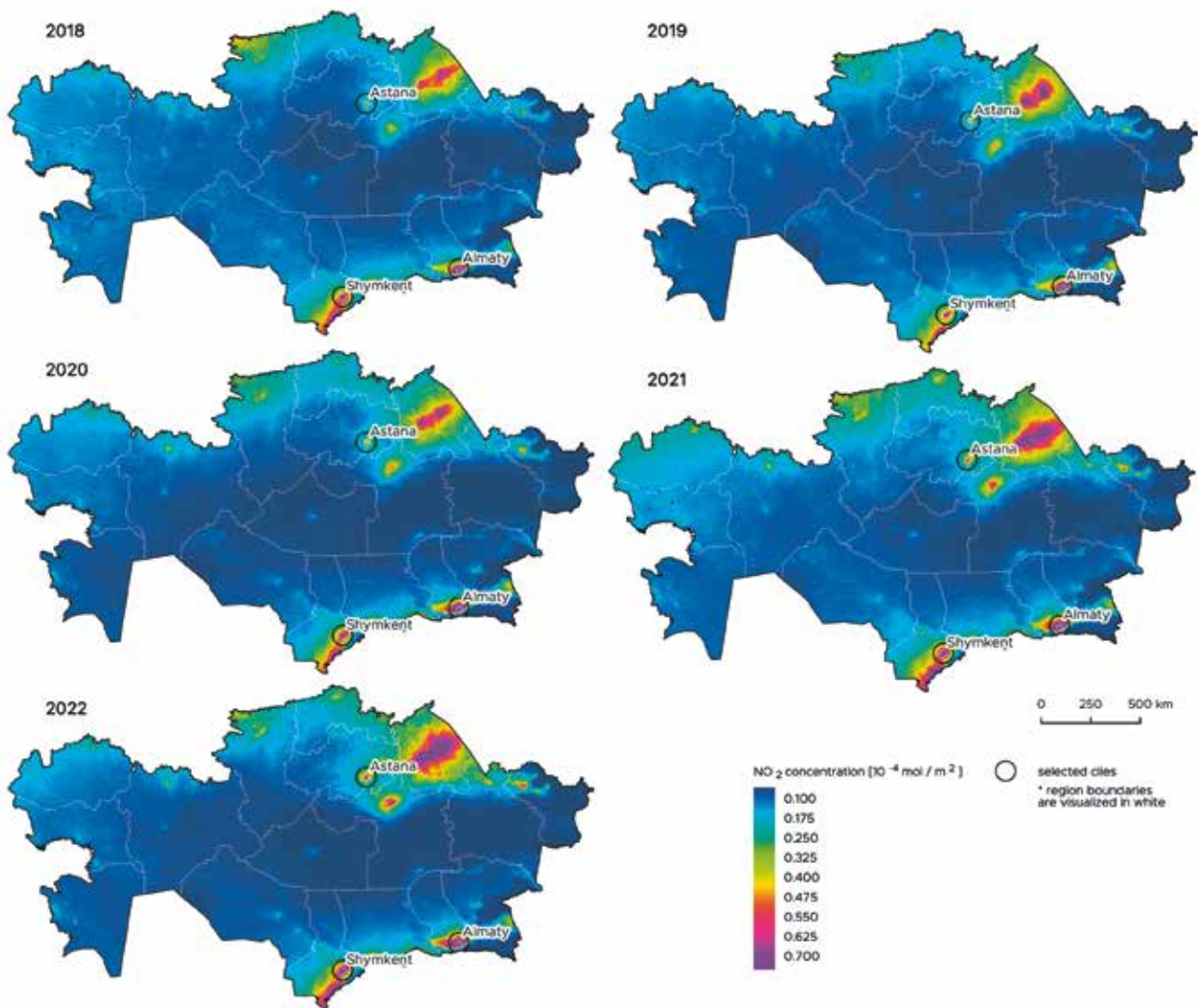
түтін жағдайында ластаушы заттардың концентрациясының жоғарылауына әкеледі.

Қазақстан аймақтарының көп бөлігінде жыл сайынғы елеулі өзгерістер байқалмайды (5-сурет). Жалпы, Павлодар, Астана және Қарағанды төңірегінде жыл сайын NO₂ концентрациясының жоғарылауы байқалады. NO₂ концентрациясының ішінара төмендеуі 2020 жылы эпидемиологиялық шектеулердің бірінші толқынымен бірге елді мекендерде орын алады. Енгізілген шектеулердің әсері әсіресе оқшаулау кезеңін басқа жылдардағы ұқсас кезеңдермен салыстырған кезде байқалады.

Облыс бойынша NO₂ ең жоғары концентрациясы үш ірі қалада – Алматыда (1,32 10⁻⁴ моль/м²), Астанада (0,38 10⁻⁴ моль/м²) және Шымкентте (0,79 10⁻⁴ моль/м²)

байқалады. Дегенмен, бұл шағын аудандар. Қалалық емес аймақтар арасындағы ең жоғары концентрация Павлодар, Түркістан және Солтүстік Қазақстан облыстарында байқалады (6-сурет). Павлодар облысының ластануын көптеген көмір карьерлері мен электр станцияларының бар болуымен түсіндіруге болады. Шымкент қаласы есепке алынбай есептелген, ірі өнеркәсіптік кәсіпорындары мен энергетикалық нысандары жоқ Түркістан облысы оңтүстік бөлігінде NO₂ жоғары шоғырлануымен сипатталады. Бұл дәл шекарада орналасқан Өзбекстанның үш миллиондық астанасы Ташкенттен келетін шығарындылардың ағынымен байланысты болса керек.

NO₂ ең жоғары концентрациясы Алматы облысында байқалады (7-сурет). Мұндағы NO₂ ластануының көздері көлік, өндіріс,



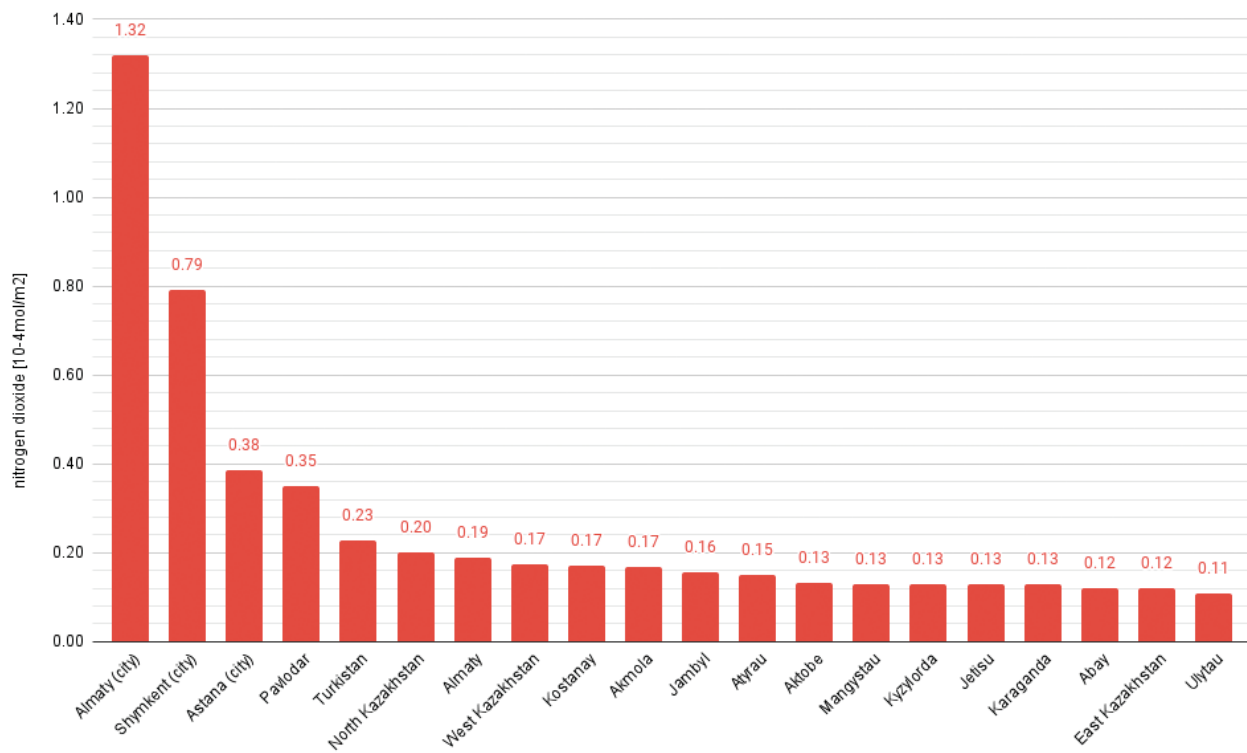
5-сурет: Sentinel-5P спутнигінен алынған Қазақстандағы 2018 жылғы мамырдан 2022 жылғы желтоқсанға дейінгі орташа жылдық NO₂ концентрациясы. Дереккөздер: Copernicus Sentinel деректері (ESA, 2018-2022; с и); OpenStreetMap contributors, 2022.

тау-кен өнеркәсібі және тұрғын үйлерді жылыту болып табылады.

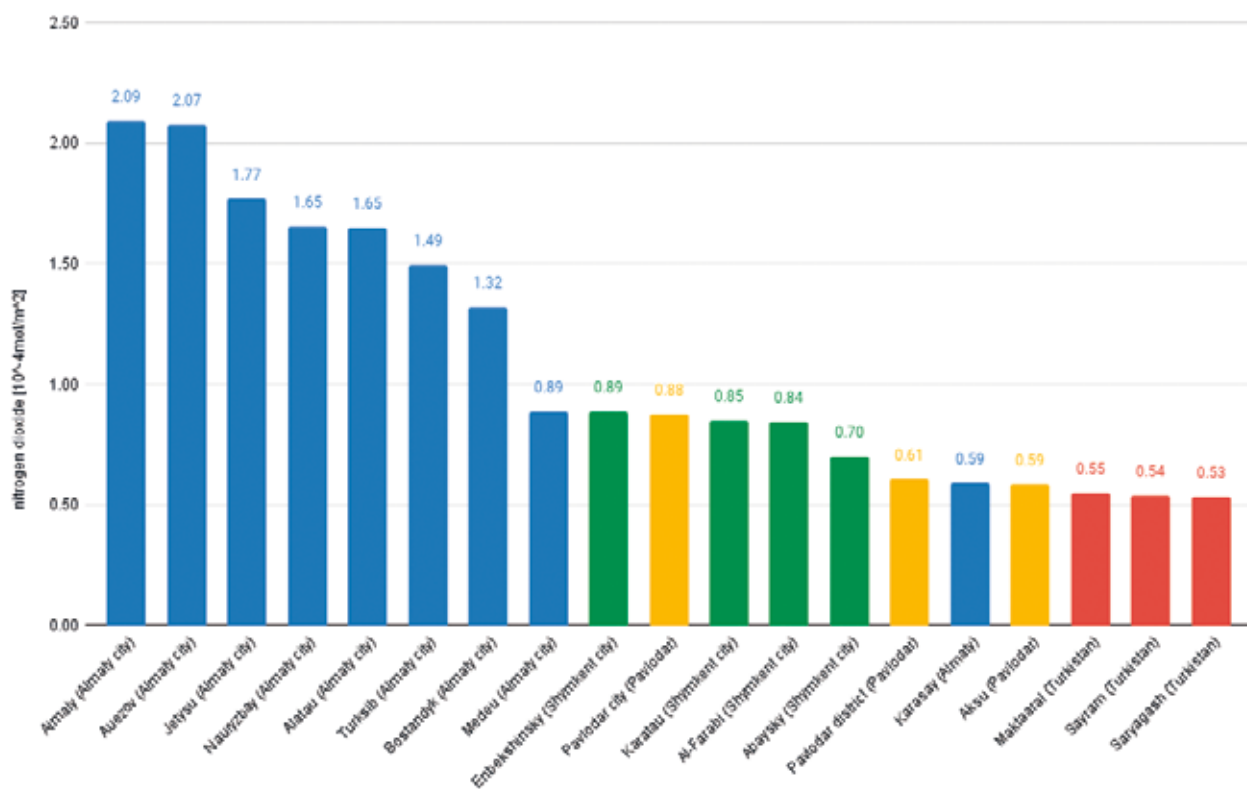
Қалаларда автомобиль көлігі көбінесе NO₂ шығарындыларының негізгі көзі болып табылады (ДДҰ, 2000). Қаладағы қолданыстағы көлік жүйесі негізінен жеке көліктерге сүйенеді, олардың көпшілігі ескірген және қажетті техникалық талаптарға сай емес. Бұл ауаның ластануына және жол кептелістерінің артуына ықпал етеді. Сондай-ақ, қоғамдық көлік желісінің жолаушылардың сұранысын қанағаттандыру мүмкіндігі жеткіліксіз. Автобустардың өзі жиі ескі және жаңартуды қажет етеді, метро желісі дамымаған, трамвай желілері жоқ. Бұл

факторлар қоғамдық көліктің тиімділігі мен қолжетімділігін төмендетіп, жеке көліктерге тәуелділікті одан әрі күшейтеді.

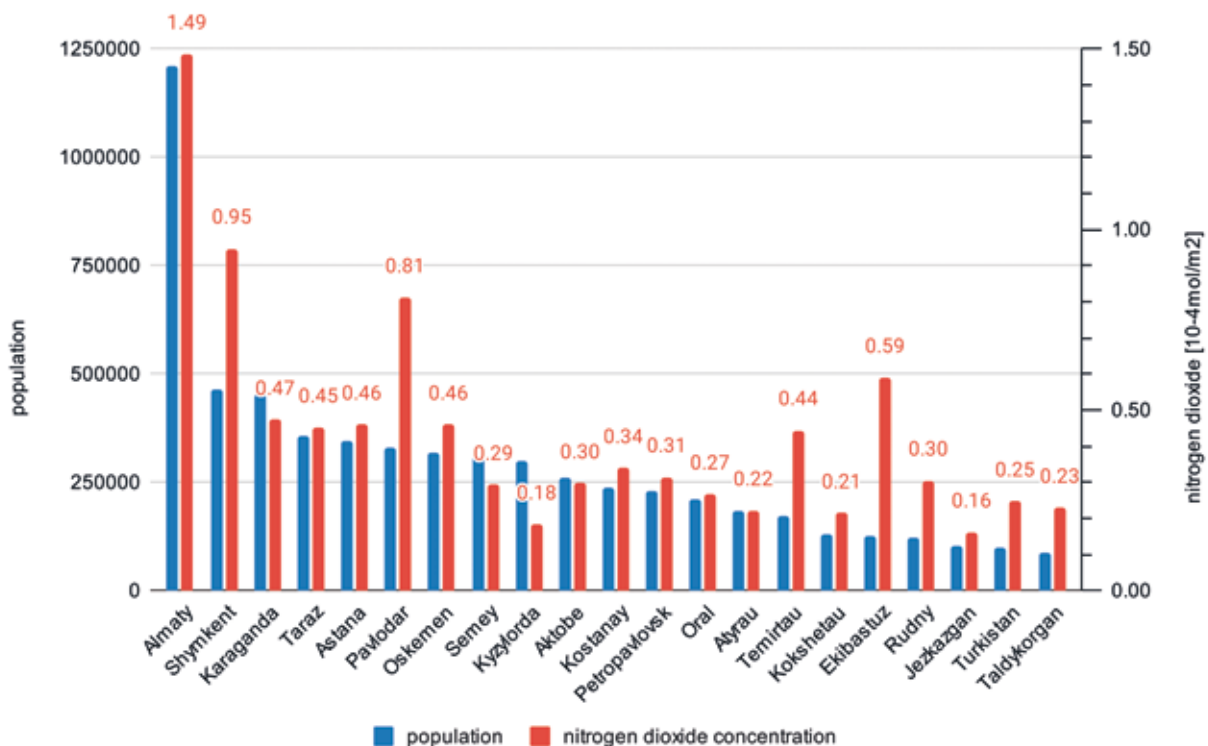
Кейбір қалаларда (халық саны 100 000 адамнан асатын) орташа NO₂ концентрациясы 8-суретте көрсетілген. Тау-кен өнеркәсібі шоғырланған қалаларды қоспағанда, ірі металлургиялық кәсіпорындар немесе көмірмен жұмыс істейтін электр станциялары бар қалаларды қоспағанда, қалалардың көпшілігінде ластану халық санының азаюымен төмендейді. Ең үлкен сәйкессіздік Екібастұз қаласында (0,59 10⁻⁴ моль/м²) байқалады, онда концентрациясы ұқсас көлемдегі қалалармен салыстырғанда үш есе мәнге



6-сурет: Sentinel-5P спутнигінен алынған 2018 жылғы мамырдан 2022 жылғы желтоқсанға дейін Қазақстан облыстарындағы орташа NO₂ концентрациясы. Дереккөздер: Copernicus Sentinel деректері (ESA, 2018–2022; өзгерістермен); OpenStreetMap contributors, 2022.



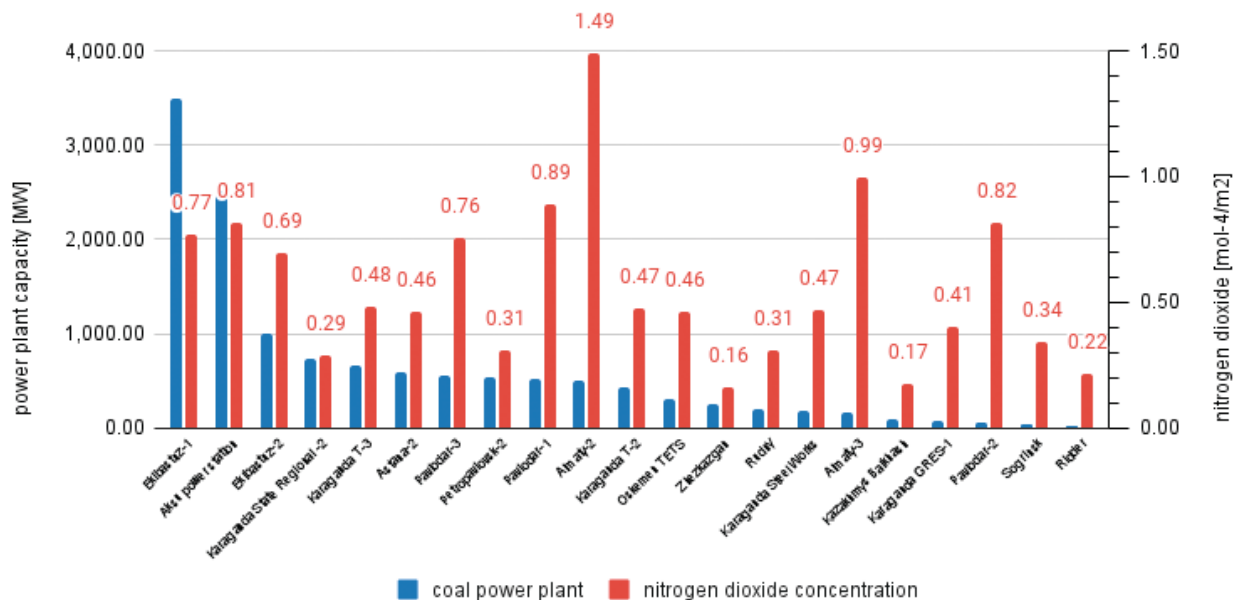
7-сурет: Sentinel-5P спутнигінен алынған 2018 жылғы мамырдан 2022 жылғы желтоқсанға дейін Қазақстан аймақтарындағы NO₂ ең жоғары 20 концентрациясы (облыс немесе қаланы көрсете отырып). Дереккөздер: Copernicus Sentinel деректері (ESA, 2018–2022; өзгерістермен); OpenStreetMap contributors, 2022.



8-сурет: Sentinel-5P жерсерігінен алынған 2018 жылғы мамырдан 2022 жылғы желтоқсанға дейін Қазақстанның таңдалған қалаларындағы орташа NO₂ концентрациясы. Дереккөздер: Copernicus Sentinel деректері (ESA, 2018–2022; өзгерістермен); OpenStreetMap contributors, 2022; Natural Earth, 2022. Ескерту: Халық саны туралы ақпарат қазіргі табиғи Жер дерекқорынан алынған (2022), онда нақты санақ күндері негізінен белгісіз.

жетеді. Сол сияқты шамамен екі есе концентрация Павлодар ($0,81 \cdot 10^{-4}$ моль/м²), Теміртау ($0,44 \cdot 10^{-4}$ моль/м²) және Шымкент ($0,95 \cdot 10^{-4}$ моль/м²) қалаларында байқалады. Жоғары концентрация Түркістан ($0,25 \cdot 10^{-4}$ моль/м²) және Талдықорған ($0,23 \cdot 10^{-4}$ моль/м²) қалаларында да анықталды. Түркістанда ластану көзін анықтау қиын. Мұны Түркістанға келетін қажылар мен туристердің көп саны үшін құрылған жергілікті инфрақұрылым нысандарының қарқындырақ қозғалыспен және шығарындыларды қарқынды өндіруімен түсіндіруге болады (The Astana Times, 2021). Талдықорғанда магистральдық теміржол вокзалының оңтүстігіндегі кең өнеркәсіптік аймақ NO₂ шығарындыларының артық мөлшерін тудырады. Мұнда әртүрлі өнеркәсіп орындары орналасқан, соның ішінде бетон зауыты, аккумулятор зауыты және электр жабдықтарының бөлшектерін шығаратын зауыт.

Көмірмен жұмыс істейтін электр станциялары аймағындағы NO₂ орташа концентрациясы 9-суретте көрсетілген. График электр станциясының орналасқан жерінен 10 км радиустағы өлшемдерге негізделген. NO₂ концентрациясын электр станцияларынан шығатын газдарымен ғана байланыстыруға болмайтынын көруге болады. Кейбір концентрациялар бір қалада орналасқан бірнеше электр станцияларының шығарындыларымен байланысты және негізінен басқа көздер түрлері NO₂ деңгейінің артуына ықпал етеді.



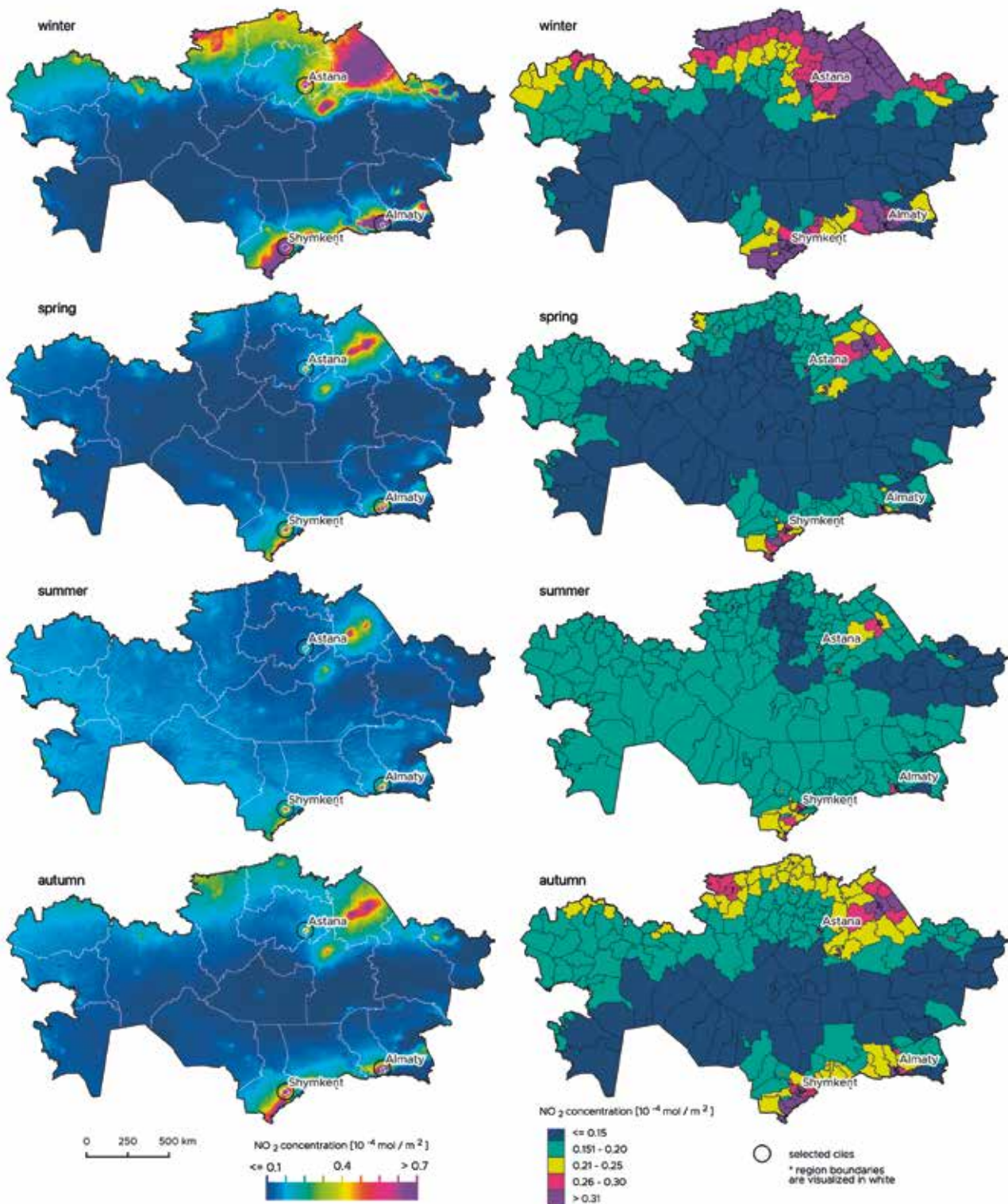
9-сурет: Sentinel-5P спутнигінен алынған 2018 жылдың мамыры мен 2022 жылдың желтоқсаны аралығындағы Қазақстандағы таңдап алынған көмір электр станцияларының ауданында орташа NO_2 концентрациясы. Copernicus Sentinel деректері (ESA, 2018–2022; өзгерістермен); OpenStreetMap contributors, 2022; Global Energy Monitor, 2022.

Ауаның ластануының маусымдылығы

Бір жыл ішінде NO_2 концентрациясының өзгеруін 10-суреттен көруге болады. Жалпы Қазақстандағы ауаның ластануы қыс айларында көбірек байқалады, бұл қысы суық аймақтарға тән. Өйткені, төмен температурада ауа тоқырауы мүмкін, бұл ластанушы заттардың жерге жақын жерде жиналуына әкеледі. Сонымен қатар, қыста энергияға сұраныстың артуы жылу көздерінен шығарындылардың көбеюіне әкеледі. Шығарындылардың ең көп өсуі еліміздің солтүстік облыстарында, сондай-ақ Алматы және Шымкент қалаларының маңында байқалады. Елдің солтүстігіндегі жағдай Ресейден, әсіресе Челябин, Магнитогорск, Қорған сияқты өнеркәсіптік дамыған қалалардан, сондай-ақ Ресейдегі ең ірі өндіруші кәсіпорындардың бірі Михайловский ГОК-тан шығарындыларды трансшекаралық тасымалдаумен байланысты болуы мүмкін. Темір рудасын өңдеу (Metalloinvest, 2020).

Солтүстік Ресей-Қазақстан шекарасының бойында орналасқан Омбы мен оның төңірегінде де осыған ұқсас қағида бар шығар. Көктем және жаз айларында ауаның ластануы облыстардың көпшілігінде төмендейді, бірақ Алматы, Шымкент және Павлодар қалаларының маңында оның концентрациясы әлі де жоғары.

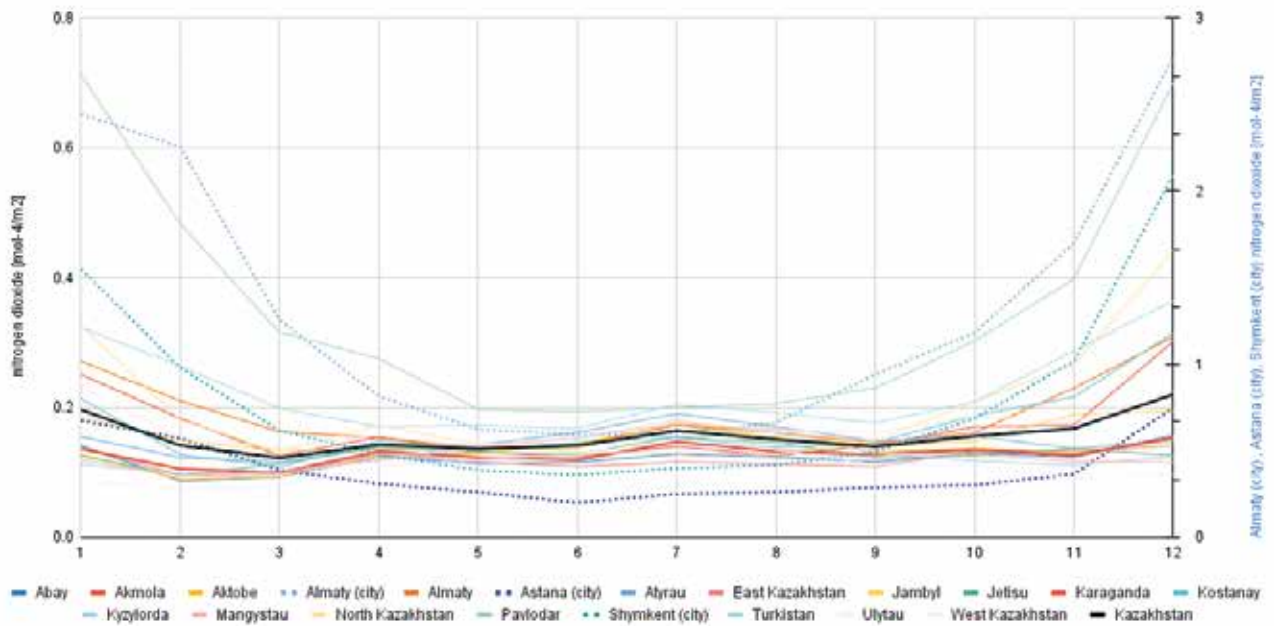
Жаз айларында Қазақстанның адам аз қоныстанған аумағының басым бөлігінде жоғары концентрация байқалды (11-сурет). Бұған бірнеше түсініктемелер болуы мүмкін. Жазда температураның көтерілуі атмосфераның көбірек араласуына әкеліп соғады, NO_2 сияқты ластанушы заттардың үлкенірек аумаққа таралуына әкеледі. NO_2 концентрациясы жаз айларында температураның жоғарылауымен де артады, бұл ішінара атмосферадағы фотохимиялық процестердің күшеюіне және NO_2 қайталама түзілуіне байланысты (Otero et al., 2021). Жауын-шашын атмосферадан ластанушы заттарды жуу арқылы NO_2 концентрациясын төмендетуде де рөл атқара алады. Сондықтан жауын-шашын



10-сурет: Sentinel-5P спутнигінің деректері бойынша 2018 жылғы мамырдан 2022 жылғы желтоқсанға дейінгі маусымдар үшін есептелген Қазақстанның облыс аудандарында NO₂ орташа концентрациясы. Дереккөздер: Copernicus Sentinel деректері (ESA, 2018–2022; өзгерістермен); OpenStreetMap contributors, 2022.

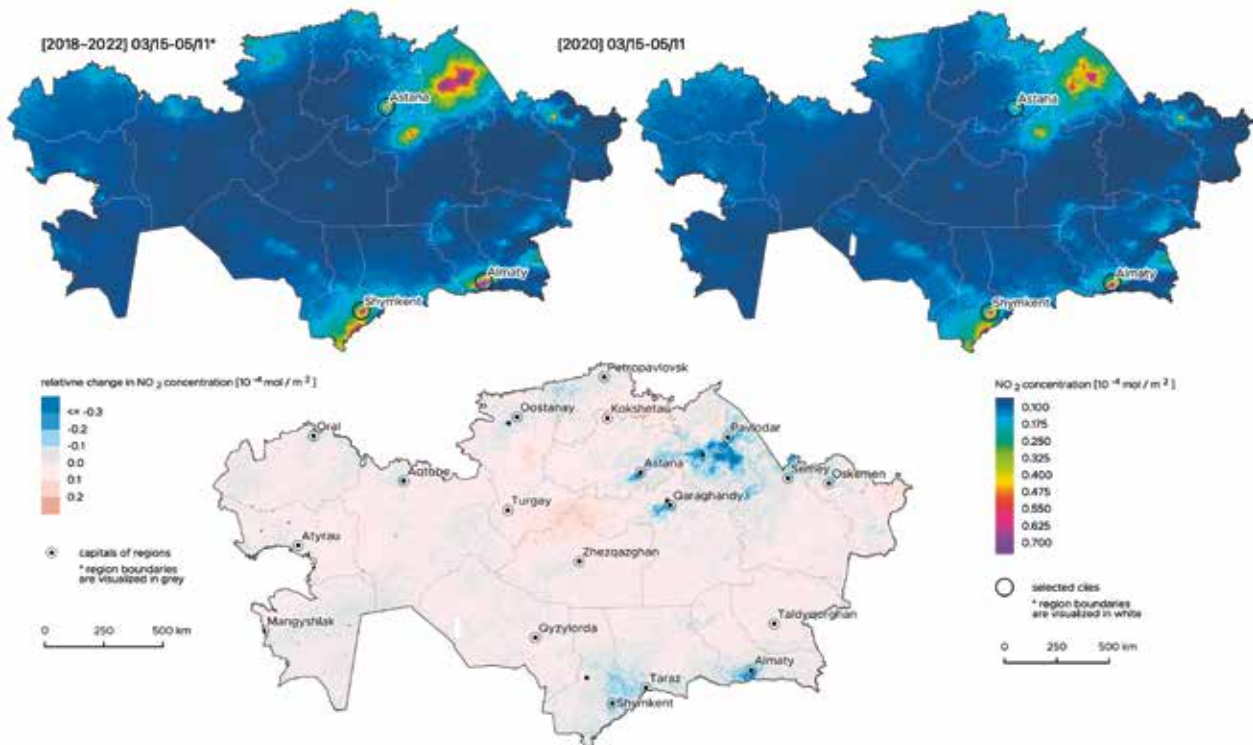
аз аймақтарда NO₂ концентрациясы жоғары болуы мүмкін, әсіресе жақын жерде маңызды шығарындылар көздері болса. Дегенмен, жел үлгілері мен жер

бедері сияқты басқа факторлар да NO₂ концентрациясы мен дисперсиясына әсер етуі мүмкін (Xu et al. 2020).



11-сурет: Sentinel-5P жерсерігінен алынған 2018 жылғы мамырдан 2022 жылғы желтоқсанға дейін Қазақстан аймақтарындағы орташа айлық NO₂ концентрациясы. Дереккөздер: Copernicus Sentinel деректері (ESA, 2018–2022; өзгертулермен); OpenStreetMap contributors, 2022. Ескерту: Оң жақ тік ось тек Астана, Алматы және Шымкент қалаларына, сол жақ тік ось басқа аймақтарға қолданылады.

Қазақстандағы COVID-19 пандемиясы



12-сурет: 2020 жылдың 15 наурызы мен 11 мамыры аралығындағы негізгі COVID-19 кезеңіндегі NO₂ концентрациясы, 2020 жылғы орташа (оң жақта) және 2018–2019/2021–2022 (сол жақта). Орташа мәндердегі айырмашылық төменгі картада. Sentinel-5P спутнигінен алынған. Дереккөздер: Copernicus Sentinel деректері (ESA, 2018–2022; өзгерістермен); OpenStreetMap contributors, 2022.

NO₂ негізінен көліктер мен өндірістерде жанармайдың жануынан түзіледі. COVID-19 пандемиясы кезінде эпидемиологиялық шектеулер мен экономикалық белсенділіктің төмендеуі көлік және өнеркәсіп белсенділігінің төмендеуіне әкелді, бұл өз кезегінде көптеген аймақтарда NO₂ шығарындыларының төмендеуіне әкелді. 12-сурет 2020 жылғы эпидемиологиялық шектеулер кезеңі (15 наурыз – 11 мамыр) мен басқа жылдардағы (2018–2019, 2021–2022 жж.) ұқсас кезеңдегі орташа мәндер арасындағы айырмашылықты көрсетеді. NO₂ концентрациясының ең көп төмендеуі ірі қалалар мен өнеркәсіптік аймақтарға тән.

Метан (CH₄)

Жалпы талдау

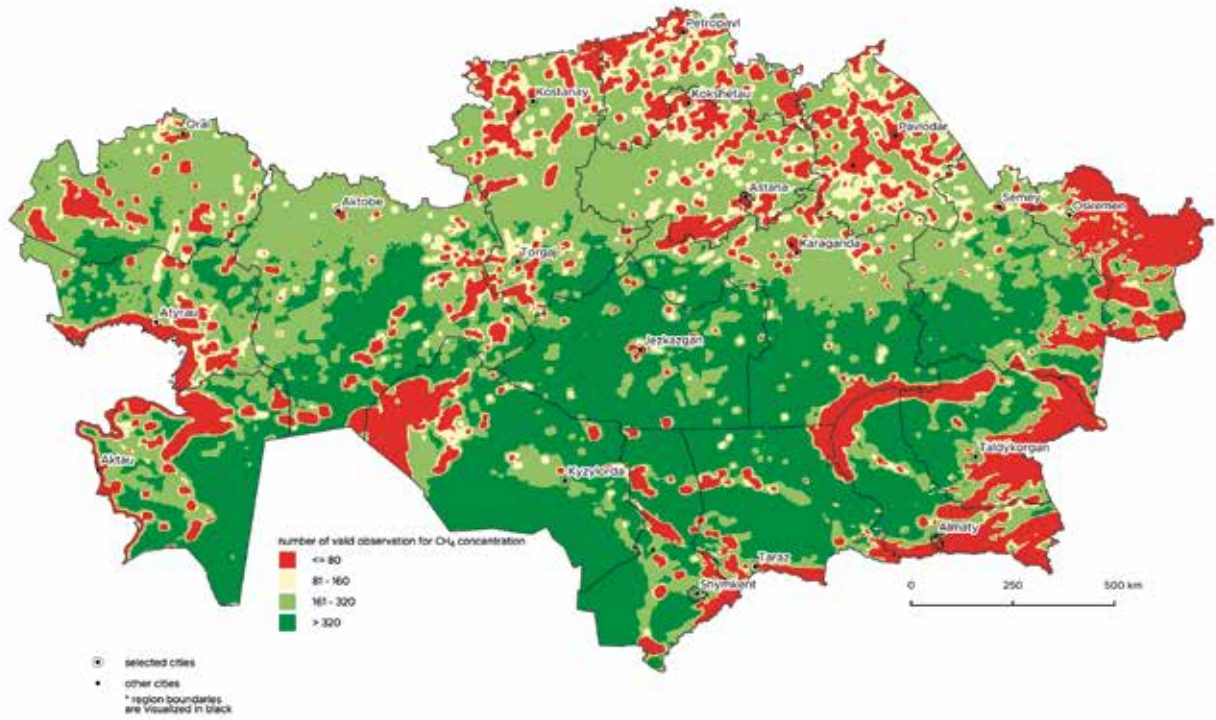
S5P деректері су объектілеріндегі және таулы аймақтардағы метан концентрациясын сенімді анықтау шегіне ие. Осы себепті қарастырылып отырған аумақтардағы метанның орташа концентрациясын барабар көрсету үшін 80 сенімді бақылаудың шегі (шамамен 10% кесінді) ең аз ретінде таңдалды. Осылайша, су объектілері мен кейбір өнеркәсіптік аймақтарға жақын орналасқан аумақтар туралы ақпарат ішінара өткізілуде.

Атмосфералық метанды өлшеуде спутниктік және жерүсті бақылаулар қосымша рөл атқарады. Жер үсті бақылау аспаптары атмосфераның төменгі қабатында жоғары дәлдікпен өлшеуді қамтамасыз етеді, бірақ мұндай аспаптар негізінен оңай қол жетімді жерлерде орналасады. Қазақстан сияқты үлкен аумақта метан концентрациясын өлшеу үшін спутниктік мәліметтерді пайдалану өте орынды. Зерттелетін кезеңдегі орташа метан концентрациясының кеңістікте таралу себептері (14-сурет) толығымен анық емес. Бір түсіндірме жер жамылғысы

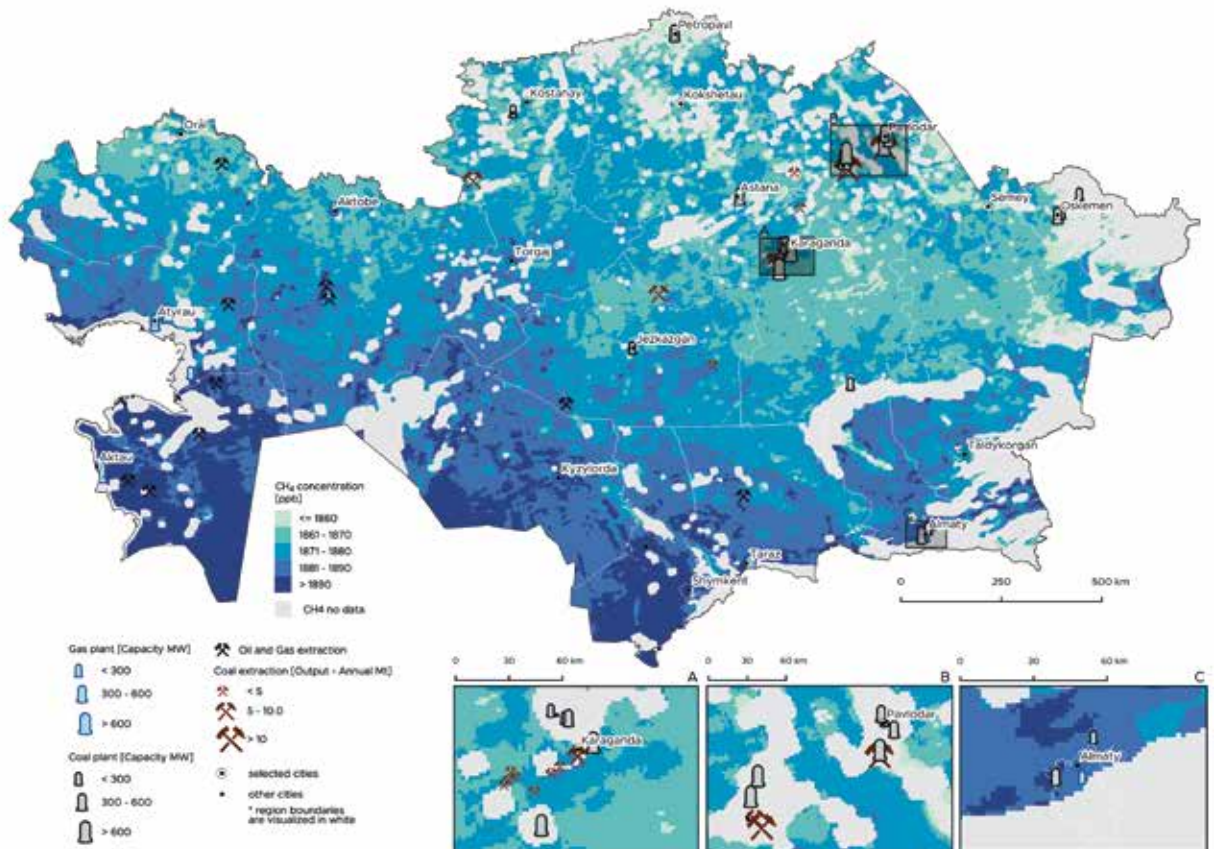
мен жергілікті климат болуы мүмкін – елдің құрғақ оңтүстік бөлігінде CH₄ әдетте ылғалды ауа әкелетін гидроксил радикалымен жойылу әлеуеті төмен, сондықтан Түрікменстан мен Өзбекстанның барынша шөлді аудандарынан анағұрлым CH₄ концентрациясы жоғары аймақтар байқалады.

2021 жылы БҰҰ ЕЭК дайындаған көмір шахталарынан метан шығарындылары бойынша соңғы ресми нұсқаулыққа сәйкес, кейбір карьерлерде айтарлықтай газ қоры болғанымен, жекелеген карьерлерден ауқымды метан шығарындылары жиі емес (бұл факт 15-суреттегі өлшемдермен де расталады). Жалпы алғанда, ашық кеніштердегі метан шығарындылары жерасты шахталарының шығарындыларына қарағанда төменірек, сонымен қатар диффузиялық болып келеді. Кеңістіктік рұқсаты жоғары жерсеріктерден алынған өлшемдердің көмегімен шығарындылардың бір бөлігін анықтау мүмкін болды. 2021 жылғы GHGSat бақылаулары бойынша (Эллис, 2022 ж.) Павлодар қаласының маңындағы Екібастұзда орналасқан Қазақстандағы және әлемдегі ең ірі карьерлердің бірі «Богатырь» кен орнында метан концентрациясы 45 000 кг/сағ асты. Дегенмен, «Богатырь», «Восточный» және «Северный» карьерлерін деректерді сүзбей егжей-тегжейлі зерттеу, GHGSat өлшеулерінің нәтижелерін растайды, өйткені жоғары концентрациялар Қазақстандағы метанның жалпы таралуына ерекше жағдай болып табылады.

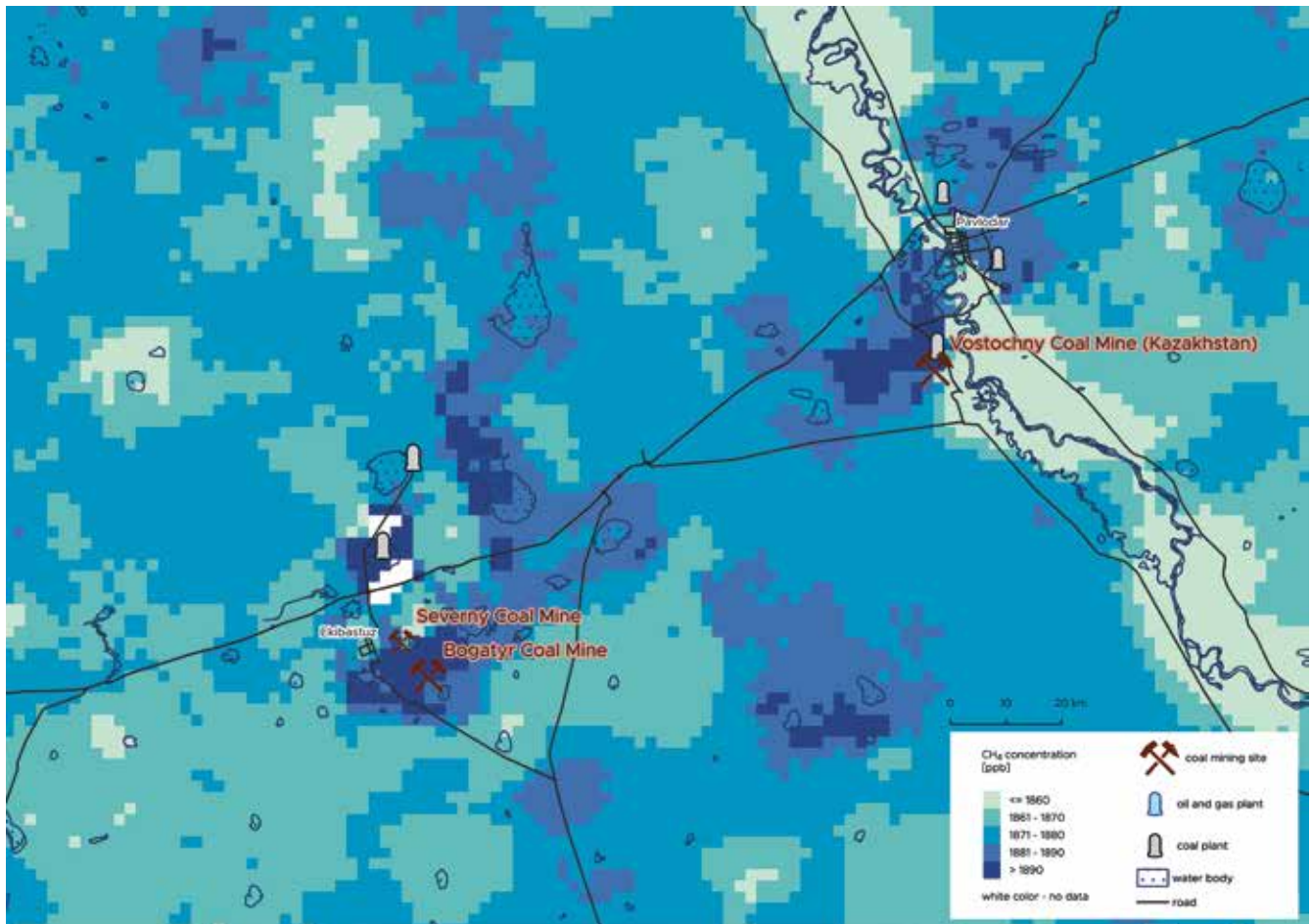
Көмір өндіру Қазақстандағы CH₄ негізгі көзі болғанымен, мұнай мен газды өндіру және өңдеу де метан шығарындыларының маңызды көздері екені белгілі. Дегенмен, бұл зерттеуде бұл көздердің шығарындылар көлеміне әсері нақты аумақтық үлгі түрінде бақыланбайды, бұл мұндай аумақтар үшін S5P деректерінің мүмкіндіктері мен сапасына байланысты болуы мүмкін. Солтүстік-батыстағы Ақсай маңындағы Қарашығанақ (Батыс Қазақстан облысы) немесе батыстағы Каспий маңы ойпаты кен орындары (мысалы, Теңіз немесе



13-сурет: Sentinel-5P спутнигінен алынған 2018 жылдың мамыры мен 2022 жылдың желтоқсаны аралығындағы Қазақстандағы CH₄ концентрациясының нақты бақылаулары (пикселге). Дереккөздер: Copernicus Sentinel деректері (ESA, 2018–2022; өзгерістермен); OpenStreetMap contributors. 2022.



14-сурет: Sentinel-5P спутнигінен алынған 2018 жылғы мамырдан 2022 жылғы желтоқсанға дейінгі Қазақстандағы орташа CH₄ концентрациясы. Қалалары: А) Қарағанды, В) Павлодар, С) Алматы. Дереккөздер: Copernicus Sentinel деректері (ESA, 2018–2022; өзгерістермен); OpenStreetMap contributors, 2022; Global Energy Monitor, 2022.

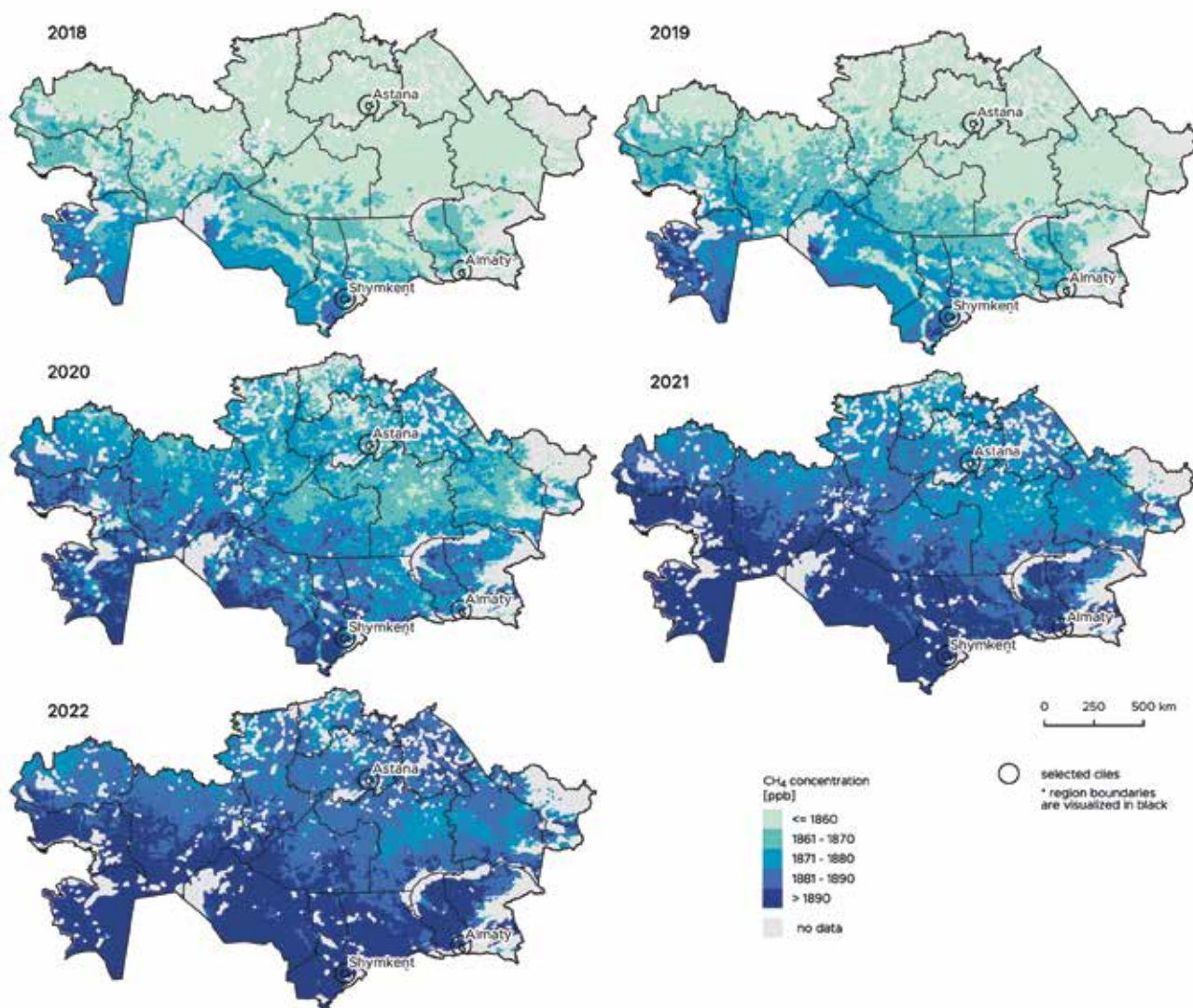


15-сурет. 2018 жылғы мамырдан 2022 жылғы желтоқсанға дейін Екібастұз және Павлодарда көмір өндіруші кәсіпорындары ауданында CH_4 орташа концентрациясы Sentinel-5P спутнигінен алынған. Дереккөздер: Copernicus Sentinel деректері (ESA, 2018-2022; өзгерістермен); OpenStreetMap contributors, 2022; Global Energy Monitor, 2022.

Өзен) сияқты құрлықтағы ең ірі газ және мұнай (немесе біріктірілген) кен орындарының орташа ұзақ мерзімді шығарындылары төмендейді, топырақ жамылғысының әсерінен CH_4 деректерін бақылаулар саны бойынша және олардың S5P орташалауында сүзудің негізгі факторы болып көрінеді. Өндіріс кезінде CH_4 тұрақты бөлінуімен қатар, метанның ағуының маңызды бөлігі техникалық қызмет көрсету жұмыстары кезінде шығарындылар немесе кен орындарындағы немесе мұнай өңдеу зауыттарындағы апаттар болып табылады (Lauvaux және т.б., 2022). Осы әдістеме мұндай жағдайларда метан шығарындыларының үлесін айтарлықтай төмендетеді. Дегенмен, Қазақстанның көмір, мұнай және газ

өнеркәсібі Америка Құрама Штаттары немесе Украинамен салыстырғанда ұзақ уақыт бойы шығарылатын метанның айтарлықтай бөлігін ұстай алмағаны анықталды (Roshchanka et al., 2017; Carbon Limits, 2016). Еліміздің мұнай-газ кен орындарының эмиссиялық әлеуетін анықтау үшін басқа да аналитикалық әдістерді қолдану қажет.

Зерттеу кезеңіндегі жекелеген жылдардағы орташа концентрациялар 16-суретте көрсетілген. 2018–2022 жылдар аралығында бүкіл Қазақстан бойынша көрсеткіштердің жыл сайынғы өсуі байқалады. Бұл атмосферадағы метан мөлшерінің жыл сайынғы ұлғаюының жаһандық тенденциясына сәйкес келеді (NOAA-Ian, 2023). Зерттелетін кезеңдегі

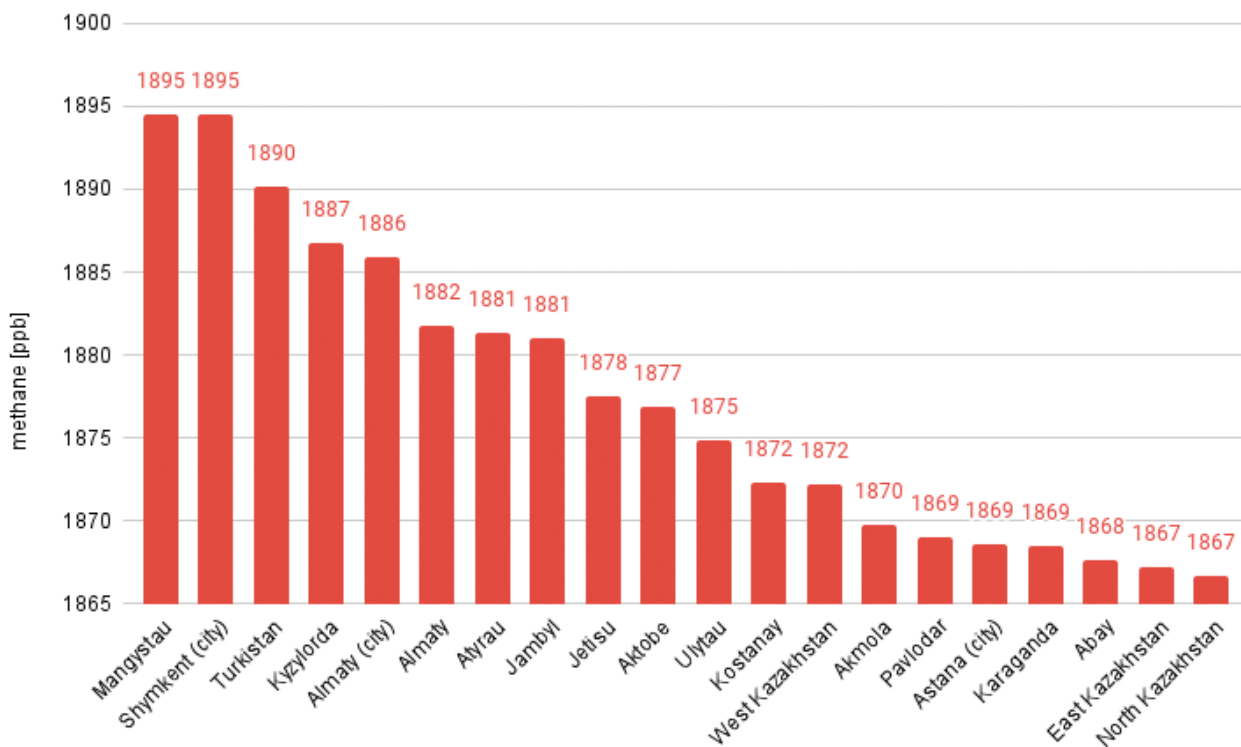


16-сурет. Sentinel-5P спутнигінен алынған 2018 жылғы мамырдан 2022 жылғы желтоқсанға дейін Қазақстандағы CH_4 орташа жылдық концентрациясы. Дереккөздер: Copernicus Sentinel деректері (ESA, 2018–2022; өзгерістермен); OpenStreetMap contributors, 2022.

Қазақстандағы орташа жылдық өсім осы талдауда $9,2 \text{ млрд}^{-1}$ деңгейінде есептелді, бұл әлемдік орташа көрсеткішке (2006 жылдан бастап $9 \text{ млрд}^{-1}/\text{жыл}$) өте жақын (Коперник, 2021).

Аймақтар бойынша ең жоғары концентрациялар Шымкент қаласында және

оған іргелес Түркістан облысында, сондай-ақ Маңғыстау, Түркістан және Қызылорда облыстарында байқалады (17-сурет). Бұл шоғырланулардың табиғаты нақты антропогендік көздерді көрсетпейді және Қазақстанның құрғақ оңтүстігіндегі CH_4 тотығу потенциалының төмен болуына байланысты болуы мүмкін.

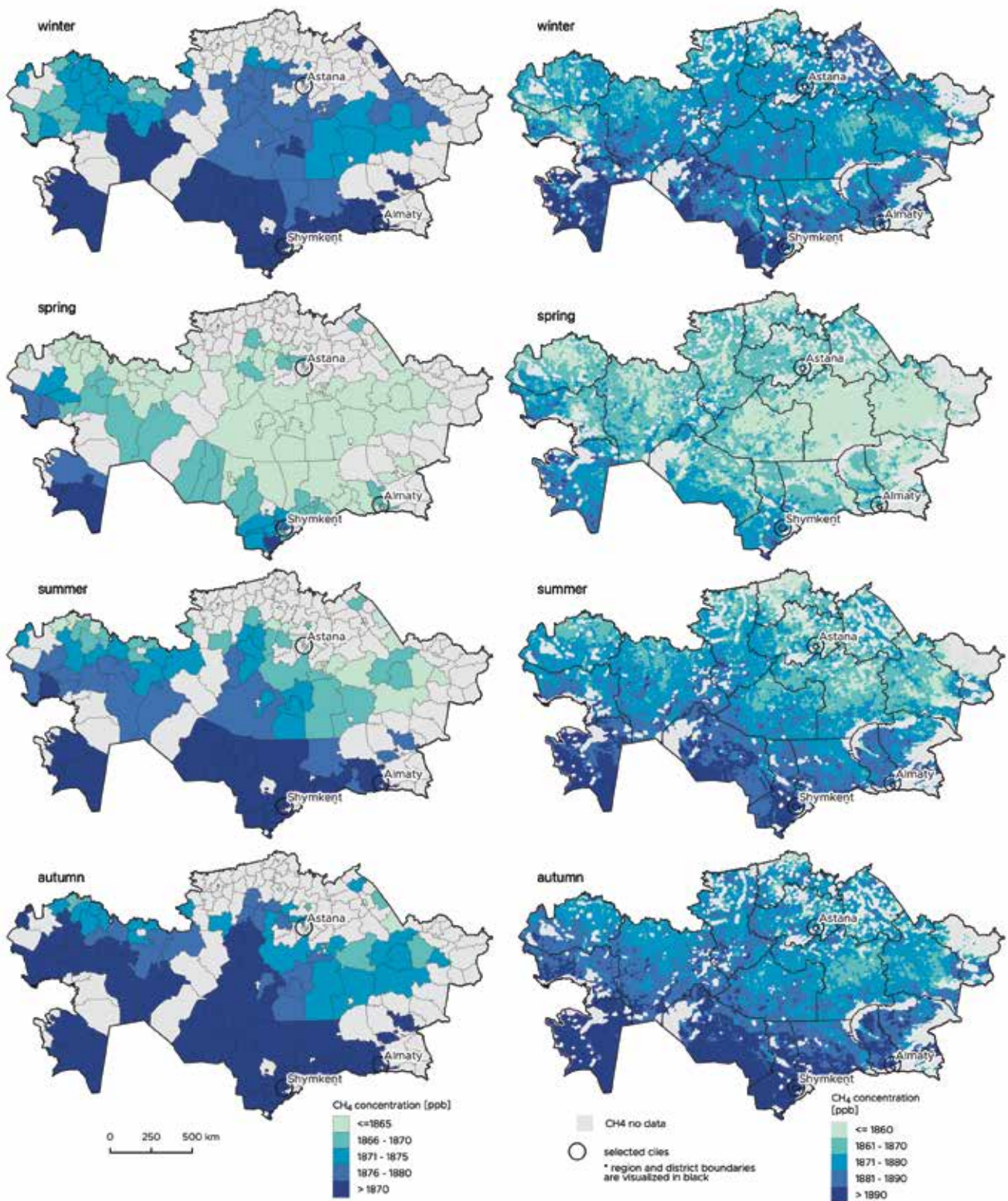


17-сурет. Sentinel-5P жерсерігінен алынған 2018 жылғы мамырдан 2022 жылғы желтоқсанға дейінгі Қазақстан облыстарындағы CH₄ орташа концентрациясы. Дереккөз: Деректер Данние Copernicus Sentinel (ESA, 2018-2022; өзгерістермен).

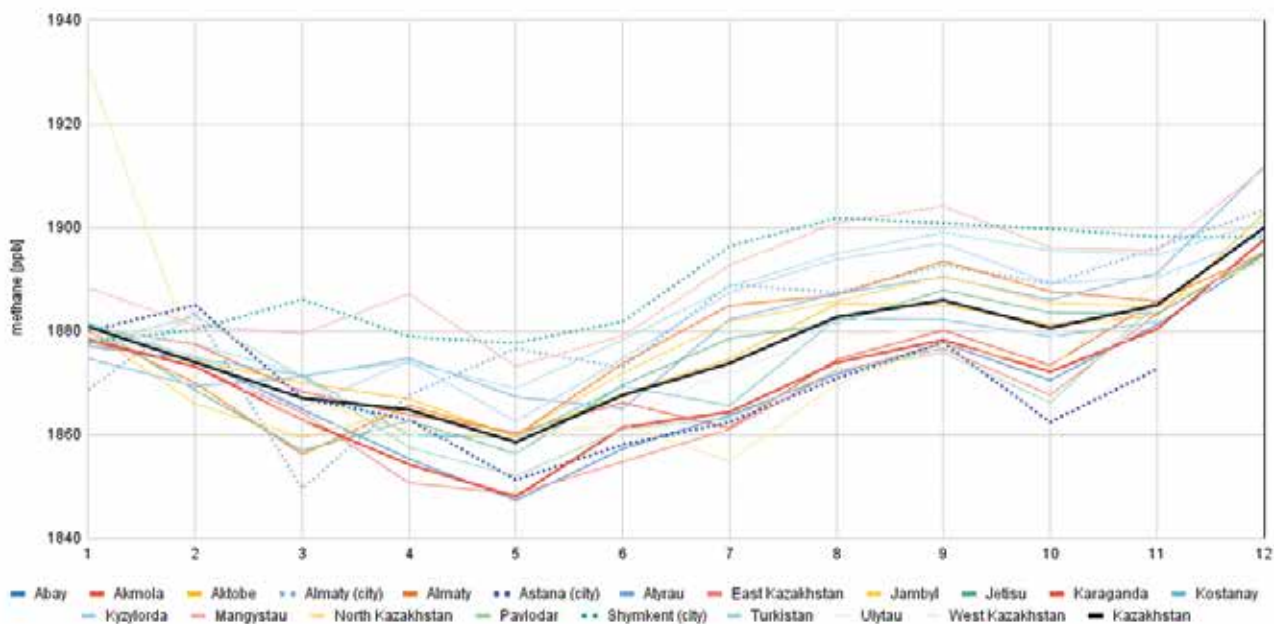
Ауаның ластануының маусымдылығы

18- суретте Қазақстандағы CH₄ концентрациясының маусымдық өзгеруін көрсетеді. Табиғи жағдайлар ластаушы заттардың деңгейіне бірнеше жолмен айтарлықтай әсер етеді. Мұнда ОН гидроксил радикалы әсерінен тотығу барынша айқын байқалады. Жауын-шашын аз, ылғалдылығы төмен және өсімдіктері

сирек аймақтарда (мысалы, бос жерлер немесе шөлдер) маусымға қарамастан метанның ең жоғары концентрациясы бар. Зерттеу нәтижелері бойынша метанның ай сайынғы ауытқулары бар екені анықталды: ең жоғары концентрация қазан және қыркүйек айларында, ал ең төменгісі наурыз және сәуір айларында байқалады (Javadinejad et al., 2019). Мұны талдау да растайды – Қазақстанда ең төменгі концентрация көктем айларында, ал ең жоғарысы күзде болады (19-сурет).



18-сурет. Sentinel-5P жерсерігінен алынған 2018 жылғы мамырдан 2022 жылғы желтоқсанға дейін аймақтар бойынша (сол жақта) және жалпы (оң жақта) Қазақстанның облыс аудандары бойынша CH₄ орташа маусымдық концентрациясы. Дереккөздер: Copernicus Sentinel деректері (ESA, 2018–2022; өзгерістермен); OpenStreetMap contributors, 2022.



19-сурет. Sentinel-5P жерсерігінен алынған 2018 жылғы мамырдан 2022 жылғы желтоқсанға дейін Қазақстан облыстарындағы CH_4 орташа айлық концентрациясы. Дереккөз: Copernicus Sentinel деректері (ESA, 2018–2022; өзгерістермен). Ескерту: Астана (қала) және Қостанай, Солтүстік Қазақстан, Павлодар және Батыс Қазақстан облыстары үшін желтоқсан айының мәндері сенімді бақылаулардың болмауына байланысты қол жетімді емес.

Күкірт диоксиді (SO_2)

CAMS деректері бойынша ауаның SO_2 ластануын талдау кезінде 2019 жылғы үлгілік есептеулердің өзгеруін ескеру қажет. Осы себепті Қазақстандағы ластанудың орташа мәндері екі бөлек картада бейнеленген.

Жалпы талдау

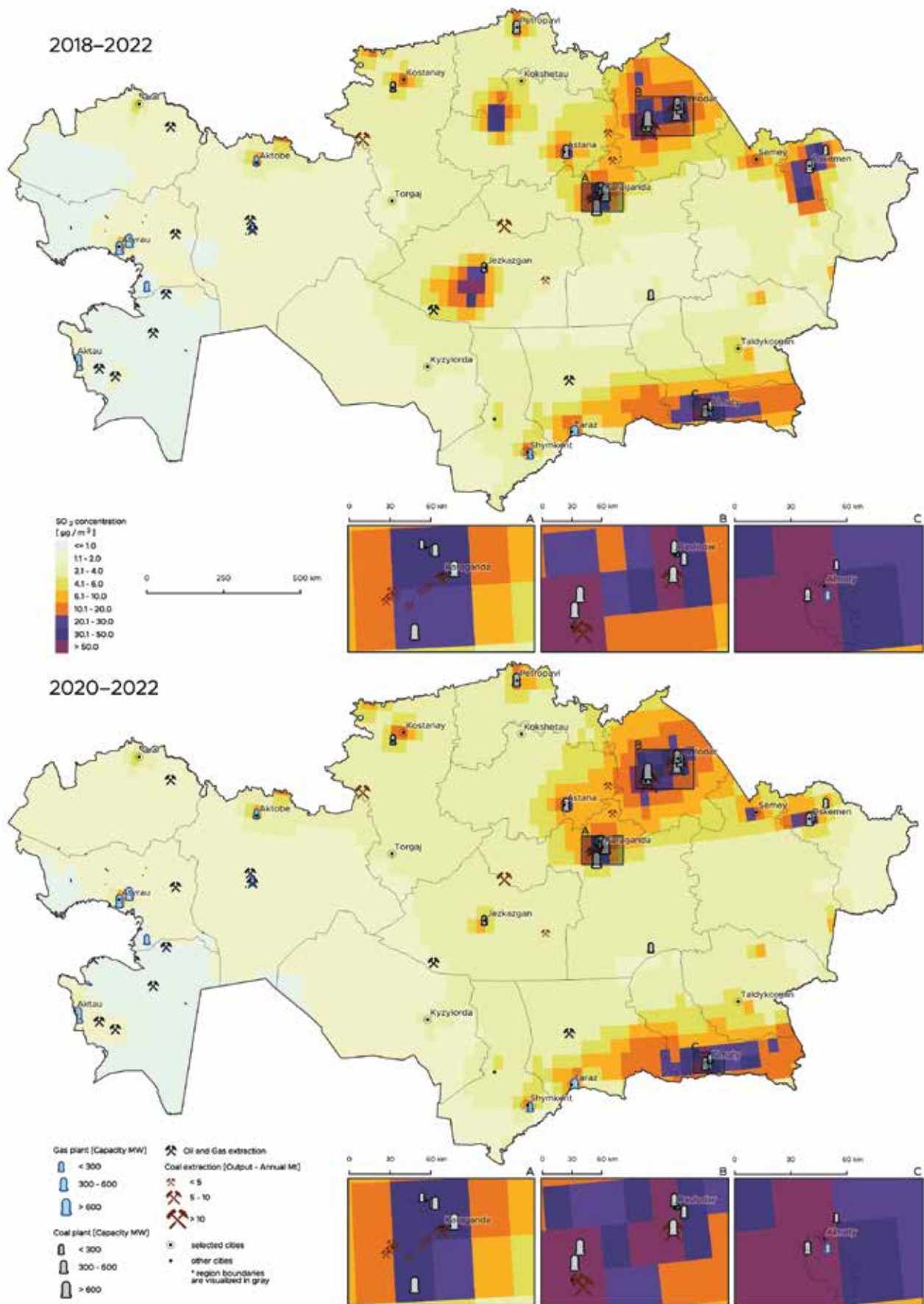
2018–2022 және 2020–2022 бақылау кезеңдерін салыстыру 20-суретте 2019 жылға дейінгі үлгі деректері кейбір аймақтарды төмендететін немесе асыра бағалауға бейім екенін көрсетеді. Атап айтқанда, өзгерістің әсері Жезқазған қаласының маңында және Астананың солтүстік-батысында байқалады.

Жезқазғанның оңтүстігіндегі мыс кеніштері SO_2 маңызды өндірушілері болып табылады. Мыс балқыту зауыттарында мысты өңдеу кезінде сульфидті

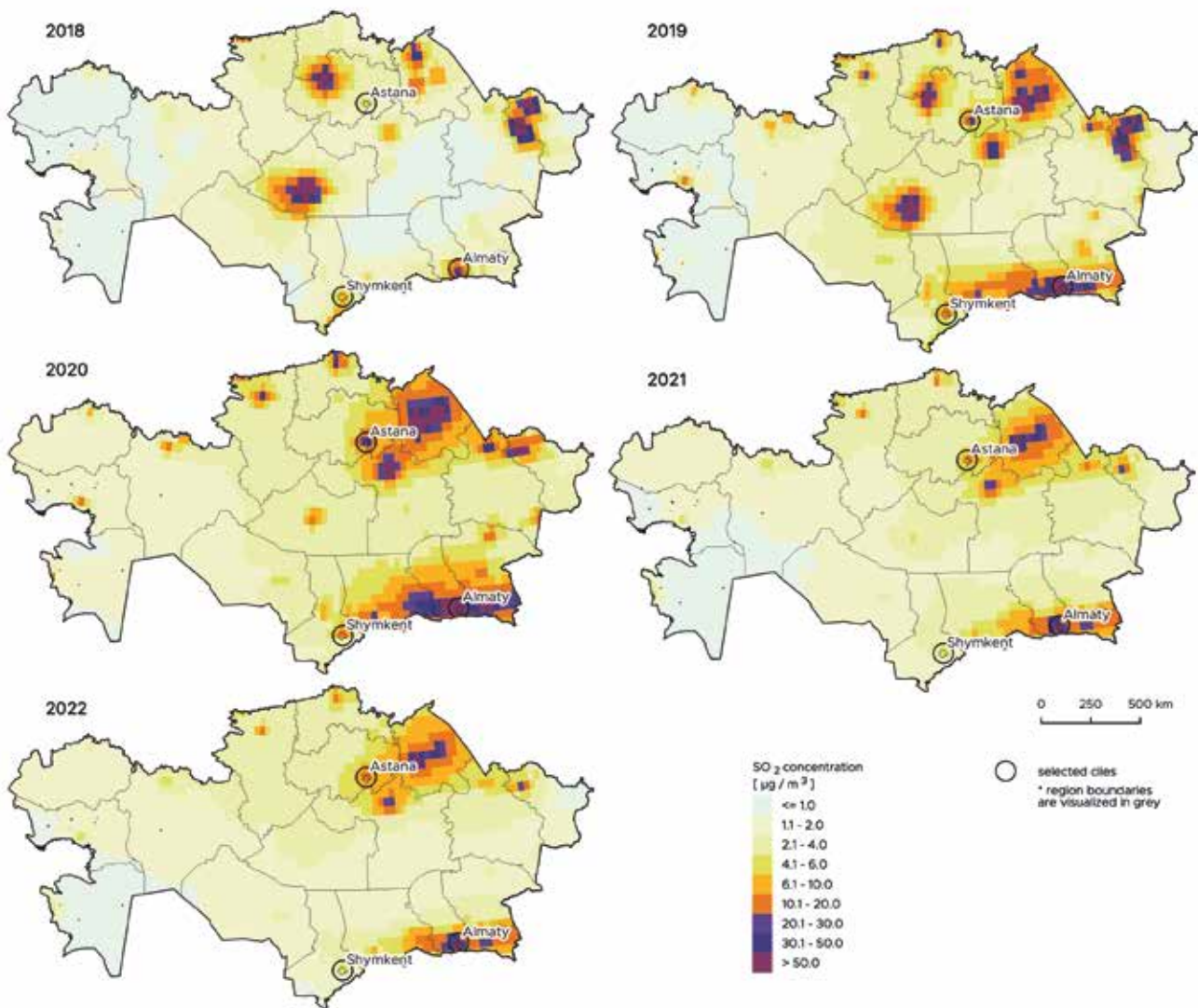
тотығудың бірнеше сатылары арқылы мыс концентраттарынан элементтік мыс бөлінеді. Бұл Қазақстанның осы бөлігінде жоғары SO_2 мәндерінен көрінеді.

Басқа жерлерде анықталған ластану екі картада да байқалады. Ең жоғары орташа концентрация тау-кен және көмірмен жұмыс істейтін электр станциялары бар аудандарда тіркеледі. Бұл әсіресе Павлодар мен Алматы облыстарына қатысты. Өскемен, Астана және Қарағанды облыстарында да жоғары концентрация байқалды. Бірқатар жерлерде орташа мәндер Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы (20 мкг/м^3) және тіпті қазақстандық сапа стандарттары (50 мкг/м^3) бойынша SO_2 концентрациясының шекті рұқсат етілген тәуліктік нормасынан (ШРК) асып түседі.

SO_2 моделін есептеудің өзгеруінен туындаған айырмашылықтар 21-суретте анық көрінеді. Картада 2018 және 2019 жылдары жоғарыда аталған екі елді мекен (Жезғазған қаласының маңы және Астана қаласының солтүстік-батысындағы аудан)



20-сурет. Қазақстандағы SO₂ орташа концентрациясы, 2018 жылғы мамырдан 2022 жылғы желтоқсанға дейін (жоғарыда) және 2020 жылғы қаңтардан 2022 жылғы желтоқсанға дейін (төменде). Дереккөз: Copernicus атмосфералық мониторинг қызметінің деректері (CAMS, 2022); OpenStreetMap contributors, 2022; Global Energy Monitor, 2022.



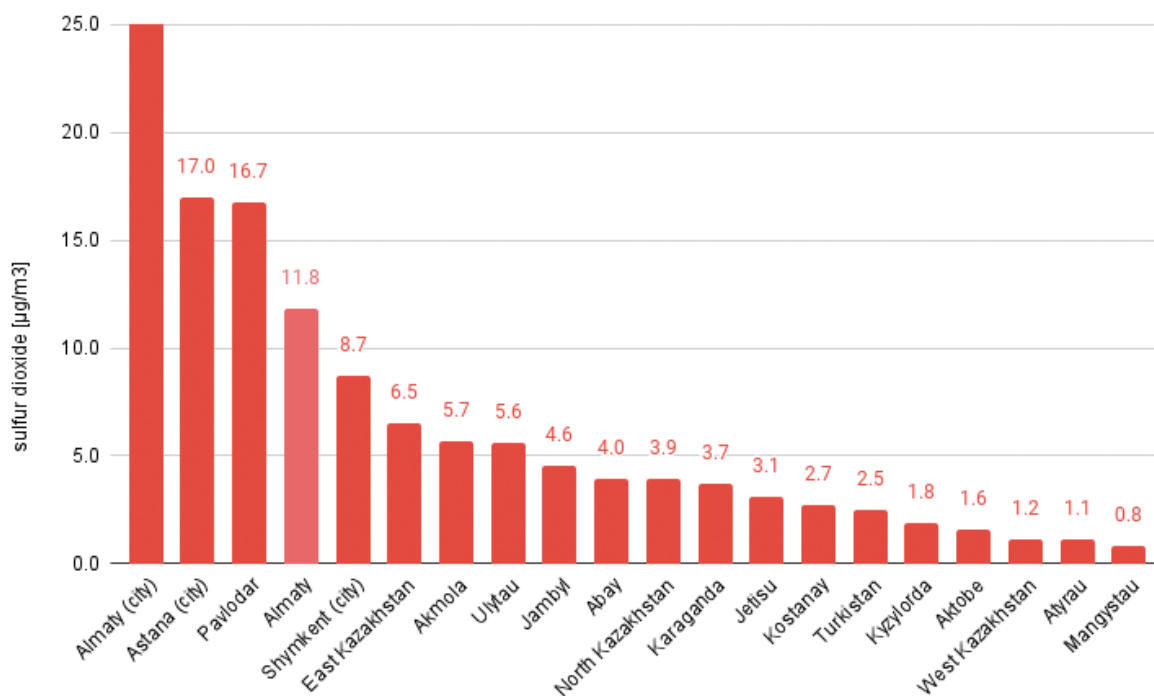
21-сурет. Қазақстандағы SO_2 орташа жылдық концентрациясы, 2018 жылғы мамыр мен 2022 жылғы желтоқсан аралығында. Дереккөздер: Copernicus (CAMS, 2022) атмосфералық мониторинг қызметінің деректері; OpenStreetMap contributors, 2022.

бойынша айтарлықтай өскен мәндер көрсетілген. 2021 және 2022 жылдардағы орташа көрсеткіштермен салыстырғанда 2020 жылы бірқатар орындар үшін өскен мәндер анықталды, олар ұқсас. Ауа сапасын бақылау ұлттық желісінің деректерін пайдалана отырып, Байматова және басқалар (2022) ауыр өнеркәсіптердің жұмысына әсер етпейтін ковид шектеулері кезеңінде SO_2 концентрациясының әртүрлі динамикасын хабарлады. Кейбір қалаларда шоғырланудың жоғарылауы (Петропавл, Шымкент), басқаларында (Алматы, Қарағанды, Өскемен) төмендеуі байқалды. Бұл зерттеуде біз эпидемиологиялық шектеулердің негізгі жылы болып

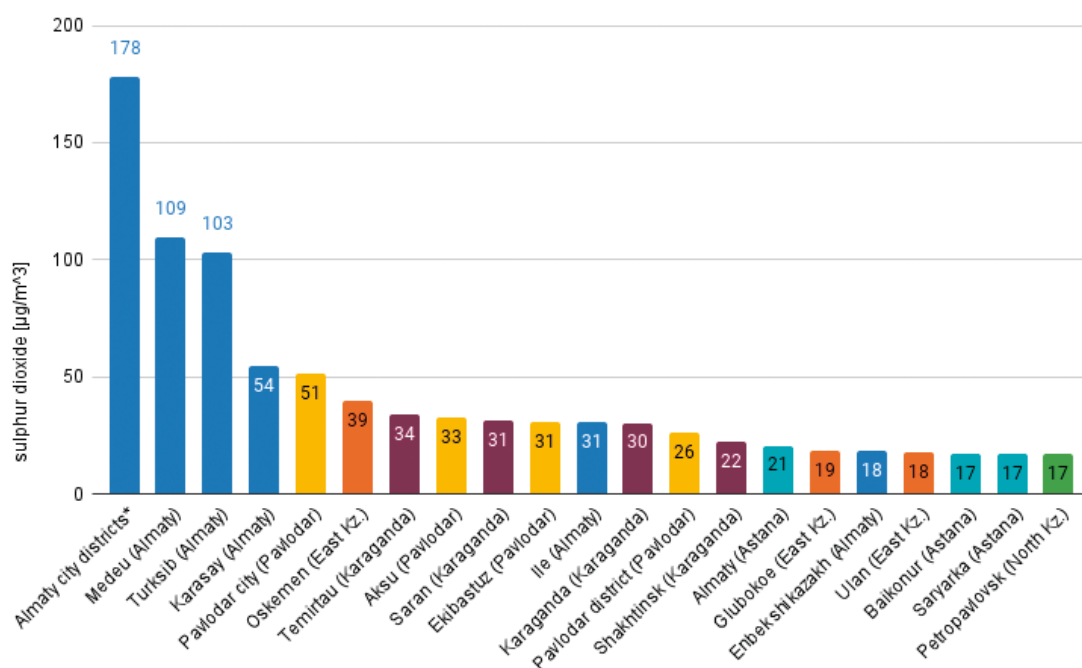
табылатын 2020 жылды көптеген қалаларда SO_2 концентрациясының төмендеуін көрсететін 2021 және 2022 жылдардағы орташа көрсеткіштермен сенімді түрде салыстыруға болады.

22-суреттен көрініп тұрғандай аудандар бойынша SO_2 ең жоғары орташа концентрациясы Алматы облысында байқалады. Мұны барлық аудандар бойынша орташа SO_2 мәндерінің графигінен де көруге болады: Алматы ауданында (қаласында) ең жоғары орташа мән – 178 мкг/м^3 .

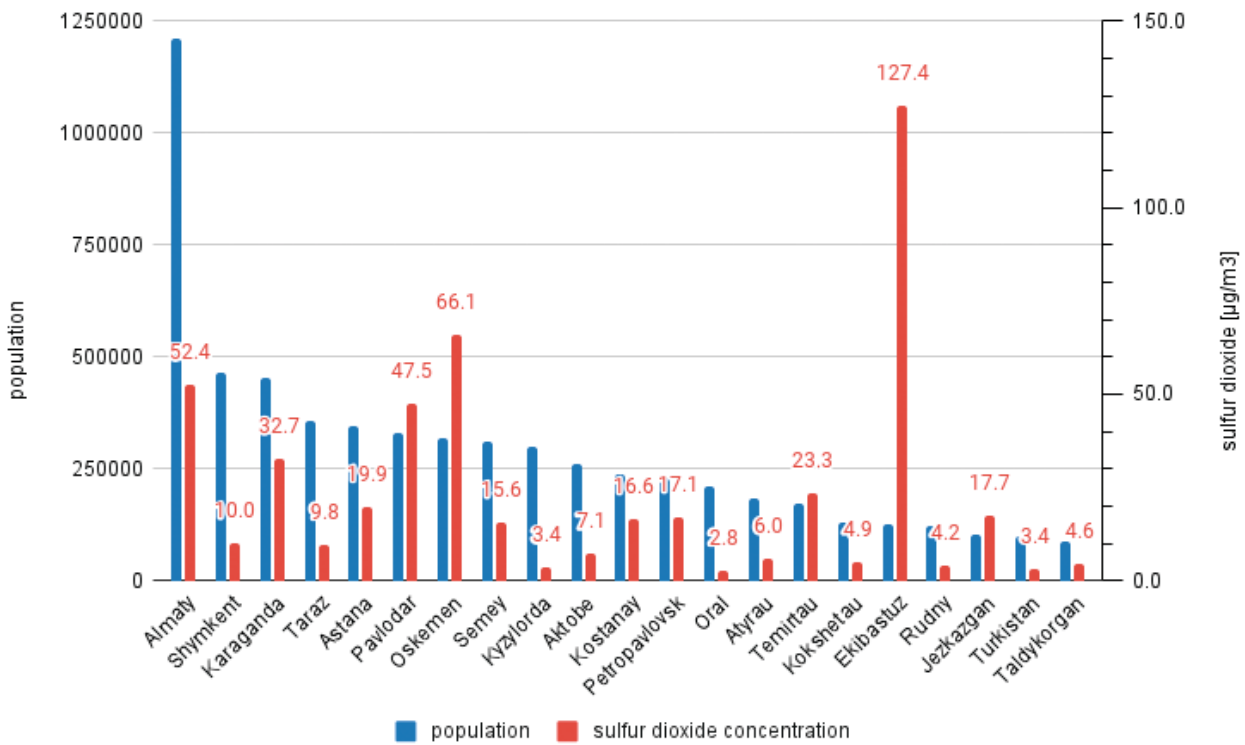
Халқы 100 000 адамнан асатын қалалардағы SO_2 орташа концентрациясы 24-суретте көрсетілген. Ең жоғары



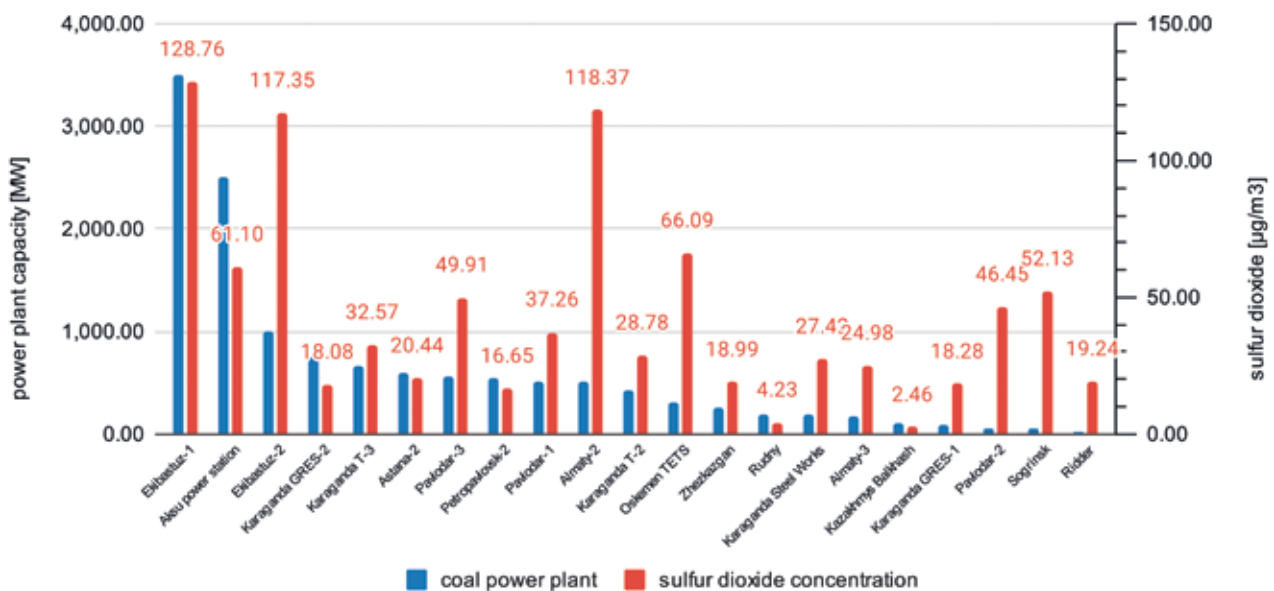
22-сурет. 2018 жылғы мамыр мен 2022 жылғы желтоқсан аралығында Қазақстан облыстары мен Астана, Алматы және Шымкент қалаларындағы SO₂ орташа концентрациясы. Дереккөздер: Copernicus (CAMS, 2022) атмосфералық мониторинг қызметінің деректері; OpenStreetMap contributors, 2022.



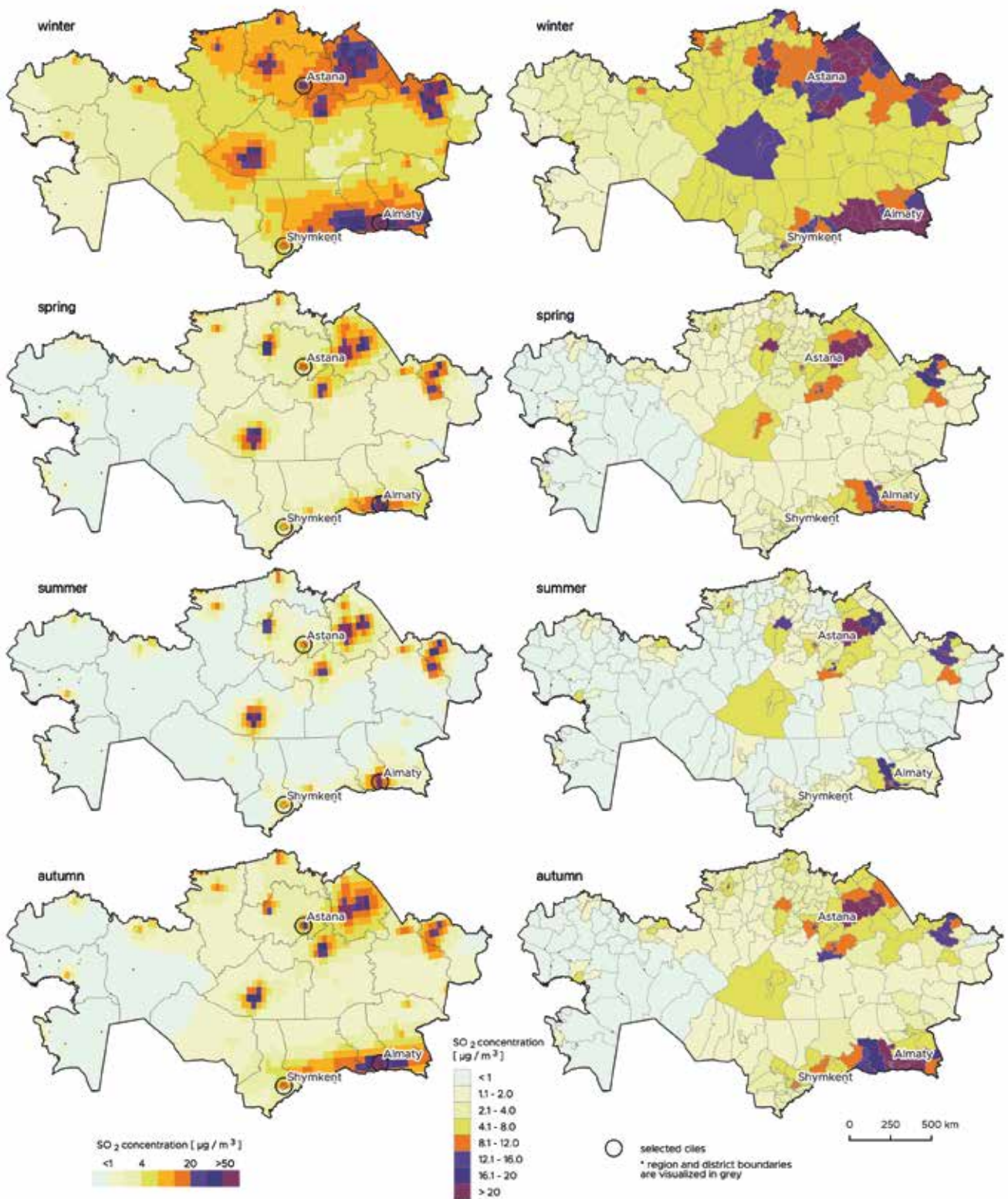
23-сурет. 2018 жылғы мамырдан 2022 жылғы желтоқсанға дейінгі кезеңде Қазақстанның қалалары мен облыс аудандары бойынша (облыстарды көрсете отырып) SO₂ ең жоғары 20 концентрациясы. Дереккөздер: Copernicus (CAMS, 2022) атмосфералық мониторинг қызметінің деректері; OpenStreetMap contributors, 2022. Ескерту (*): «Алматы қаласының аудандары» Алматы қаласының құрамындағы 6 ауданды қамтиды – Алатау, Алматы, Әуезов, Бостандық, Жетісу, Наурызбай.



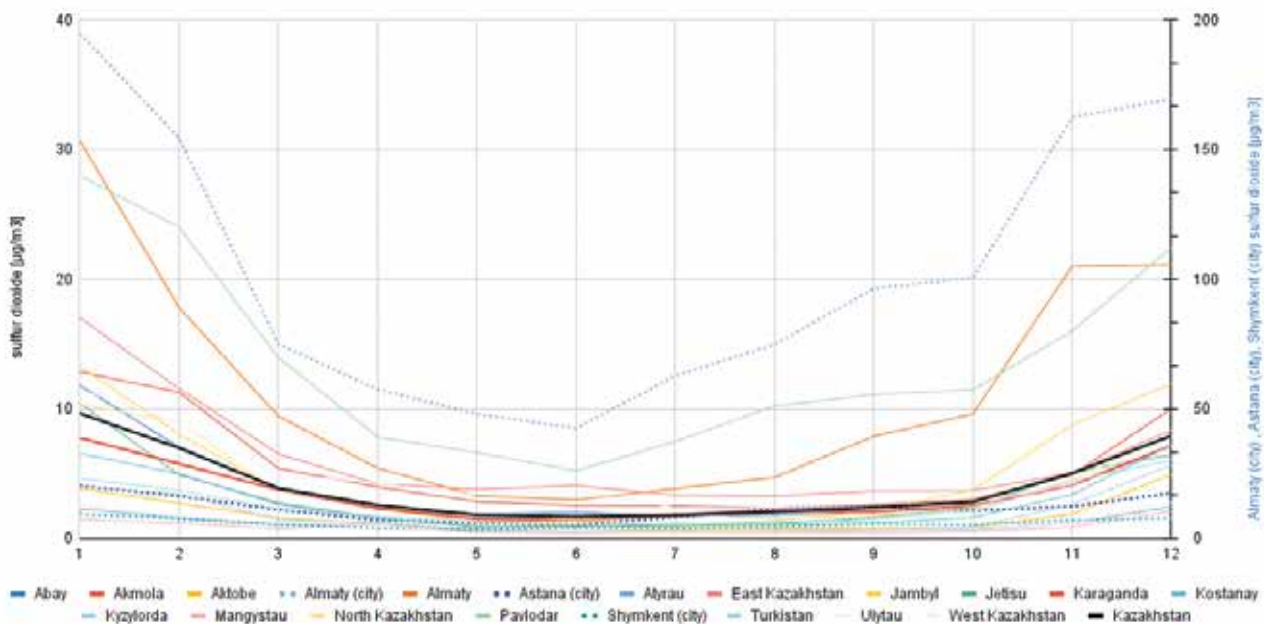
24-сурет. 2018 жылғы мамыр мен 2022 жылғы желтоқсан аралығында Қазақстанның кейбір қалаларындағы SO₂ орташа концентрациясы. Дереккөздер: Copernicus (CAMS, 2022) атмосфералық мониторинг қызметінің деректері; OpenStreetMap contributors, 2022; Natural Earth, 2022. Ескерту: Халық санының нақты сандары жаңартылмауы мүмкін, өйткені олар Natural Earth (2022) күні көрсетілмеген деректерге негізделген.



25-сурет. 2018 жылғы мамыр мен 2022 жылғы желтоқсан аралығында Қазақстанның жекелеген көмір электр станциялары ауданында SO₂ орташа концентрациясы. Дереккөздер: Copernicus (CAMS, 2022) атмосфералық мониторинг қызметінің деректері; OpenStreetMap contributors, 2022; Global Energy Monitor, 2022.



26-сурет. 2018 жылғы мамырдан 2022 жылғы желтоқсанға дейінгі мерзімдер үшін (оң жақта) есептелген Қазақстан облыстары аудандарындағы пиксель мәндері негізінде (сол жақта) SO₂ орташа концентрациясы. Дереккөздер: Copernicus CAMS, 2022) атмосфералық мониторинг қызметінің деректері; OpenStreetMap contributors, 2022.



27-сурет. 2018 жылғы мамыр мен 2022 жылғы желтоқсан аралығында Қазақстан облыстары мен Астана, Алматы және Шымкент қалаларында SO_2 орташа айлық концентрациясы. Дереккөздер: Copernicus (CAMS, 2022) атмосфералық мониторинг қызметінің деректері. Ескерту: Оң жақ тік ось Астана, Алматы және Шымкент қалаларына, сол жақ тік ось басқа аймақтарға жатады.

концентрация қазіргі уақытта ең қуатты көмір электр станциясы орналасқан Екібастұз қаласының ауданында ($127,4 \text{ мкг/м}^3$) тіркелді. Осындай көрсеткіштер Өскемен ($66,1 \text{ мкг/м}^3$), Павлодар ($47,5 \text{ мкг/м}^3$) және Алматы ($52,4 \text{ мкг/м}^3$) сияқты көмірмен жұмыс істейтін электр станциялары бар басқа қалаларға тән.

Көмірмен жұмыс істейтін электр станциялар аймағындағы SO_2 орташа концентрациясы 25-суретте ұсынылған. График электр станциясының орналасқан жерінен 10 км шегіндегі өлшемдерге негізделген. SO_2 концентрациясы электр станцияларынан шығатын газдардың ғана емес, сонымен қатар олардың техникалық жағдайы мен жаңғырту деңгейіне де байланысты болуы мүмкін. Кейбір концентрацияларға олардың өзара жақындығы мен S5P ажыратымдылығына байланысты бірнеше электр станцияларының шығарындыларының комбинациясы әсер етуі мүмкін.

Ауаның ластануының маусымдылығы

SO_2 маусымдылығын талдау (26-сурет) концентрацияның ең жоғары шегі қыста болатынын көрсетеді. Бұл табиғи және антропогендік факторлардың нәтижесі болса керек. Қысқы SO_2 концентрациясының жоғары болуы өсімдіктердің аздығына және жауын-шашынның аз болуына байланысты. Сонымен қатар, суық айларда тұрғын үйлерді қарқынды жылытуға байланысты шығарындылардың мөлшері артады (Mackiewicz-Walec et al. 2014). Кейбір жерлерде SO_2 концентрациясы жыл бойы тұрақты жоғары және әр маусымда ДДҰ шегінен, сондай-ақ қазақстандық сапа стандарттарынан асып түседі. Алматы, Павлодар, Екібастұз және Қарағанды қалаларының көптеген жерлерінде концентрация жаздың өзінде 50 мкг/м^3 республикалық шектен асады.

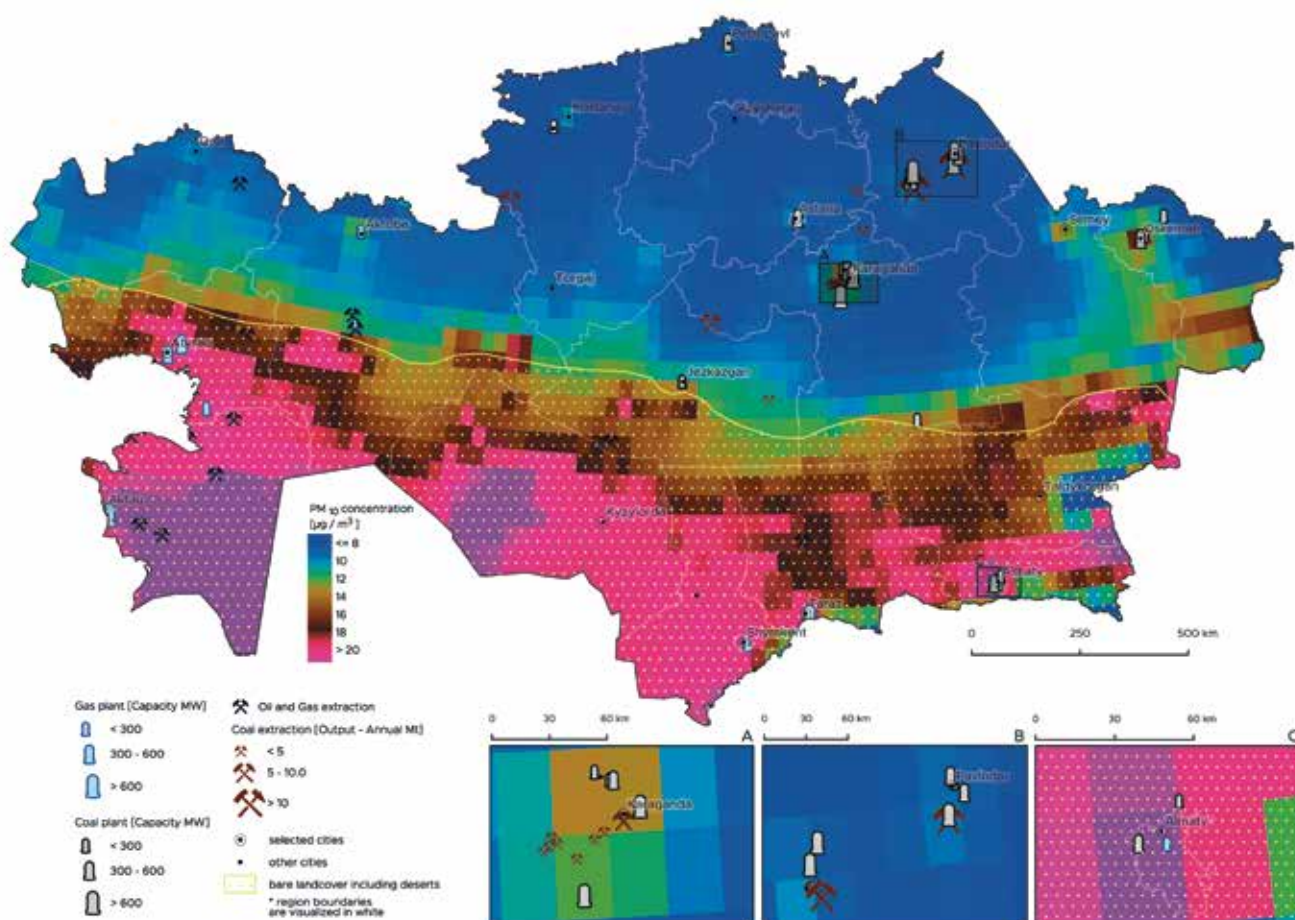
Әрбір аймақ үшін орташа айлық SO_2 мәндерінің маусымдық үлгісі 27-суретте

көрсетілген. График Қазақстанның бүкіл аумағы бойынша орташа мәнмен толықтырылады. Барлық дерлік аймақтарда ең төменгі мәндер жаз айларында орын алады. Аймақтық таралуы бойынша жыл бойына ең жоғары шоғырлану Алматы қаласында байқалады. Сонымен қатар, Алматы облысында өте жоғары көрсеткіштер байқалады. Астана мен Шымкент қалалары да басқа өңірлерге қарағанда жоғары көрсеткіштерге қол жеткізіп отыр. Республикалық маңызы бар қалаларды қоспағанда, жыл бойына ең жоғары концентрациялар көмір электр станциялары мен тау-кен өнеркәсібі орналасқан Павлодар облысында байқалады.

Қатты бөлшектер (PM₁₀)

Жалпы талдау

PM₁₀ жоғары концентрациясы ең алдымен Қазақстанның оңтүстігі мен оңтүстік-шығысында байқалады. Бұл шаң мен басқа да бөлшектер пайда болатын бос топырақ пен шөлдер сияқты табиғи көздерге байланысты. Желдің жоғары жылдамдығы, өсімдік жамылғысының нашарлығы, жиі құрғақшылық және Қазақстанның континенттік климаты республиканың барлық аумағында шаңды дауылдардың дамуына қолайлы жағдай жасайды. Шаңды дауылдар жерден ұсақ бөлшектерді алып, оларды ұзақ қашықтыққа тасымалдай



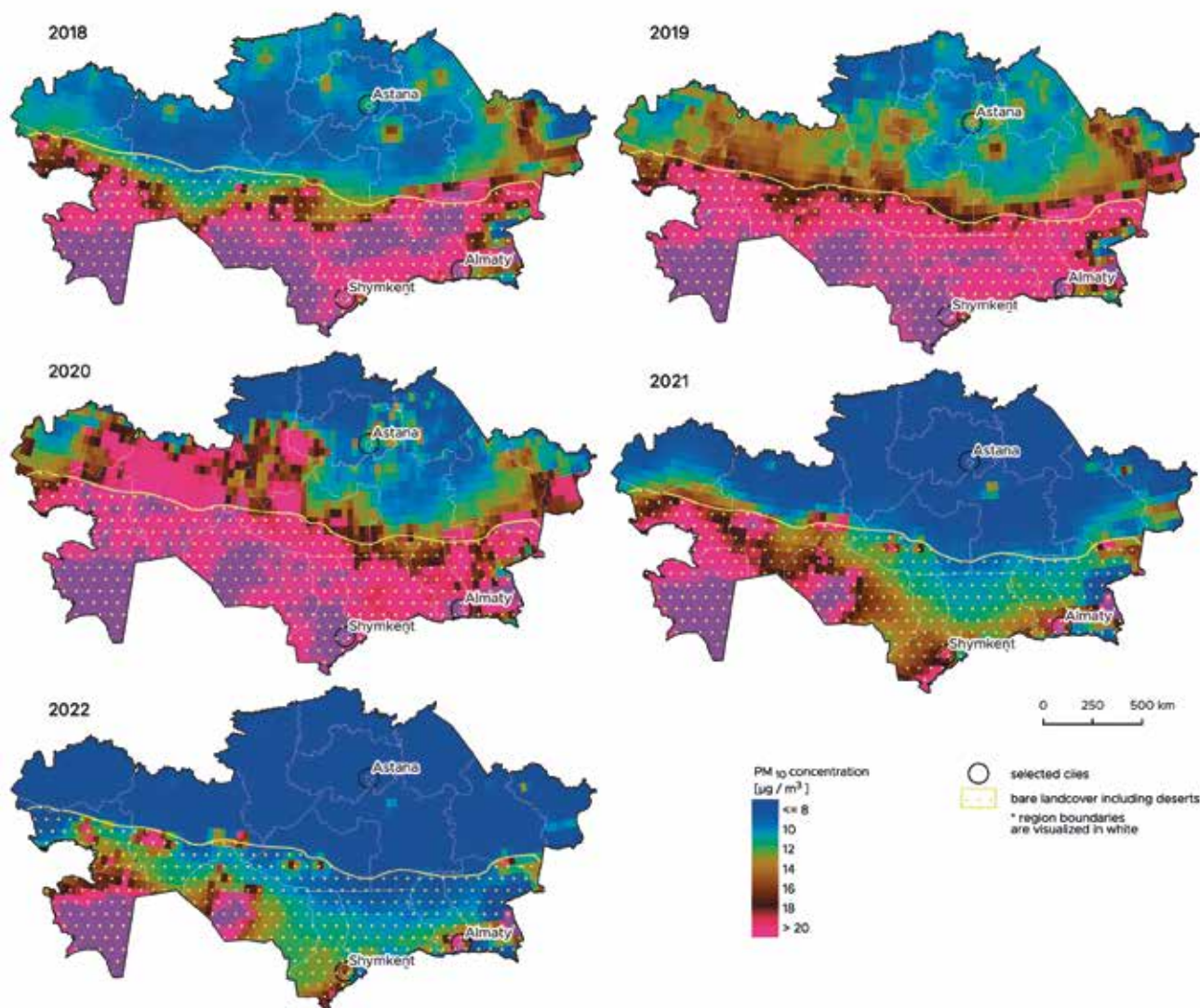
28-сурет. 2018 жылғы мамыр мен 2022 жылғы желтоқсан аралығында Қазақстанда PM₁₀ медианалық концентрациясы. Қалалар: А) Қарағанды, В) Павлодар, С) Алматы. Дереккөздер: Copernicus (CAMS, 2022) атмосфералық мониторинг қызметінің деректері; OpenStreetMap contributors, 2022; European Commission, 2022.

алады, бұл ауадағы PM_{10} көбеюіне үлкен ықпал етеді (Issanova and Abuduwaili, 2017). Күшті шаңды дауылдар PM_{10} концентрациясының 500 және тіпті 1000 $мкг/м^3$ асуына әкеледі (Issanova et al., 2023). 28-суретте сары нүкте PM_{10} табиғи концентрациясы бар аймақтарды көрсетеді.

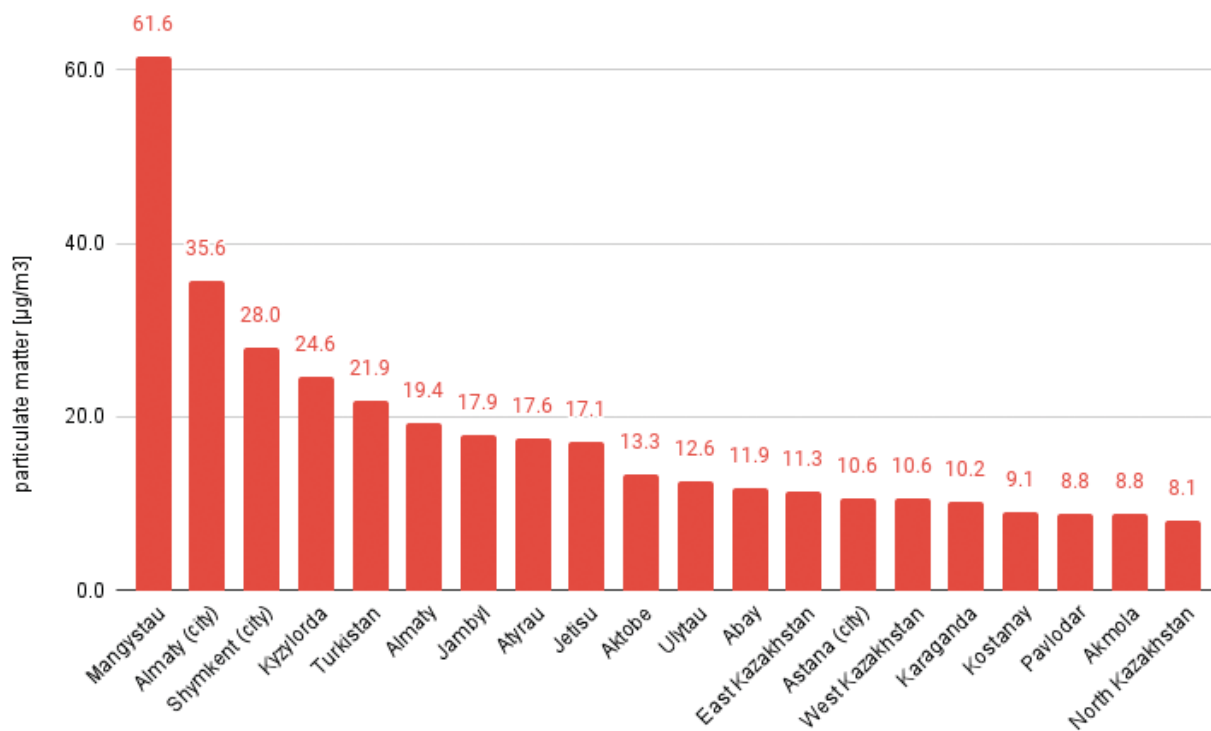
Сондай-ақ, Қазақстан аумағының едәуір бөлігінде жыл сайынғы PM_{10} мөлшерінің (20 $мкг/м^3$, қызғылт түспен белгіленген) ДДҰ шектеулерінен асып кеткенін көруге болады. PM_{10} негізінен табиғи шығу тегі бар аймақтардан тыс, елдің солтүстігіндегі қалалық жерлерде жоғары концентрациялар байқалады. Қарағанды, Өскемен, Ақтөбе,

Астана, Қостанай сияқты қалаларда.

PM_{10} бөлшектерінің таралуы жылдан жылға өзгеріп отырады. Ең жоғары концентрация 2020 жылы тіркелді, бұл табиғи жағдайларға, атап айтқанда, шаңды дауылдардың жиілігіне байланысты болуы мүмкін. 29-суретте Қазақстанның облыстары бойынша PM_{10} орташа концентрациясын көрсетеді. Ең жоғары көрсеткіштер еліміздің құрғақ оңтүстік-батыс бөлігінде орналасқан Маңғыстау облысында байқалды.



29-сурет. 2018 жылғы мамырдан 2022 жылғы желтоқсанға дейінгі кезеңде Қазақстандағы PM_{10} орташа жылдық концентрациясы. Дереккөздер: Copernicus (CAMS, 2022) атмосфералық мониторинг қызметінің деректері; OpenStreetMap contributors, 2022; European Commission, 2022.



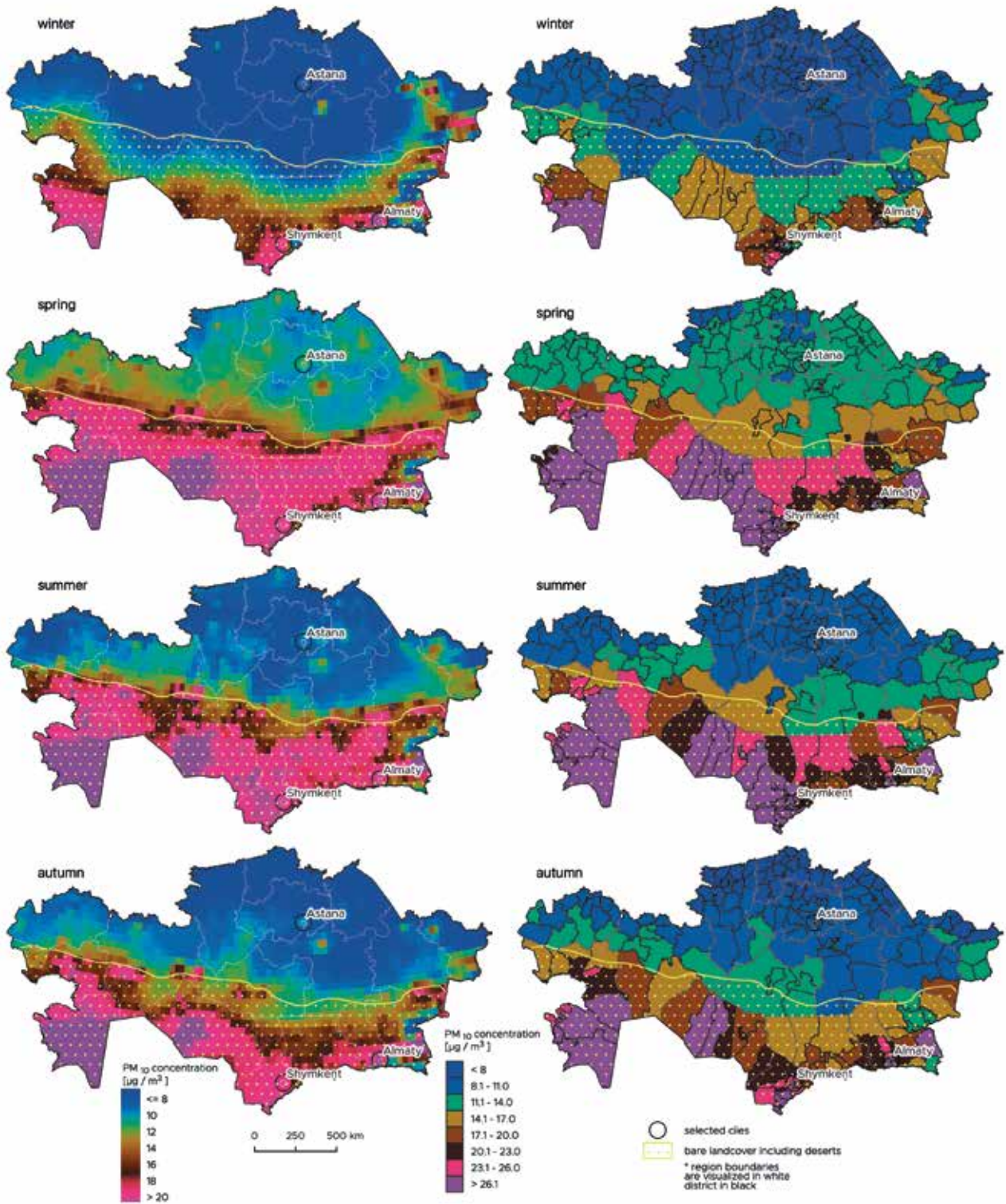
30-сурет. 2018 жылғы мамырдан 2022 жылғы желтоқсанға дейінгі кезеңде Қазақстан облыстарындағы PM_{10} орташа концентрациясы. Дереккөздер: Copernicus (CAMS, 2022) атмосфералық мониторинг қызметінің деректері; OpenStreetMap contributors, 2022.

Ауаның ластануының маусымдылығы

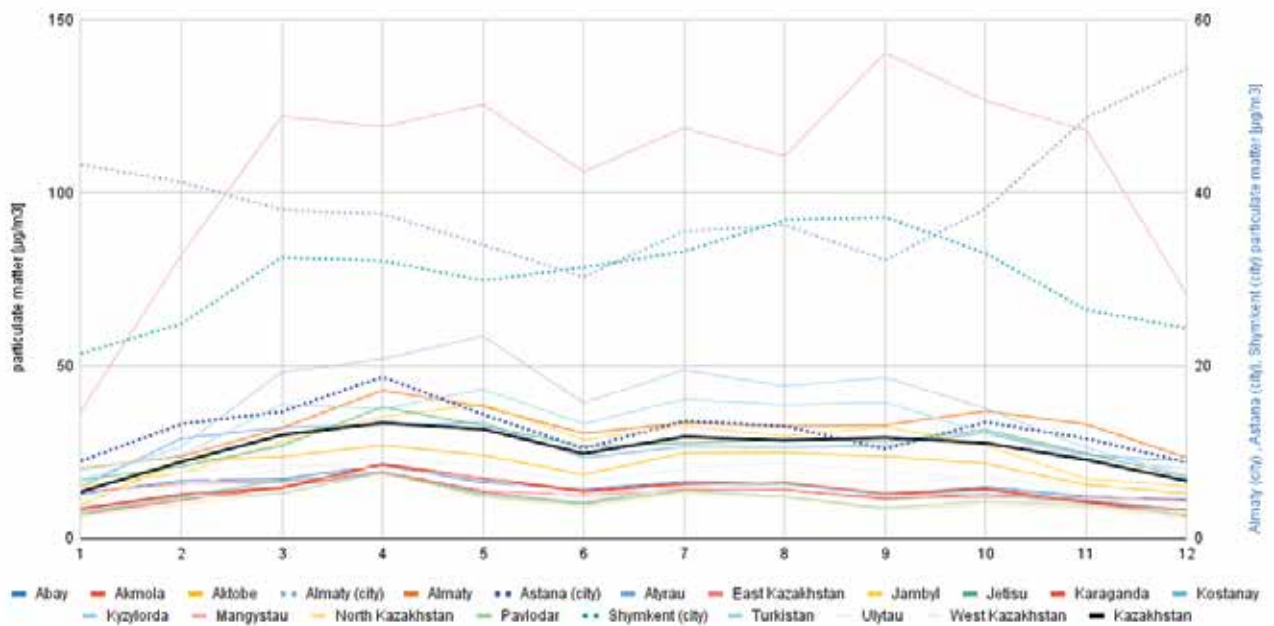
Қазақстан бойынша PM_{10} концентрациясының өзгерістері 31-суретте көрсетілген. Ұлттық масштабта маусымдық өзгерістер негізінен зерттелетін кезеңдегі орташа мәндерге тән табиғи жағдайларға байланысты. Жоғары концентрация маусымға қарамастан, әсіресе еліміздің оңтүстігінде байқалады. Олар көбінесе көктем-жаз айларында жиі болатын шаңды дауылдары бар құнарсыз жерлердің болуымен байланысты (Issanova and Abuduwaili, 2017). Бұл талдау нәтижелерімен расталады, өйткені бұл айлардағы концентрация басқа айлармен салыстырғанда айтарлықтай жоғары. PM_{10} ең төменгі табиғи концентрациясы Қазақстанның солтүстік бөлігінде қыс айларында байқалады. Концентрацияның артуына антропогендік әрекеттердің әсері негізінен қысқы кезеңде көрінгенімен, табиғи жағдайлар аз әсер ететін аймақтарда барлық маусымдарда байқалады. Қарағанды

және Өскемен қалаларында орташа мәндер сәйкесінше 13 мкг/м^3 және 15 мкг/м^3 төмен емес.

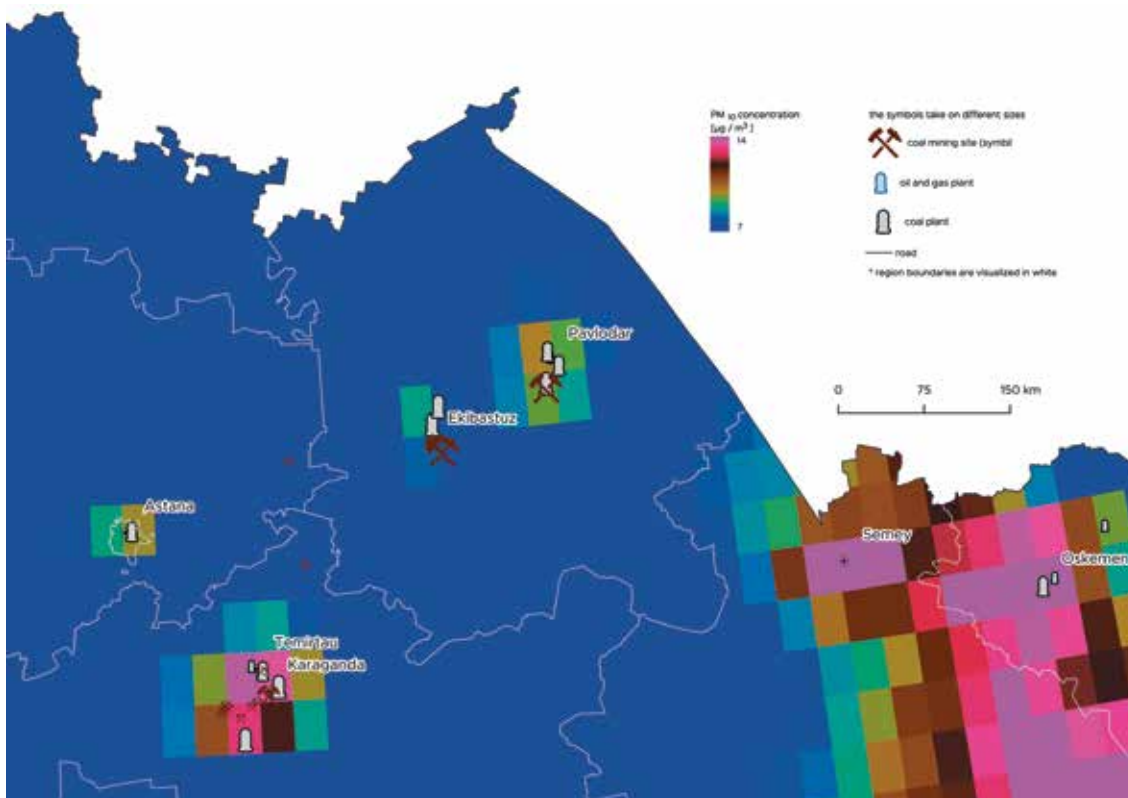
Әрбір аймақ үшін орташа айлық PM_{10} мәндерінің маусымдық динамикасы 32-суретте көрсетілген. График Қазақстанның бүкіл аумағы бойынша орташа мәнмен толықтырылған және жыл бойына жоғарыда сипатталған PM_{10} концентрациясының заңдылығын растайды (табиғи жағдайлар әсер етпеген аумақтардағы антропогендік іс-әрекеттің әсері). Көптеген аймақтарда ең жоғары концентрацияға көктем мен жаз айларында жетеді. Кең шөлді аймақтары мен жиі құмды дауылдары бар Маңғыстау облысында концентрация басқа аймақтарға қарағанда айтарлықтай жоғары. Кейбір қалалар үшін қыс айларында PM_{10} мазмұнының артуы негізінен антропогендік әрекеттерге байланысты. 33-суретте карьерлер, электр станциялары немесе металлургия өнеркәсіп кәсіпорындары орналасқан қалаларда айтарлықтай жоғары концентрацияны көрсетеді.



31-сурет. 2018 жылғы мамырдан 2022 жылғы желтоқсанға дейінгі кезеңде жалпы Қазақстандағы (сол жақта) және облыстардың аудандары бойынша (оң жақта) PM₁₀ орташа маусымдық шоғырлануы. Дереккөздер: Copernicus (CAMS, 2022) атмосфералық мониторинг қызметінің деректері; OpenStreetMap contributors, 2022; European Commission, 2022.



32-сурет. 2018 жылғы мамырдан 2022 жылғы желтоқсанға дейінгі кезеңде Қазақстан өңірлеріндегі PM_{10} орташа айлық концентрациясы. Дереккөздер: Copernicus (CAMS, 2022) атмосфералық мониторинг қызметінің деректері. Ескерту: Оң жақ тік ось тек Астана, Алматы және Шымкент қалаларына, сол жақ тік ось басқа облыстарға қатысты.



33-сурет: қысқы маусымда Қазақстанның солтүстік-батыс бөлігінде PM_{10} концентрациясы; медианасы 2018–2022 жж Copernicus атмосфералық мониторинг қызметінің деректерінен алынған. Дереккөздер: Copernicus (CAMS, 2022) атмосфералық мониторинг қызметінің деректері; OpenStreetMap contributors, 2022; Global Energy Monitor, 2022. Ескерту: Түс жолағы дисплей аймағына орнатылған және оны алдыңғы PM_{10} карталарымен тікелей салыстыру мүмкін емес.

ҚАРАҒАНДЫ ОБЛЫСЫНДАҒЫ АУАНЫҢ ЛАСТАНУЫ: ТОЛЫҚ ШОЛУ

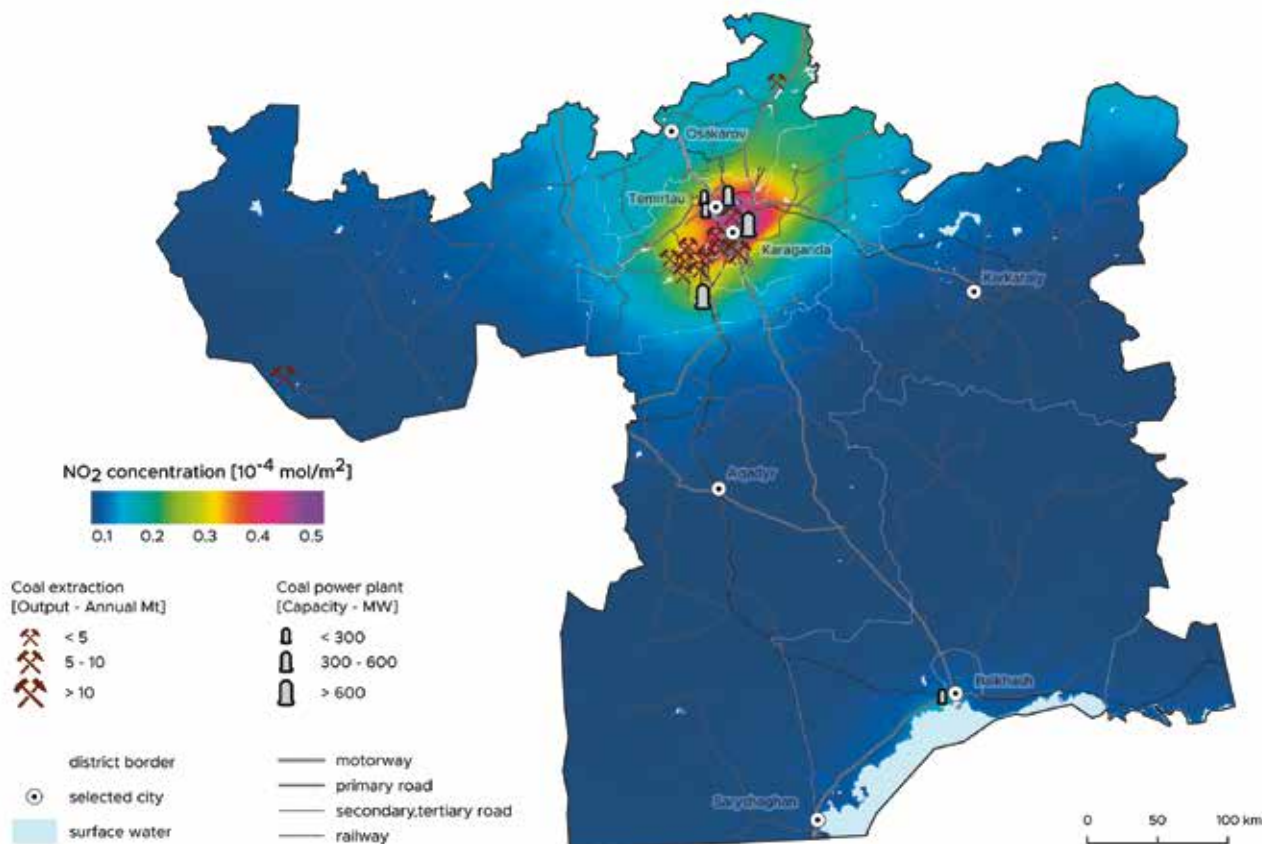
Қарағанды облысы Қазақстанның орталық бөлігінде орналасқан. Оның әкімшілік орталығы – Қарағанды қаласы, көлемі жағынан республикада төртінші орында. 2022 жылы екі облысқа (Қарағанды облысы аумағының бір бөлігі әкімшілік орталығы Жезқазған қаласында орналасқан жаңа Ұлытау облысының құрамына кірді) бөлінгеннен кейін облыстың ауданы шамамен 239 000 шаршы шақырымды құрайды, ал халқы шамамен 1,3 миллион адамды құрайды.

Аймақ көмір, темір, мыс, цинк, молибден, марганец, свинец, вольфрам, алтын, күміс, уран және т.б. қосқанда өзінің бай минералды ресурстарымен танымал. Қарағанды көмір бассейні әлемдегі ең ірі бассейндердің бірі болып табылады және

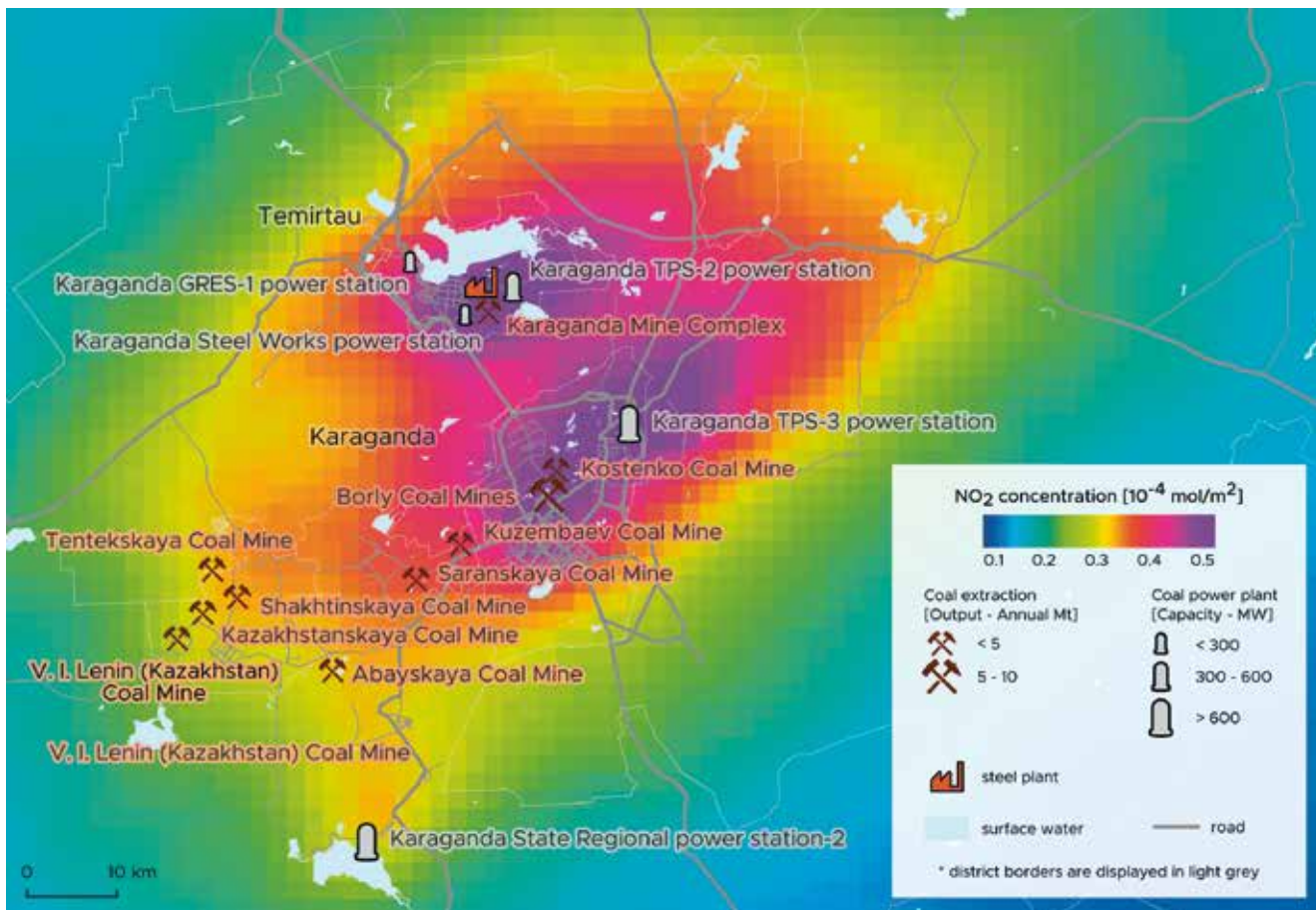
аймақтың энергетика және металлургия өнеркәсібінің негізін құрайды. Аймақтың басқа да ірі салаларына тау-кен және машина жасау жатады.

Азот диоксиді (NO₂)

34-суретте 2018 жылғы мамырдан 2022 жылғы желтоқсанға дейін өлшенген Қарағанды облысындағы орташа NO₂ концентрациясын көрсетеді. Ең жоғары концентрация облыстың екі ірі қаласы – Қарағанды мен Теміртауда шоғырланған. Қарағанды – көмір өндірудің орталығы, ірі өнеркәсіптік және мәдени орталық. Ол өзінің металлургия және химия өнеркәсібі, сондай-ақ машина жасау және тамақ өнеркәсібі салаларымен танымал.



34-сурет. Sentinel-5P спутнигінен алынған 2018 жылдан 2022 жылға дейінгі кезеңде Қарағанды облысы бойынша NO₂ орташа концентрациясы. Дереккөздер: Copernicus Sentinel деректері (ESA, 2018–2022; өзгерістермен); OpenStreetMap contributors, 2022; Global Energy Monitor, 2022.



35-сурет. NO₂ орташа концентрациясы Қарағанды және Теміртау қалаларының ауданында 2018–2022 жж. Sentinel-5P спутнигіне сәйкес. Дереккөздер: Copernicus Sentinel деректері (ESA, 2018–2022; өзгерістермен); OpenStreetMap contributors, 2022; Global Energy Monitor, 2022.

Теміртау Қарағандыдан солтүстікке қарай 30 шақырымдай жерде орналасқан және қаладағы негізгі жұмыс беруші болып табылатын металлургиялық өнеркәсібімен танымал. «АрселорМиттал Теміртау» АҚ-на тиесілі Теміртау металлургиялық зауыты Қазақстандағы ең ірі зауыттардың бірі болып табылады және ішкі және сыртқы нарықтар үшін болат өнімдерінің кең ауқымын шығарады. Сондай-ақ, қалада машина жасау, металлургия, химия өнеркәсібі саласында бірқатар басқа өнеркәсіптік кәсіпорындар және құрылыс материалдары өндірісі бар.

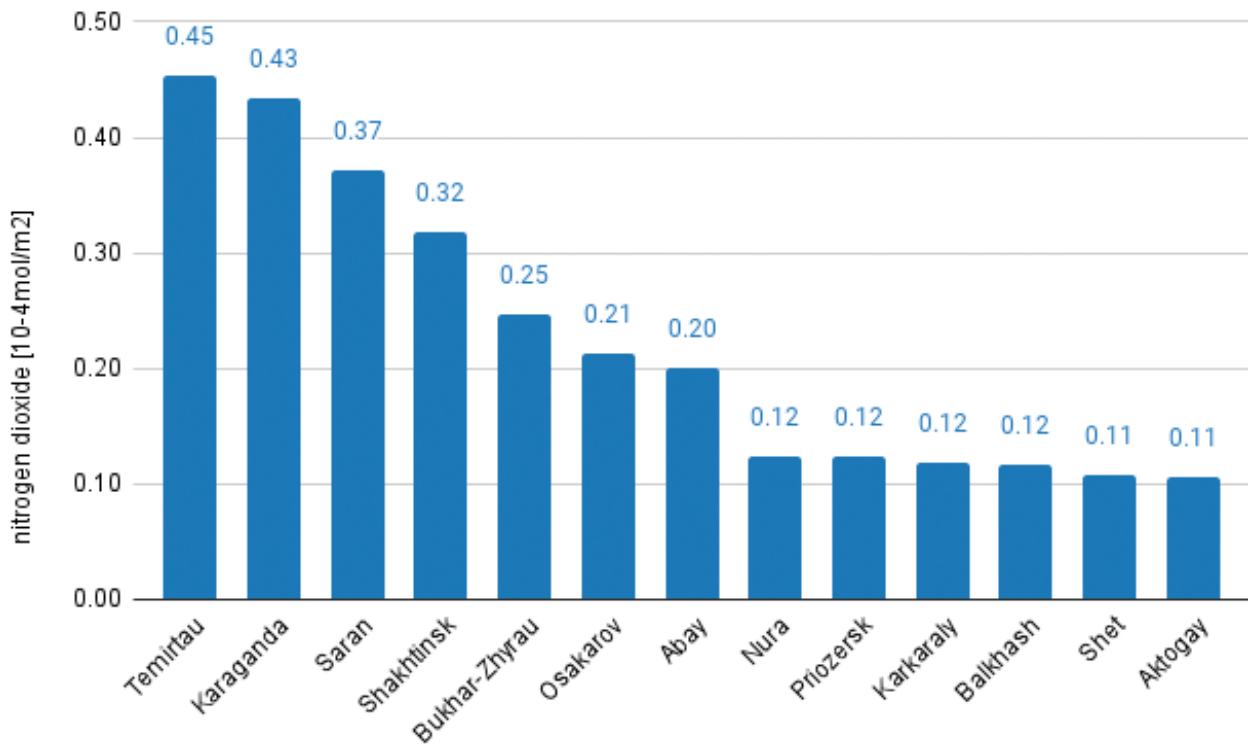
Жоғары концентрацияны Қарағанды қаласынан солтүстік-шығысқа қарай көршілес Павлодар облысының Екібастұз және Павлодар қалаларына апаратын А17 және Р27 жолдарының арасында да байқауға болады. Салыстырмалы түрде шағын аумақта өскен мәндер облыстың

оңтүстігінде, Балқаш қаласының батысында да байқалады.

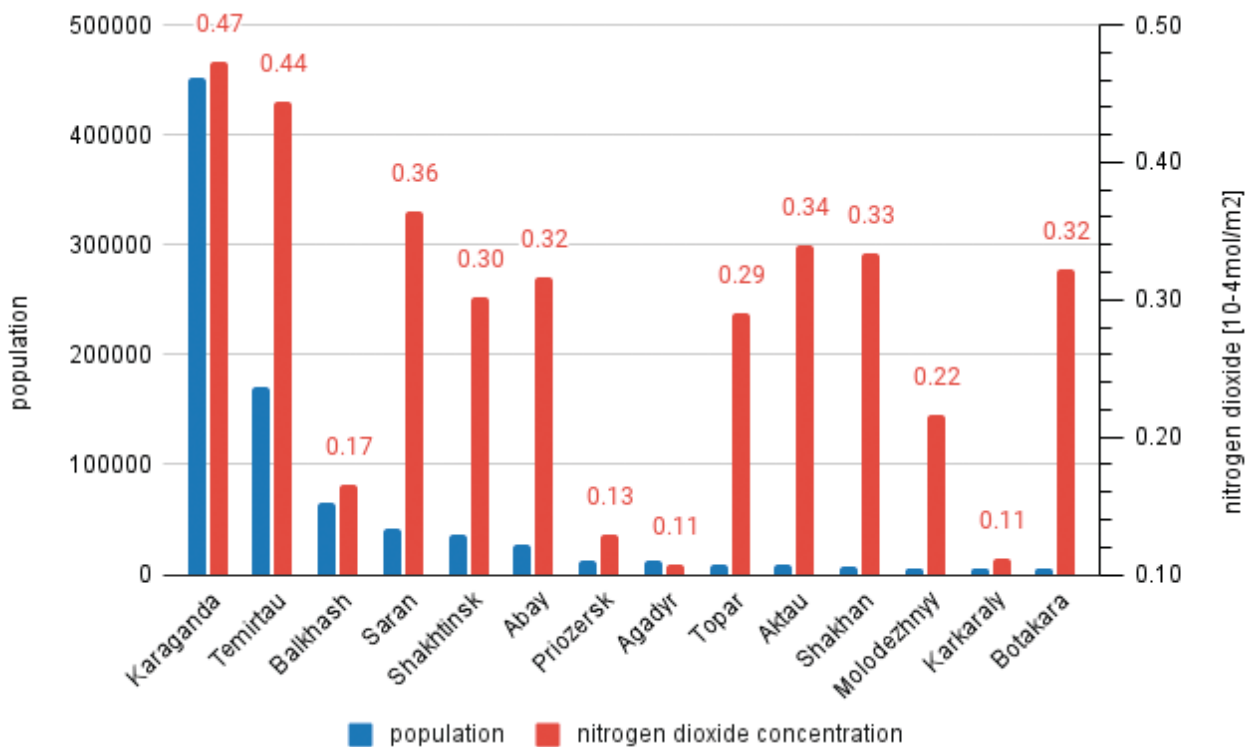
35-суретте Қарағанды және Теміртау қалаларының айналасы толығырақ көрсетілген. Бұл аумақта сегіз көмір кеніші бар, олардың жалпы жылдық өндірісі 2020 жылы 10,2 мегатонға дейін жеткен. Бұл шахталардың барлығын “АрселорМиттал Теміртау” АҚ басқарады (Global Energy Monitor, 2022).

Сонымен қатар, ауданда максималды қуаттылығы 2100 мегаватттан асатын бес көмір электр станциясы орналасқан. Оның үштен екісінен астамы Қарағанды МАЭС-2 (743 МВт) және Қарағанды ЖЭС-3 (670 МВт) (Global Energy Monitor, 2022) құрайды.

Дегенмен, аудандағы ең үлкен ластаушы және сонымен қатар Қазақстандағы ең ірілердің бірі – «АрселорМиттал Теміртау» металлургиялық зауыты. Бұл нысанның



36-сурет: Sentinel-5P спутниктік деректері бойынша Қарағанды облысының қалалары мен аудандары үшін есептелген орташа NO₂ концентрациясы. Дереккөздер: Copernicus Sentinel деректері (ESA, 2018–2022; өзгерістермен); HDX, 2022 ж.



37-сурет: Sentinel-5P спутниктік деректері бойынша 5000 адамнан астам халқы бар Қарағанды облысының қалалары мен елді мекендері үшін есептелген орташа NO₂ концентрациясы. Дереккөздер: Copernicus Sentinel деректері (ESA, 2018–2022; өзгерістермен); HDX, 2022 ж.

жылдық шикі болат қуаты шамамен 6 мегатонна (Global Energy Monitor, 2022). Ең жақын тұрғын үй зауыттан 500 метр қашықтықта орналасқан (Арника, 2022).

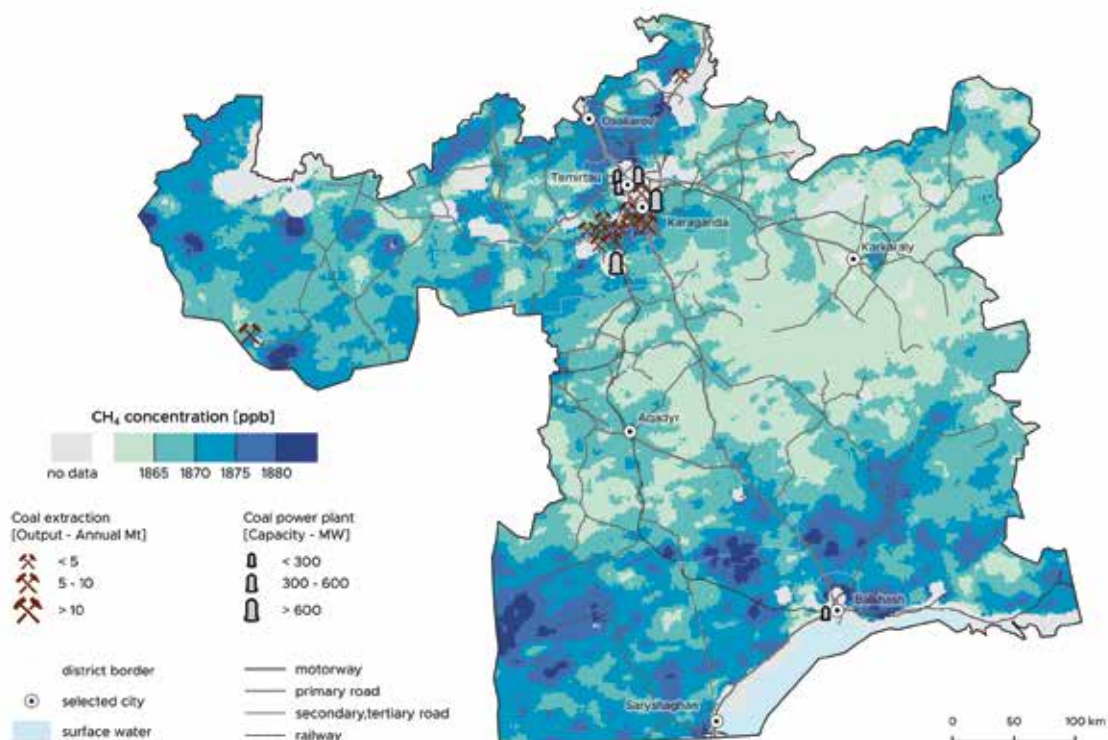
Қарағанды облысының аудандарындағы NO₂ орташа концентрациясы 36-суретте көрсетілген. Теміртау және Қарағанды қалалары, сондай-ақ Қарағандының батысында орналасқан Саран және Шахтинск шағын кеншілер қалалары, Теміртау және Қарағанды қалаларының айналасындағы аумақты, осы қалалар мен қалалардың солтүстік-батысындағы облыс шекарасы арасындағы аумақты қамтитын Бұқар Жырау ауданы аса ластанған болып табылады.

37-суретте популяция саны мен NO₂ концентрациясы арасындағы байланысты көрсетеді. Графиктегі елді мекендер халық саны бойынша солдан оңға қарай реттелген. Алғашқы бес қала жағдайында қалалардың тұрғындары мен олардың айналасындағы атмосферадағы NO₂ мөлшері арасындағы сызықтық байланысты байқауға болады. NO₂ концентрациясы халыққа қатысты

салыстырмалы түрде төмен Балқаш қаласы ерекше ерекшелік болып табылады. Екінші жағынан, негізінен облыс орталығына және Теміртау қаласына географиялық жақындығына байланысты NO₂ концентрациясы жоғары болуы ықтимал Ақтау, Шахан немесе Ботақара сияқты тұрғындары он мың адамнан аз ауылдар бар.

Метан (CH₄)

38-суретте Қарағанды облысындағы 2018 жылдың мамыры мен 2022 жылдың желтоқсаны аралығындағы орташа CH₄ концентрациясын көрсетеді. Аймақтағы өлшенген мәндердің аймақтық өзгермелілігі салыстырмалы түрде аз болғандықтан, түс шкаласында қолданылатын мәндер аймақтық айырмашылықтарды ерекшелеу үшін түзетілді. Салыстырмалы түрде жоғары концентрация облыстың оңтүстік бөлігінде, сондай-ақ облыс орталығының айналасында және облыстың солтүстік-батысында байқалады.

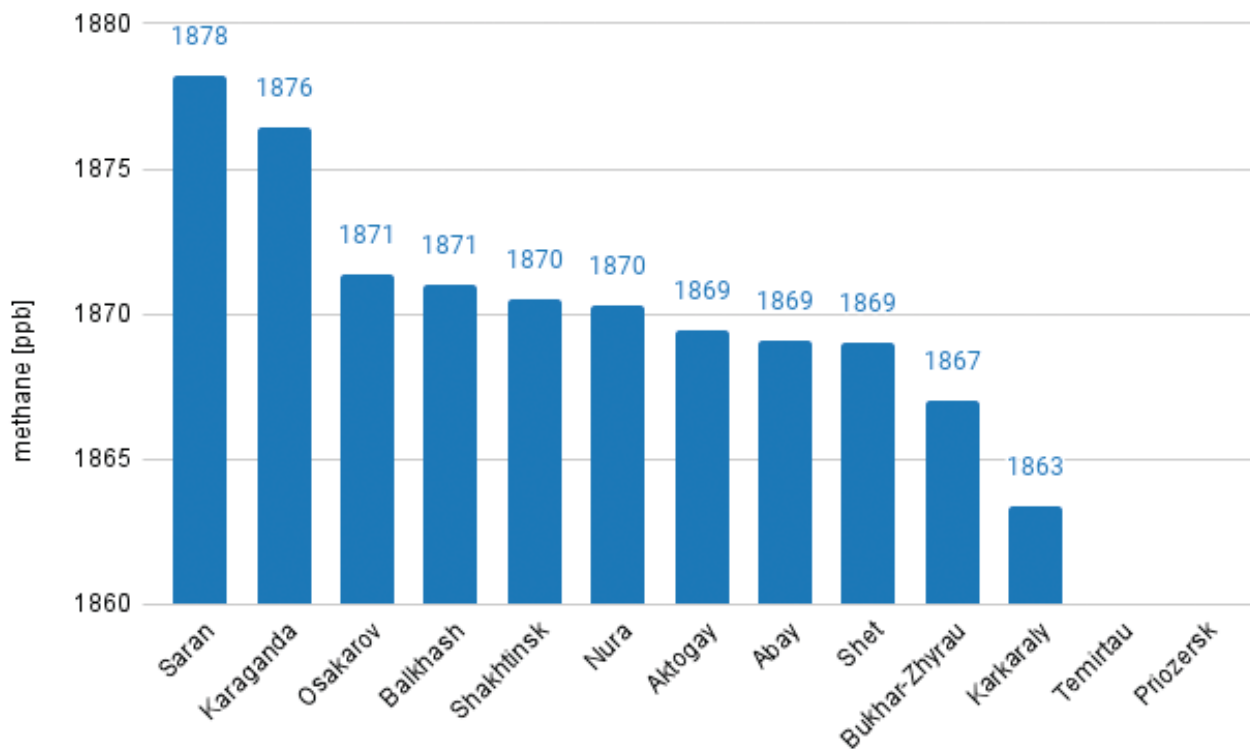


38-сурет: Қарағанды облысындағы 2018 және 2022 жылдар аралығындағы орташа CH₄ концентрациясы, Sentinel-5P спутнигінен алынған. Дереккөздер: Copernicus Sentinel деректері (ESA, 2018–2022; өзгерістермен); OpenStreetMap салымшылары, 2022; Жаһандық энергия мониторингі, 2022 ж.

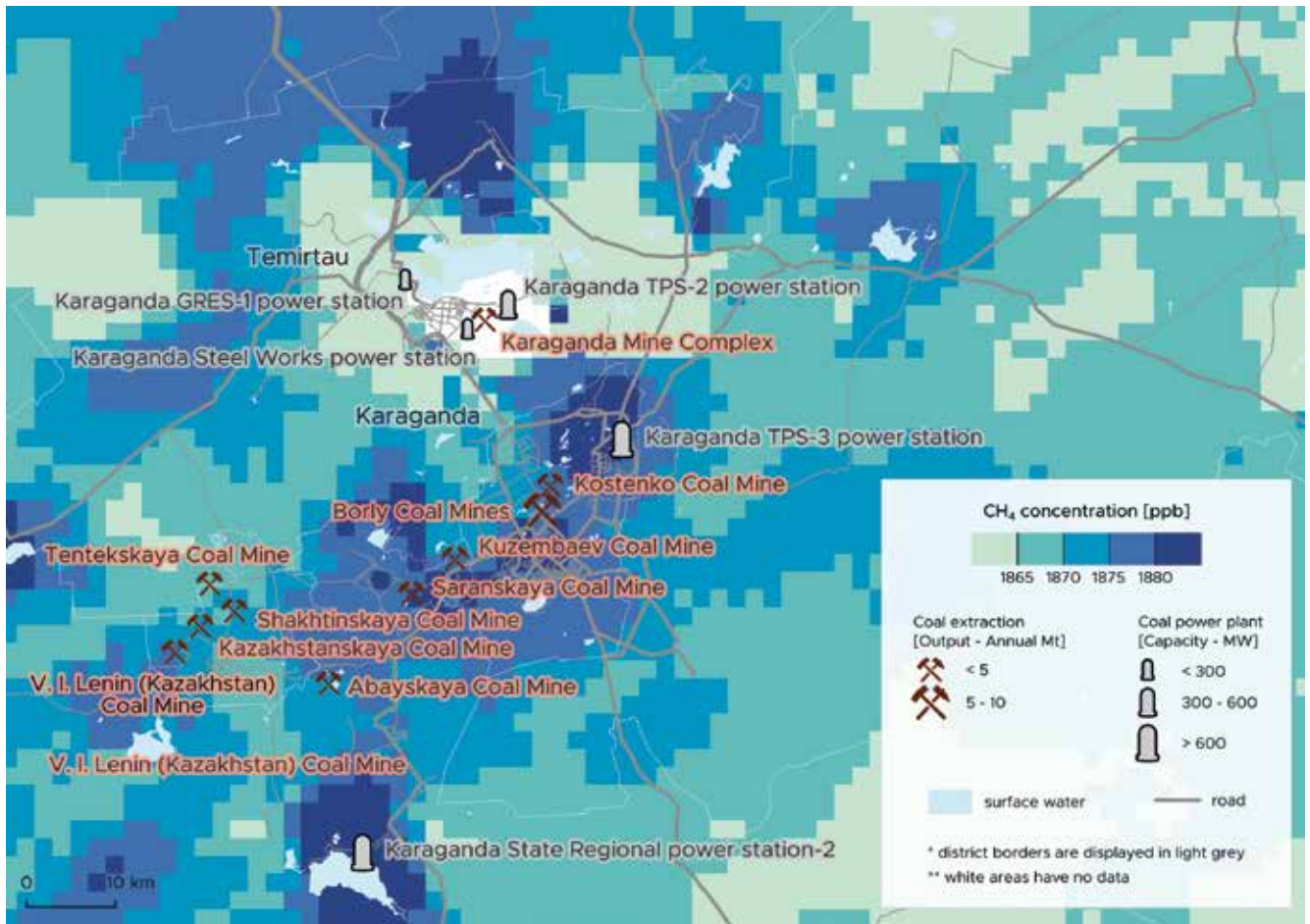
Қарағанды облысында CH_4 ең жоғары концентрациясы Саран және Қарағанды қалаларында байқалады (39-ші суретті қара). Осы екі ауданнан басқа жерде орташа концентрациялар салыстырмалы түрде тұрақты және 1870 млрд^{-1} шамасында. Приозерск және Теміртау аудандары екі себеп бойынша графикте көрсетілмеген: 1) ауданы бойынша шағын және 2) үлкен су айдынына жақын орналасқан. Жоғарыда айтылғандай, Sentinel-5P спутнигімен өлшенген CH_4 деректер сапасына қатысты мәселелерге байланысты деректер ұсынушы осы аудандарға су маскасын қолданды. Бұл аумақтардың шағын өлшемдері мен су айдынына жақын орналасуына байланысты статистиканы есептеу үшін сенімді деректер жеткіліксіз болды. Су объектілерінің үстіне және айналасындағы CH_4 шығарындыларын модельдеудегі белгісіздік тек Приозерск

және Теміртау қалаларында ғана емес, сонымен қатар басқа аудандарда да ескерілуі керек, өйткені облыста көптеген су объектілері бар. Бұл аймақтардан алынған деректер көлемін шектеу шаралары қабылданғанымен, олардың сенімділігі бірнеше факторларға байланысты, олардың ішінде судың қатуы ең маңызды болып табылады.

Қарағанды қаласы айналасындағы ситуацияларды қарастырған кезде (40-сурет) метанның аздап жоғарылаған концентрациясы көмір шахталарының мен разрездерінің үстінде, көмір электр станциялары – Қарағанды ЖЭО-3 және Қарағанды МАЭС-2 маңында байқалады. Дегенмен, МАЭС-2 су айдынының жанында орналасқан, онда сенімсіз деректер метан концентрациясына әсер етуі мүмкін. Қарағандының солтүстігінде орналасқан



39-сурет: Sentinel-5P спутниктік деректері бойынша Қарағанды облысының аудандары мен қалалары үшін есептелген орташа CH_4 концентрациясы. Дереккөздер: Copernicus Sentinel деректері (ESA, 2018–2022; өзгерістермен); HDX, 2022 ж.

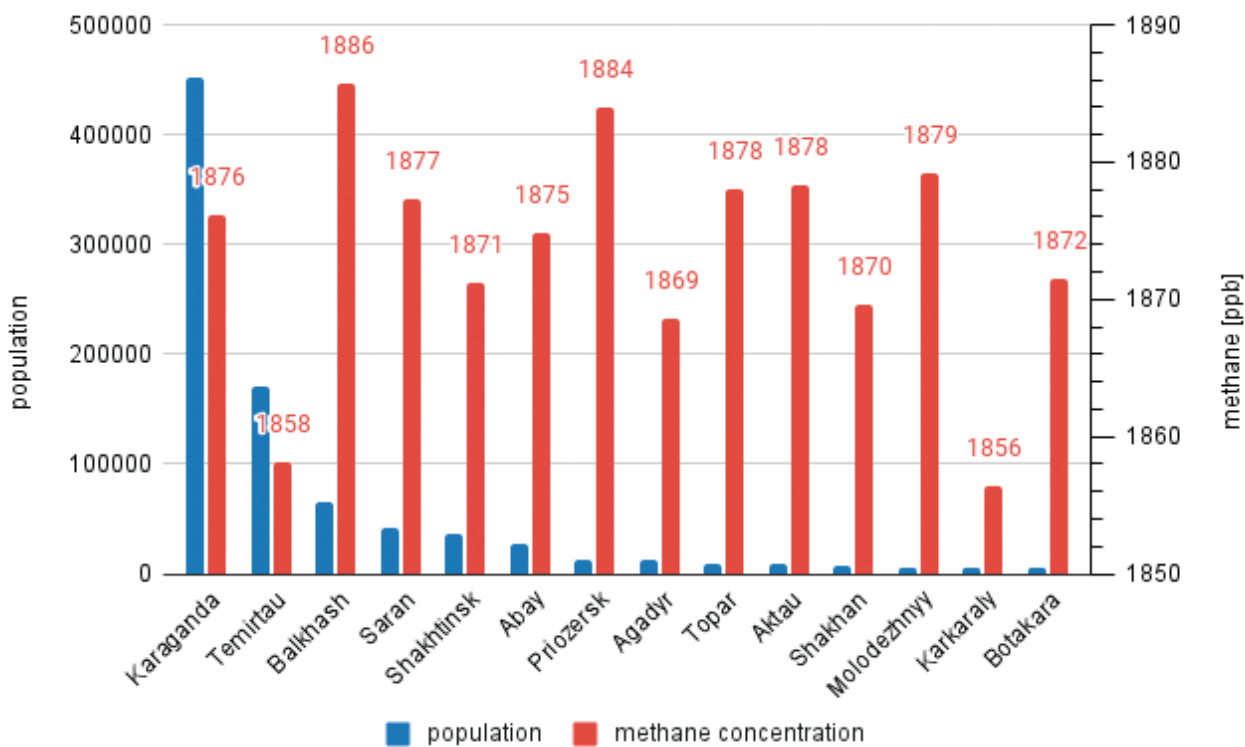


40-сурет: 2018–2022 жылдар аралығында Қарағанды және Теміртау қалаларының ауданындағы CH₄ орташа концентрациясы Sentinel-5P спутнигіне сәйкес. Дереккөздер: Copernicus Sentinel деректері (ESA, 2018–2022; өзгерістермен); OpenStreetMap contributors, 2022; Global Energy Monitor, 2022.

тағы үш көмір электр станциясының аумағында метан деңгейінің жоғарылауы байқалады.

41-суретте популяция саны мен SO₂ концентрациясы арасындағы байланысты көрсетеді. Графиктегі елді мекендер халық

саны бойынша солдан оңға қарай реттелген. Қарастырылып отырған ластаушы жағдайда сол немесе басқа елді мекенде тұрғындардың санымен заңдылық пен байланыс байқалмайды.



41-сурет: Sentinel-5P спутниктік деректері бойынша 5000 адамнан астам халқы бар Қарағанды облысының қалалары мен елді мекендері үшін есептелген орташа CH_4 концентрациясы.

Дереккөздер: Copernicus Sentinel деректері (ESA, 2018–2022; өзгерістермен); OpenStreetMap contributors, 2022; HDX, 2022.

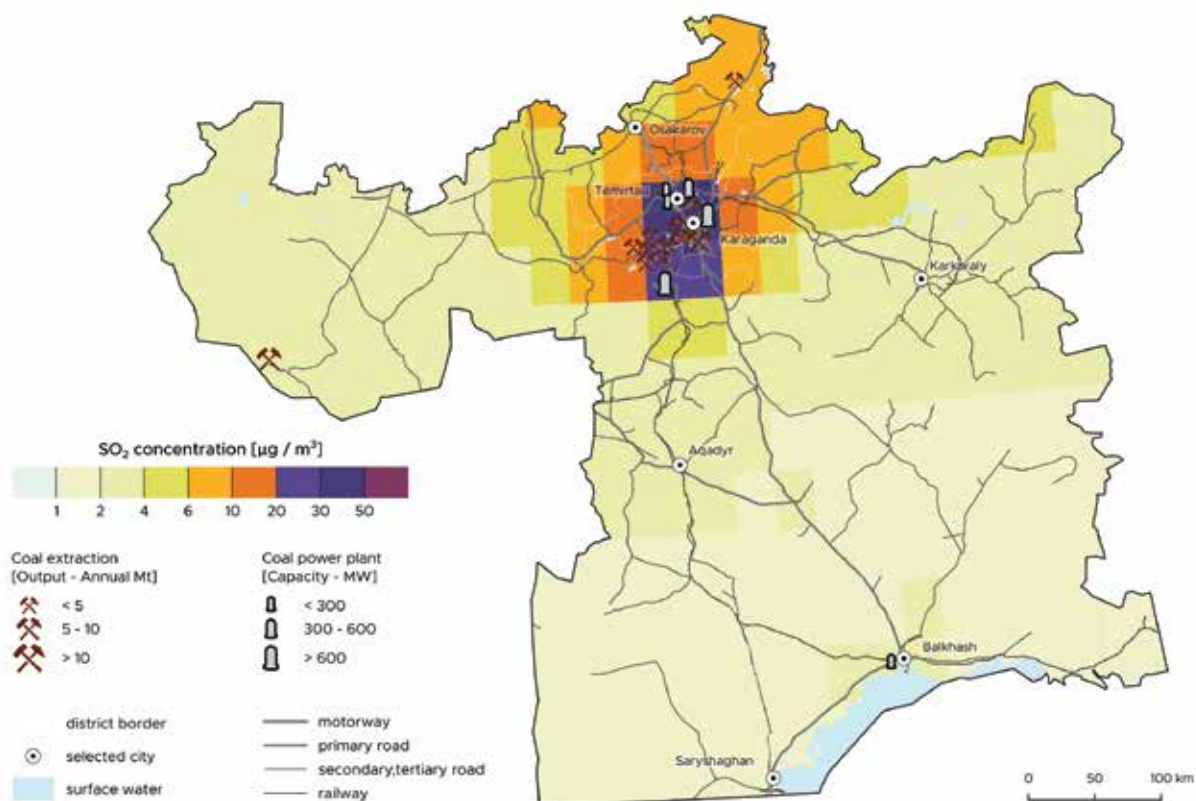
Күкірт диоксиді (SO_2)

42-суретте 2018 жылғы мамырдан 2022 жылғы желтоқсанға дейін Қарағанды облысындағы SO_2 концентрациясының өлшемдерін көрсетеді. NO_2 жағдайындағыдай ластану концентрациясының ұқсас аймақтық таралуын ажыратуға болады. Ең жоғары концентрация облыстағы екі ірі қала – Қарағанды мен Теміртауда ауданында шоғырланған. Жоғарыда атап өткеніміздей, бұл аумақ облыстағы көмір өндіру және басқа да өнеркәсіп орындарының орталығы болып табылады. Дегенмен, SO_2 деректерінің кеңістіктік ажыратымдылығы төмен болғандықтан, ластануды бөлу мұнда егжей-тегжейлі емес. Дегенмен,

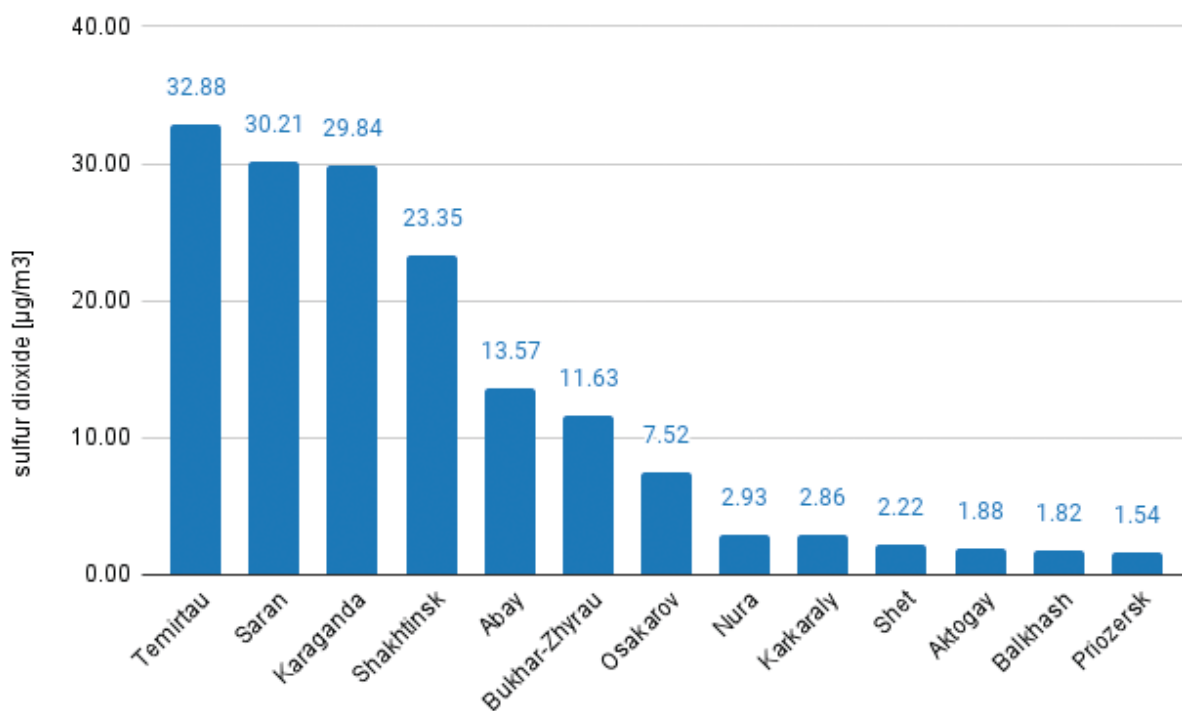
SO_2 концентрациясының жоғарылауын солтүстік-шығыс бағытта – Қарағанды қаласынан Екібастұз қаласына дейін байқауға болады.

Қарағанды облысының қалалары мен аудандары бойынша SO_2 орташа концентрациясы 43-суретте көрсетілген. Ең жоғары орташа концентрация Теміртауда байқалды. Дәл осындай жоғары концентрация Қарағанды, Саран және Шахтинск қалаларында да байқалды. Басқа аймақтарда мәндер төмен.

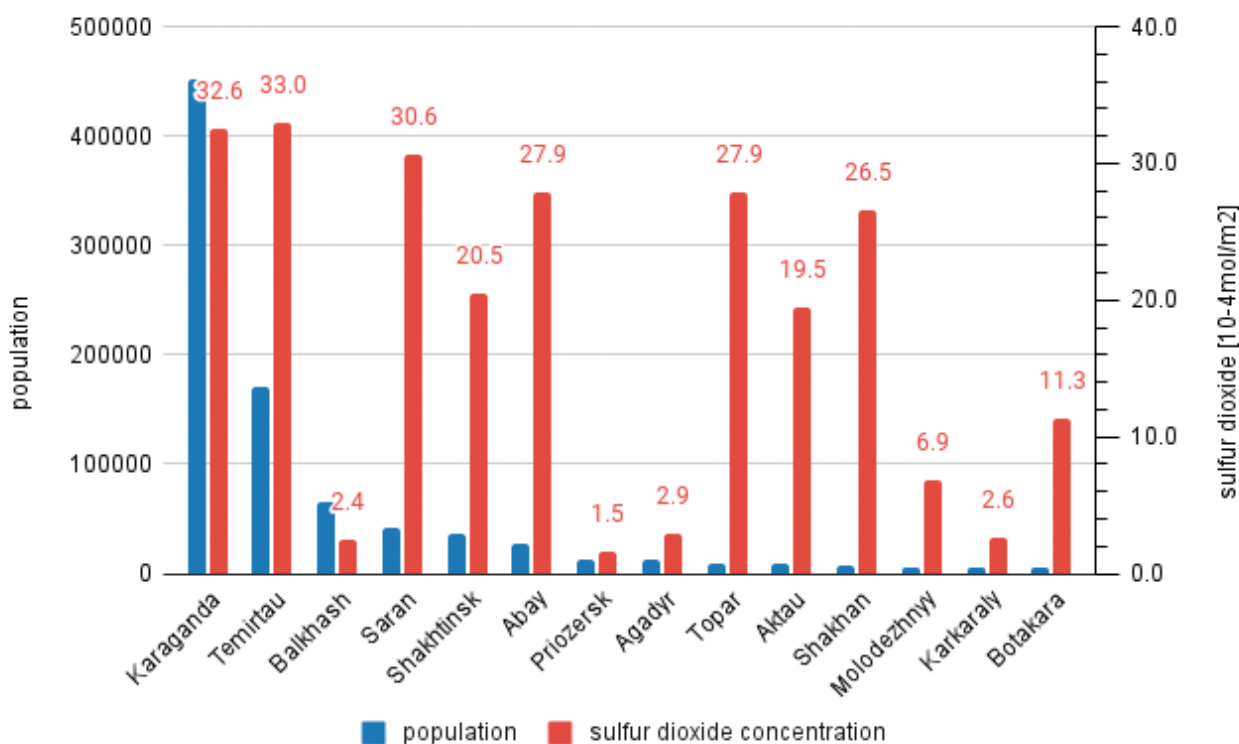
44-суретте популяция саны мен SO_2 концентрациясы арасындағы байланысты көрсетеді. Графиктегі елді мекендер халық саны бойынша солдан оңға қарай реттелген. Бұл ластанушы жағдайда сол немесе басқа қалада немесе ауылдарда тұрғындар



42-сурет: Қарағанды облысындағы 2018–2022 жж. кезеңіндегі SO₂ орташа концентрациясы. Сорпернис атмосфералық мониторинг қызметінің мәліметтері бойынша. Дереккөздер: Сорпернис (CAMS, 2022) атмосфералық мониторинг қызметінің деректері; OpenStreetMap contributors, 2022; Global Energy Monitor, 2022.



43-сурет: Сорпернис атмосфералық мониторинг қызметінің деректері бойынша Қарағанды облысының қалалары мен аудандарына есептелген орташа SO₂ концентрациясы. Дереккөздер: Сорпернис (CAMS, 2022) атмосфералық мониторинг қызметінің деректері; OpenStreetMap contributors, 2022; HDX, 2022.



44-сурет: SO₂ орташа концентрациясы 5000 адамнан асатын Қарағанды облысының қалалары мен елді мекендері үшін есептелген. Дереккөздер: Copernicus (CAMS, 2022) атмосфералық мониторинг қызметінің деректері; OpenStreetMap contributors, 2022; HDX, 2022.

санымен ешқандай заңдылық пен байланыс жоқ. Көптеген елді мекендерде шоғырлану деңгейі жоғары мәндерге жетеді. Олардың жетеуі бойынша концентрациялар ДДҰ тәуліктік нормасынан 20 мкг/м³ асып түседі (Қарағанды, Теміртау, Саран, Абай, Шахтинск, Топар, Шахан).

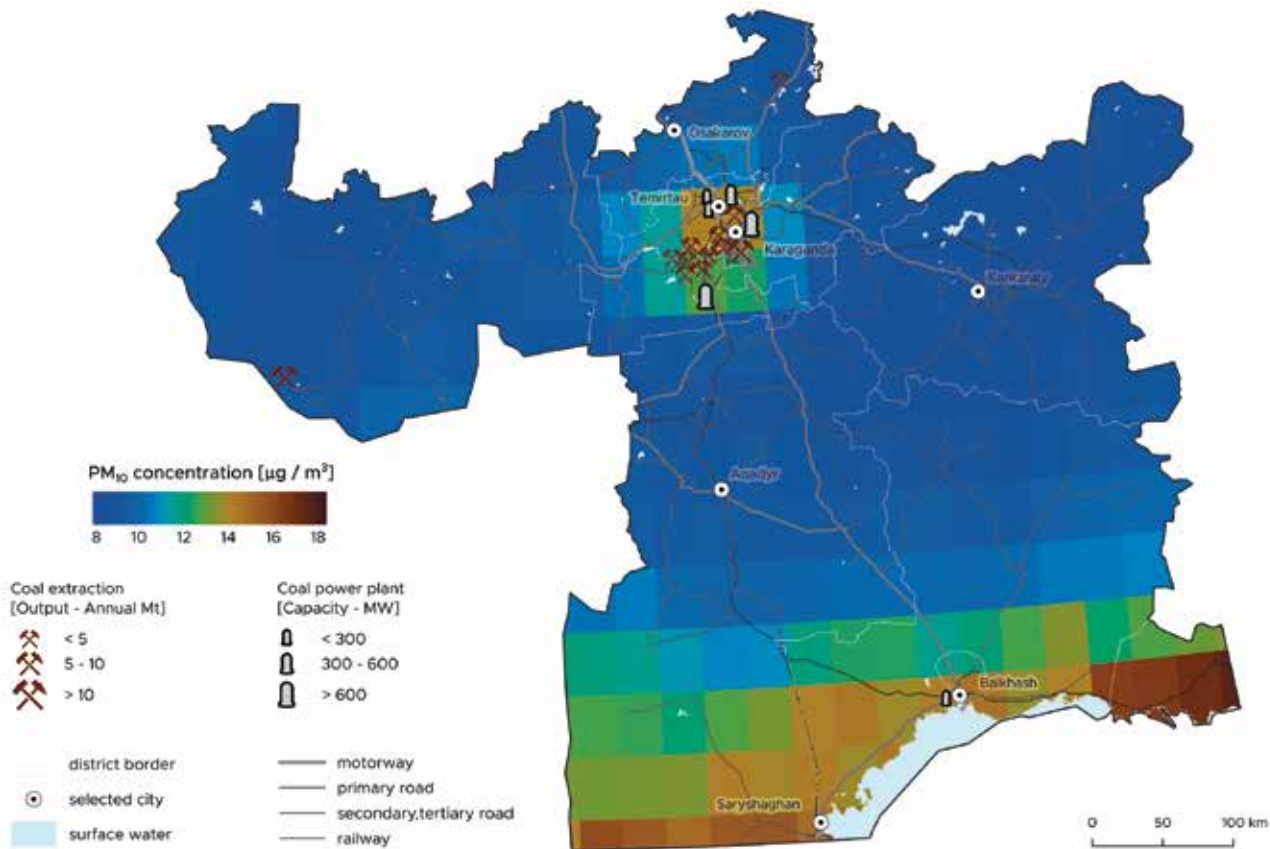
Талдау Балқаш қаласы бойынша концентрацияның жоғарылауын анықтаған жоқ, дегенмен Ассанов (2021) оны ластанудың «ыстық нүктесі» ретінде жіктейді. Өңірде ластаушы заттардың шығарындыларымен танымал «Балхашцветмет» қара металлургия комбинатының болуына қарамастан, талдау Балқаш қаласы бойынша концентрацияның сәйкесінше артқанын анықтаған жоқ.

Қатты бөлшектер (PM₁₀)

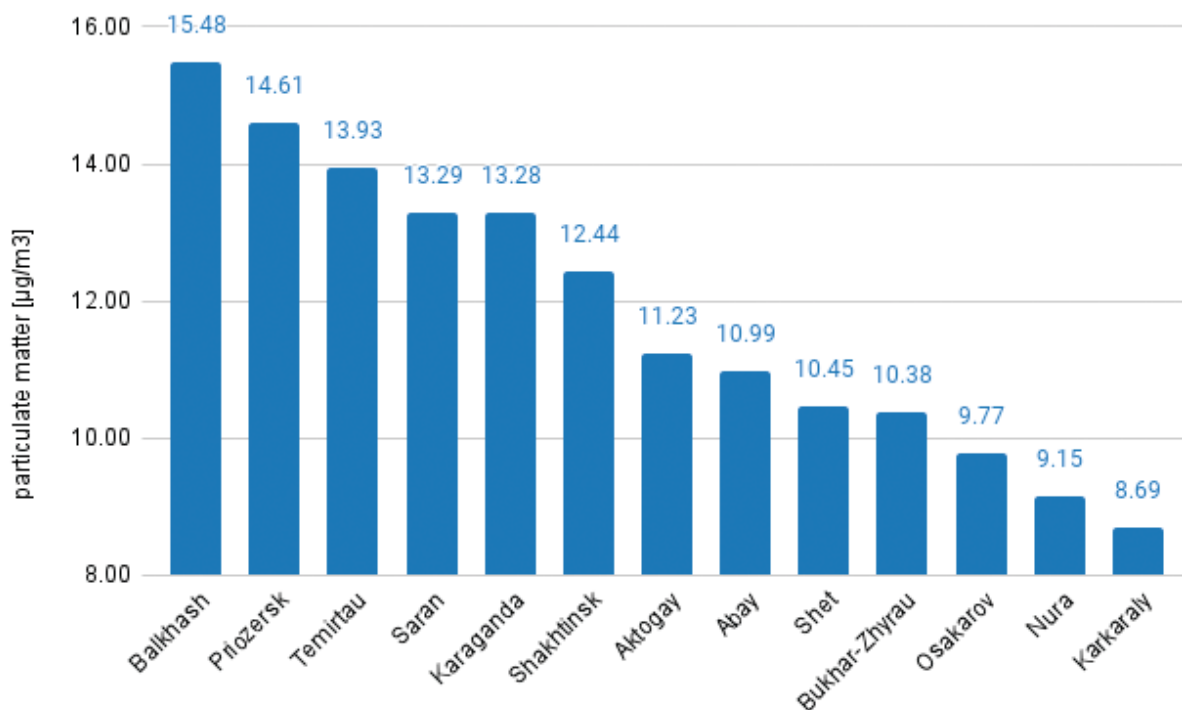
45-суретте PM₁₀ концентрациясының таралуына антропогендік және табиғи әсерлерді көрсетеді. Қазақстан бойынша

PM₁₀ таралуы туралы тарауда атап өтілгендей, PM₁₀-ның едәуір бөлігі табиғи көздерден келеді. Жаз айларында бұл ластаушы заттың концентрациясы топырақ-өсімдік жамылғысының аздығынан республиканың барлық дерлік оңтүстік бөлігінде жоғарылайды. Қарағанды облысының оңтүстігінде қатты бөлшектердің табиғи көздері бар. Сондықтан аймақтың оңтүстік бөлігінде PM₁₀ табиғи шығу тегімен байланысты жоғары мәндер байқалады. Керісінше, солтүстік бөлігінде PM₁₀-ның едәуір бөлігі адам әрекетімен байланысты. Тау-кен, металлургия және көмірмен жұмыс істейтін электр станцияларының үйлесуі жыл бойы Қарағанды және Теміртау қалаларының маңындағы PM₁₀ концентрациясын арттырады.

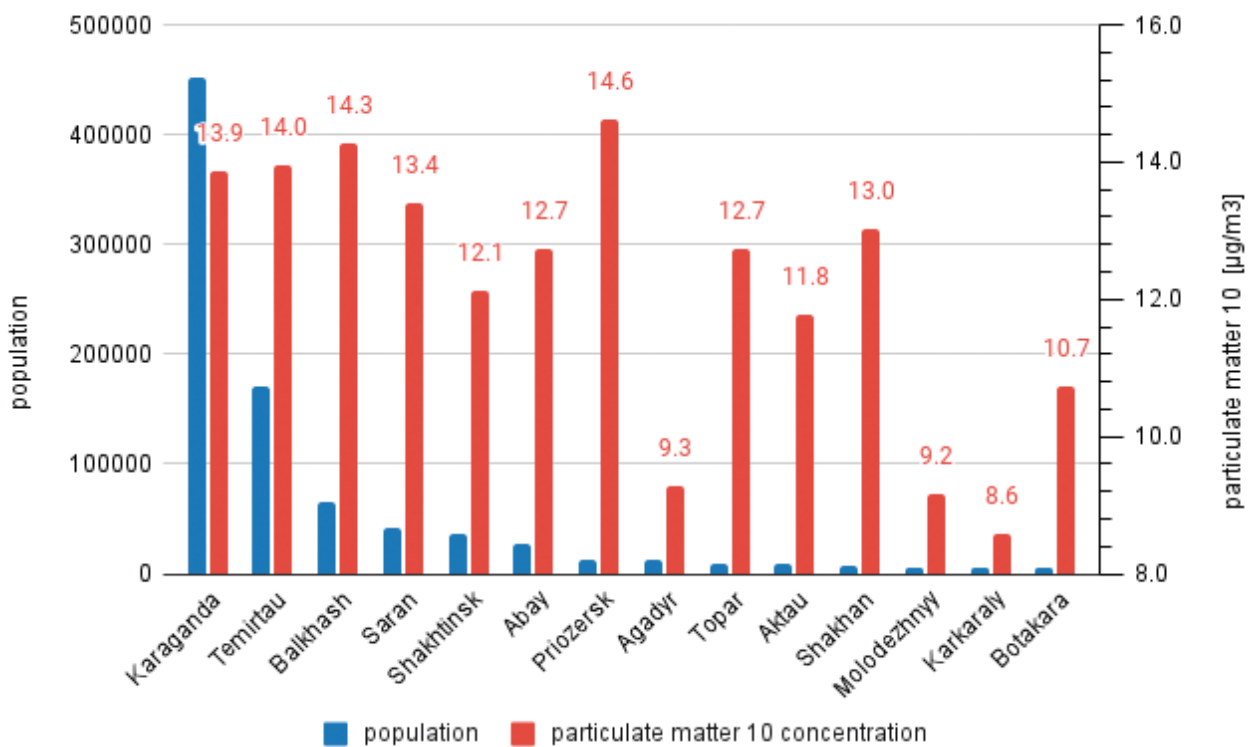
Қарағанды облысының аудандарындағы PM₁₀ орташа концентрациясы 46-суретте көрсетілген. Жоғарыда атап өтілгендей, Қарағанды және Теміртау төңірегінде



45-сурет: Қарағанды облысындағы PM_{10} орташа концентрациясы 2018–2022 Дереккөздер: Copernicus (CAMS, 2022) атмосфералық мониторинг қызметі; OpenStreetMap contributors, 2022; Global Energy Monitor, 2022.



46-сурет: Қарағанды облысының қалалары мен аудандары үшін есептелген орташа PM_{10} концентрациясы. Дереккөздер: Copernicus (CAMS, 2022) атмосфералық мониторинг қызметі деректері; OpenStreetMap contributors, 2022; HDX, 2022.



47-сурет: PM_{10} орташа концентрациясы 5000 адамнан асатын Қарағанды облысының қалалары мен елді мекендері үшін есептелген. Дереккөздер: Copernicus (CAMS, 2022) атмосфералық мониторинг қызметінің деректері; OpenStreetMap contributors, 2022); HDX, 2022.

адам әрекетінен ластаушының ең жоғары концентрациясы бар. Керісінше, оңтүстікте орналасқан аудандарда табиғи факторлардың арқасында жоғары көрсеткіштерге қол жеткізіледі.

47-суретте популяция саны мен PM_{10} концентрациясы арасындағы байланысты көрсетеді. Графиктегі елді мекендер халық саны бойынша солдан оңға қарай реттелген. Олардың көпшілігі үшін PM_{10}

концентрациясы салыстырмалы екенін көруге болады. Бұрынғы ластаушы заттардан айырмашылығы, PM_{10} ластануының жоғары деңгейі Қарағанды облысының оңтүстігіндегі қалаларда да байқалуы мүмкін. Балқашта мұның ықтимал себебі «Балқашцветмет» мыс еріту зауытының қызметі, сондай-ақ басқа да табиғи көздер. Приозерск қаласында бұл ең алдымен табиғи факторларға байланысты.

ҰСЫНЫСТАР

Ауаның ластануы мен климаттың өзгеруі бір-бірімен тығыз байланысты. Бұл құбылыстардың екеуі де адам денсаулығына, экожүйелерге және экономикалық тұрақтылыққа айтарлықтай қауіп төндіреді. Олардың әсері бүкіл әлемде сезілуде, бірақ ресурстарға бай Қазақстан сияқты елдерде ерекше байқалады. Жағдайдың күрделілігін түсіне отырып, Қазақстан 2021 жылы Экологиялық кодексті жаңартты. Бұл түзетулер елдің ең жақсы қолжетімді технологияларды (ЖҚТ) енгізу арқылы ауаның ластану деңгейін төмендету міндеттемесін растайды және 2060 жылға қарай көміртегі бейтараптығына қол жеткізу жолын енгізеді. Сонымен қатар, ауаның ластануын төмендету БҰҰ-ның тұрақты даму мақсаттарына, сондай-ақ климаттың өзгеруі бойынша Париж келісімінің мақсаттарына қол жеткізуге тікелей ықпал етеді.

Дегенмен, Қазақстандағы пайдалы қазбалардың үлкен қоры экономиканың тау-кен өндіру, өңдеу және ауыр өнеркәсіп салаларының дамуына тәуелділігін тарихи түрде анықтады. Бұл салалар елдің экономикалық өсуінде маңызды рөл атқарады, бірақ сонымен бірге ауаның сапасын жақсартуға және климаттың өзгеруін азайтуға байланысты мәселелерді күшейтеді. Ел осы екі жақтылықты еңсерген сайын, өсу драйверлері мен қоршаған ортаны қорғау міндеттемелері арасындағы қарым-қатынас маңызды болады. Төмендегі бөлімдерде осы қиындықтарды теңестіру үшін ұсынылған стратегиялар талқыланады.

Ауа сапасының мониторингін және деректер жинауды күшейту

Қазақстанның ұлттық гидрометеорологиялық қызметі (Қазгидромет) ауа сапасы мониторингінің Ұлттық желісін иеленуге және пайдалануға жауапты. Өлшеу станцияларының шектеулі санын ескере отырып, қалалық, өнеркәсіптік және ауылдық елді мекендерде, оның ішінде осы зерттеуде аталған негізгі ластану көздеріне жақын жерлерде стратегиялық маңызды станцияларды құру арқылы **мониторинг инфрақұрылымын кеңейту қажет.**

Бұл станциялар ластанушы заттардың кең ауқымын дәл өлшеуге қабілетті жоғары сапалы аспаптармен жабдықталуы керек. Деректердің сенімділігін қамтамасыз ету үшін тұрақты техникалық қызмет көрсету, калибрлеу және сапаны бақылау процедуралары өте маңызды. Сондай-ақ стандартталған өлшеу процедуралары мен сапаны бақылаудың қатаң хаттамаларын қолдану арқылы деректердің сапасы мен сенімділігін арттыру қажет. ЕО елдерінің тәжірибесіне сүйенсек, ұлттық деңгейде **бір орган басқаратын, деректердің сенімділігін де бақылайтын бірыңғай жүйені құру** ең жақсы нұсқа болып көрінеді. Бұл жүйе де сыртқы және саяси әсерлерден тәуелсіз болуы керек.

AirKaz.org сияқты азаматтарды бақылау желілерінің күшін пайдалану мәселеге қосымша түсінік бере алады. Өртүрлі құралдар мен қосымшалар арқылы ауаның ластануы туралы деректерді жинауға жұртшылықты тарту өртүрлі аумақтардағы ауа сапасы туралы жақсырақ түсінуге мүмкіндік беретін көбірек ақпарат жинауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, есеп беру қолжетімді және пайдаланушыға ыңғайлы болуы керек, ал нақты уақыттағы деректер онлайн порталдар мен мобильді платформалар арқылы ұсынылуы қажет.

Спутниктік мониторингті және Copernicus атмосфералық мониторинг қызметі сияқты қызметтерден алынған

деректерді жүйелі түрде пайдалану ластануды бөлудегі, оның ішінде трансшекаралық лаптаушы заттардың мәселесін қоса алғанда, жалпы прогресс пен кеңістіктік және уақыттық өзгерістердің кеңірек бейнесін бере алады.

Көмірді пайдалануды азайту және жаңартылатын энергия көздерін енгізу

Негізгі іс-шаралар қазбалы отын негізінде жаңа электр станцияларының құрылысын болдырмауға, қазбалы отынның үлесін кезең-кезеңмен азайтуға және жаңартылатын көздер есебінен энергия өндіруді әртараптандыруға бағытталуы тиіс.

ЕО және АҚШ-тағы көмірге көшу аймақтарының мысалдарына сүйене отырып, көмір өнеркәсібіне тәуелді **кәсіпорындармен және халықпен көмірді тоқтатудың кешенді жоспарын мүмкіндігінше тезірек әзірлеуді бастау маңызды**. Бұл жоспар елдің климаттық мақсаттарына және таза энергия көздеріне көшуге сәйкес келуі керек. Көмір зауытының операторларымен, көмір компанияларымен және тиісті мүдделі тараптармен ынтымақтастық әділ, әділ және тегіс өтуді қамтамасыз ету үшін маңызды (World Bank, 2022).

Көмірмен жұмыс істейтін зауыттар үшін олардың **қызмет ету мерзімін және баламалы энергия көздерінің болуын ескере отырып**, пайдаланудан шығарудың кезең-кезеңімен тәсілін қабылдауға болады. Көмір зауыттары мен шахталарын пайдаланудан шығаруды жоспарлау көмір өндіру өнеркәсібіне әсер ететіндігін, соның ішінде халықтың жұмыс орындарын жоғалтатындығын және оларға балама өмір сүру құралдарын құру қажеттілігін ескеруі керек. Көмірден сәтті көшуді бастау үшін жергілікті экономиканы қайта даярлау және әртараптандыру бастамалары сияқты қолдау бағдарламаларын жүзеге асыру қажет.

Қазақстанның мұнай мен газ өндіруге жоғары тәуелділігін ескере отырып, осы

секторды барынша декарбонизациялауға назар аудару өте маңызды. **Жағуды және ауаға шығарындыларды барынша азайтуға**, сондай-ақ мұнай-газ өнімдерімен жұмыс әрі тасымалдау кезінде кездейсоқ ағып кетуді болдырмауға барынша **күш салу керек**. Табиғи газ қорын отын ретінде жаңартылатын энергия көздеріне өтпелі кезеңде пайдаланған дұрыс. Ел жаңартылатын энергияны өндіруде ауытқуларды теңестіру үшін газды пайдалану мүмкіндігін зерттей алады, әсіресе, күн мен жел энергиясының әлеуеті жоғары аудандарда, мысалы, шөлді аймақтарда.

Күн және жел электр станцияларының құрылысына, сондай-ақ энергияны тасымалдау және сақтау инфрақұрылымын жақсартуға жұмсалатын инвестициялар жаңартылатын энергия көздерін энергия жүйесіне жылдам интеграциялауға ықпал ете алады. Бизнесің жаңартылатын энергия көздеріне қызығушылығын тарту үшін тиісті қолдау шараларын әзірлеу, жаңартылатын энергия көздері жобаларын іске асыруға жеке секторды тарту үшін қосымша тарифтер мен инвестициялық ынталандыруларды енгізу ұсынылады.

Жасыл және декарбонизацияланған инфрақұрылымды қолдау үшін тиімді орталықтандырылған жылыту мен салқындатуға ерекше назар аудару керек. Энергия тиімділігі тұрғысынан тұрғын үйлерді, коммерциялық және қоғамдық ғимараттарды жаңарту мен абаттандыруға кезек күттірмейтін қажеттілік бар. Қазақстандағы тұрғын үйлердің шамамен 55% жеке жылу жүйелерімен жылытылады, оның 55% көмір, 35% газ және 10% басқа отын түрлері. Шағын қалаларда орталықтандырылған жылыту инфрақұрылымы жоқ, бұл жеке жылу жүйелерінің таралуын одан әрі ынталандырады. Сонымен қатар, тұрғын үйлердің айтарлықтай бөлігінде, әсіресе панельдік ғимараттарда тиісті жылу оқшаулау және энергияны үнемдеу шаралары жоқ. Жылыту жүйелерін

модернизациялау, жылу оқшаулауды күшейту және энергияны үнемдейтін технологияларды ілгерілету энергия тұтынуды азайтуға және үй ішіндегі ауаның сапасын жақсартуға көмектеседі.

Бұдан басқа, көмірмен және басқа да қазылып алынатын отын түрлерімен жұмыс істейтін жеке жылу жүйелеріне көбірек тәуелділікке әкелетін орталықтандырылған жылумен жабдықтау инфрақұрылымы жеткіліксіз немесе жоқ шағын қалалар мен елді мекендерге назар аудару керек. **Орталықтандырылған жылу жүйелерін** немесе таза энергияның баламалы түрлерін енгізу бұл мәселені шешуге және энергия тиімділігін кең ауқымда арттыруға көмектеседі. Үкімет аймақтық билікпен бірлесе отырып, жеке үйлердің жылу оқшаулау және жылу жүйелерін жақсарту үшін субсидиялау бағдарламаларын құруды қарастыруы керек. Қоршаған ортаны ластағаны үшін төлемдерден алынған қаражат осы мақсаттарға пайдаланылуы қажет.

Нормативтік құқықтық база, экологиялық жауапкершілік және жергілікті эмиссиялардың түгендеулері

Соңғы жылдары Қазақстан неғұрлым қолайлы және бірыңғай экологиялық саясат жүргізу, Климаттық саясат бойынша халықаралық келісімдерді қабылдау және бейімдеу бойынша күш-жігерді жандандырды (мысалы, жасыл экономикаға көшу тұжырымдамасы, «Қазақстан 2050» Стратегиясы немесе «Қазақстан Республикасының 2060 жылға дейінгі көміртегі бейтараптығына қол жеткізу стратегиясы»), ведомствоаралық өзара іс-қимыл реформалануда, Экологиялық кодекс жаңартылды. Климат саясаты бойынша халықаралық резолюция қабылданды (мысалы, «Жасыл экономикаға көшу тұжырымдамасы»), «Қазақстан

2050» Стратегиясы немесе «Көміртексіз Қазақстан 2060»), ұйымаралық өзара іс-қимыл орнатылды, Экологиялық кодекс жаңартылды.

Тиісті заңнаманың болуына қарамастан, **оның орындалуы мен орындалуы тиімсіз күйінде қалып отыр, әртүрлі мемлекеттік органдар мен ұйымдар, соның ішінде министрліктер арасында тиісті өзара іс-қимыл жоқ, бұл құқықтық актілердің іс жүзінде орындалуына кедергі келтіреді.** Шекті жол берілетін шығарындыларды (ШЖШ) белгілеу үшін қолданылатын әдістер қоршаған орта сапасы нормативтерінің кемшіліктерімен және осы нормалардың сақталуын тиімді бақылау мен қамтамасыз етудің болмауымен байланысты (Ассанов, 2021).

Сондықтан ауа сапасының ұсынылған стандарттары мен ережелерін тиімді сақтау үшін қоршаған ортаны қорғауға жауапты реттеушілердің әлеуетін күшейту қажет. Бұл қаржыландыруды, кадрларды іріктеуді, оқытуды және техникалық жабдықтауды қоса алғанда, тиісті ресурстарды бөлуді талап етеді. Сондай-ақ заңнамалық нормалардың сақталуын қамтамасыз етуге, жосықсыз лоббистік және сыбайлас жемқорлық қызметіне қарсы іс-қимылға ерекше назар аудару қажет. Қоршаған ортаны қорғау ережелерінің сақталуын қамтамасыз ету үшін өнеркәсіптік кәсіпорындарды, электр станцияларын және басқа ластау көздерін жүйелі түрде тексерулер мен ревизиялар жүргізілуі керек. **Ауа сапасының стандарттары мен ережелерін сақтамағаны үшін қатаң, бірақ пропорционалды жазалар сәйкессіздіктің салдары туралы өнеркәсіппен жұртшылықтың хабардарлығын арттыруы керек.**

Челябі, Магнитогорск немесе Ташкент сияқты қалалардың трансшекаралық шығарындылары мәселесін шешу үшін Қазақстан **Ресеймен және Өзбекстанмен екіжақты келісімдер жасасу мүмкіндігін қарастыруы керек.** Бұл келісімдер шығарындыларды қысқарту бойынша мақсатты көрсеткіштерді белгілеуге,

өнеркәсіптік қызмет туралы ақпаратпен алмасуға және бірлескен мониторинг пен орындау тетіктерін енгізуге бағытталуы керек. Сонымен қатар, Қазақстан, әсіресе, ластаушы заттарды трансшекаралық тасымалдауға бейім өңірлердегі атмосфералық ауа сапасын бақылаудың жеке жүйелерін жетілдіруі керек.

Жергілікті билік эмиссиялық түгендеулерді ауаны ластаудың маңызды көздерін анықтау құралы ретінде пайдалана алады және осы мәселені шешуге өз әрекеттерін бағыттай алады. Ауаны ластаудың жергілікті көздерін жан-жақты түсіну және сандық бағалау мүдделі тараптарға шығарындыларды азайту үшін жылдам және үнемді шараларды қажет ететін негізгі секторларды анықтауға мүмкіндік береді. Бұл, әсіресе, шығарындыларды түгендеу мақсатты іс-шараларды жоспарлаудан бұрын болуы керек өнеркәсіп орталықтары мен қалалық аудандар үшін өте маңызды. Ауа сапасын ұзақ мерзімді жақсартуға қол жеткізудің тиімді құралы инвентаризацияның өзекті деректеріне негізделген қалалық және облыстық деңгейлерде **ауа тазалығын қамтамасыз ету жоспарларын әзірлеу** болып табылады. Бұл жоспарлар алдағы 5 жылда жүзеге асырылатын нақты шаралар мен стратегияларды қамтуы тиіс.

PM₁₀ ластануы табиғи факторлардың, соның ішінде өсімдіктер жамылғысы шектеулі кең аумақтарды қоса алғанда, бөлшектерді оңай тасымалдауға мүмкіндік беретін, көбінесе шанды дауылдар түріндегі Қазақстандағы тұрақты мәселе болып қала береді. Дегенмен, Қазақстан басқа аймақтардағы **климаттың өзгеруімен және шөлейттенумен күрес жөніндегі бастамаларға назар аудара отырып**, бұл мәселемен күресуге жанама үлес қоса алады.

Өнеркәсіпте энергия тиімділігін арттыру және шығарындыларды шектеу шаралары

Ауа сапасы мен адам денсаулығына Қазақстандағы ауыр өнеркәсіп пен энергетика ең көп әсер етеді. **Мәселе ауыр өнеркәсіптердің немесе электр станцияларының көбінесе қалаларға жақын немесе тіпті олардың ішінде орналасуына байланысты туындайды. Бұл жоғары тиімді сүзгілерді орнатудың және қатаң стандарттарға сәйкес келудің маңыздылығын көрсетеді.**

Дүниежүзілік банк ұсынған саясатқа (Дүниежүзілік банк, 2022 ж.) негізделген қуатты энергия тиімділігін арттыру ережелері мен міндеттемелермен қамтамасыз етілген **қаржы құралдарын енгізу** ғимараттарды жөндеу, өнеркәсіптік процестер және көлік сияқты негізгі секторлардағы энергияны тұтынуды және онымен байланысты шығарындыларды айтарлықтай төмендетуі мүмкін. Бұл энергияны үнемдейтін жабдықты ілгерілетуді, ғимараттарды жаңартуды және ауаның ластануын азайтуға көмектесетін ақылды көлік шешімдерін енгізуді қамтуы керек.

Салықтық жеңілдіктер, субсидиялар және жеңілдетілген әкімшілік процестер сияқты ынталандыру арқылы тартымды инвестициялық орта құру энергия тиімділігіне жеке инвестицияларды тартуға көмектеседі. Өнеркәсіпті кез келген қаржылық қолдау мен ынталандыру **ең жақсы қолжетімді технологияларды (ВАТ) пайдаланумен және төмен көміртекті процестерге көшумен байланысты болуы керек.** Бұл қызметті ынталандыру үшін өнеркәсіптік шығарындыларды азайтуға және экологиялық таза технологияларды енгізуді қолдауға бағытталған жасыл қаржыландыру бағдарламаларын құру ұсынылады.

ISO 50001 сияқты **энергияны басқару жүйелерін** енгізуді ынталандыру

өнеркәсіптік компанияларға энергияны тұтынуды бақылауға және оңтайландыруға көмектеседі. Энергияны басқарудың тиімді тәжірибесін енгізу компанияларға энергияны үнемдеу мүмкіндіктерін анықтауға, энергияны азайту мақсаттарын белгілеуге және энергия көрсеткіштерін үнемі жақсартуға мүмкіндік береді.

Салалық шығарындыларды азайтудың жол карталары неғұрлым тұрақты өндіріске көшудің негізгі қадамдарын, кезеңдерін және мақсаттарын анықтауы керек. ЭЫДҰ немесе Дүниежүзілік банк сияқты халықаралық ұйымдардың тиісті қолдауы мен технологиялар трансферті осы жол карталарын әзірлеуде және прогресті бақылауда нұсқаулық пен техникалық қолдау көрсете алады. Өнеркәсіптік шығарындыларды азайту үшін инновациялық шешімдерді әзірлеуге арналған ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық бастамаларды қолдау халықаралық бәсекелестікті арттырады және бизнестің жаңа мүмкіндіктерін береді.

Осыған байланысты Қазақстан 2020 жылы Қазақстанда күшіне енген Орхус конвенциясына ЛШТТ хаттамасында баяндалған стандарттарға сәйкес келетін **ластанулар шығарындылары мен тасымалдарының қолданыстағы тізілімін** (ЛШТТ) құруы тиіс. Негізгі ластаушылардың тұрақты есептері тексеріліп, Интернетте жұртшылыққа қолжетімді болуы керек. Бұл нәтижелер әртүрлі деңгейлердегі мемлекеттік жүйелерге әсер етуі керек: мемлекеттік экологиялық қауіпсіздік стандарттары, ластаушы заттардың шығарындыларына заңды рұқсаттарды беру рәсімдері және мемлекеттік реттеу саясаты.

Тұрақты мониторинг ластанудың рұқсат етілген шекті мәндерінің бұзылғанын көрсететін аудандарда берумен қатар неғұрлым қатаң шектеулер, **ластаушы заттар шығарындыларына квоталар** енгізу қажет. Бұл алдын ала белгіленген шектеулер қолданыстағы шығарындыларды есепке алып қана қоймай, сонымен қатар

шығарындылардың жаңа көздерінің пайда болуын белсенді түрде тежеуге тиіс.

Халықтың хабардар болуы және қатысуы

Қазақстандағы ауа сапасы туралы халықтың хабардарлығы жалпы алғанда төмен. Халықтың ақпаратқа қолжетімділігін қамтамасыз ету өте маңызды, оның ішінде ауа сапасының мониторингі туралы мемлекеттік деректер, түгін туралы уақтылы ескертулер және негізгі ластаушы көздердің жұмысы туралы егжей-тегжейлі ақпарат. **Үкімет үшін** аумақтық жоспарлау, муниципалды және облыстық деңгейде таза ауа жоспарларын бекіту, сондай-ақ қоршаған ортаға әсерді бағалау жөніндегі іс-шараларды жүргізу және өнеркәсіптік кәсіпорындарды лицензиялау рәсімдері сияқты шешімдер қабылдау **процестеріне қоғамды белсенді тарту маңызды**. Жұртшылықтың қатысуы тек оң әсер етіп қана қоймайды, сонымен қатар ластануды азайту бойынша жоспарланған шараларға қоғамның, саяси ұйымдардың немесе коммерциялық мүдделердің ықтимал қарсылығын жеңуге көмектеседі. Қоршаған ортаның ластануы үшін төлемдерден түсетін кірістер немесе парниктік газдар шығарындыларына квоталар саудасының схемалары сияқты мемлекеттік экологиялық қаржыны пайдалану мониторингіне жұртшылықтың қатысуына одан әрі баса назар аударылуы керек.

Қазақстанда көбіне отын тиімділігі төмен ескі үлгілерден тұратын жолаушылар көліктеріне айтарлықтай тәуелділік бар. Бұл ауаның ластануына ықпал етеді, әсіресе NO₂ және SO₂ жоғары концентрациясы байқалған Алматы, Астана, Шымкент және Павлодар сияқты қалаларда. Сонымен қатар, көмірді, газды, биомассаны және мұнайды қоса алғанда, қатты ластаушы жылыту әдістері кеңінен қолданылады. Бұл

тәжірибе ауаның сапасына айтарлықтай әсер етіп, елді мекендер мен қала орталықтарының ластануына ықпал етеді.

Бұл мәселелерді халықты хабардар ету науқандары және жасыл көлік нұсқаларының маңыздылығы, жеке үй шаруашылығындағы таза жылыту әдістері, энергияны үнемдеуге жәрдемдесу және биомассаның жануын болдырмау арқылы шешу өте маңызды. Бұл бастамаларды қолдауда мемлекеттік бастамалар мен ынталандырулар маңызды рөл атқара алады.

Сонымен қатар, билік пен жұртшылықты ауаның төтенше ластануы туралы хабардар ету үшін **ерте ескерту жүйесін құру** уақтылы алдын алу шараларын қабылдау және ауа сапасы мен адам денсаулығына теріс әсерді азайту үшін пайдалы болады. Қоғамның шешім қабылдау процестеріне қатысуын ынталандыру және мүдделі тараптарды ауаның ластануын бақылау шараларын әзірлеуге және іске асыруға тарту үшін пайдаланушыға ыңғайлы платформалар мен қоршаған орта деректеріне қол жеткізу және түсіну үшін құралдар маңызды болып табылады.

Қарағанды облысы бойынша арнайы ұсыныстар

Қарағанды облысында ауаның сапасын жақсарту үшін **өңірдегі көмір өнеркәсібіне** басымдық берілуі керек. Атап айтқанда, көмірмен жұмыс істейтін электр станцияларын ластануды бақылаудың озық технологияларын енгізуге және шығарындылардың қатаң стандарттарын орындауға ынталандыруға назар аудару керек. Мысалы, көмір электр станцияларын түтін газдарын күкірт қосылыстарынан, бөлшектерден және басқа да зиянды заттардан тазартудың заманауи жүйелеріне инвестициялауға ынталандыру. Электростатикалық шаң жинағыштар немесе мата (қап) сүзгілері атмосфераға шығарылғанға дейін ластаушы заттарды тиімді ұстап, алып тастай алады, олардың ауа сапасына әсерін жұмсартады.

Сондай-ақ, шаң **шығарындыларын азайту шараларын қолдану** арқылы көмір өндірушілерінің шығарындылары мәселесін шешу өте маңызды. Бұл шаңды басуды жақсартатын технологияларды, жабық конвейерлік жүйелерді пайдалануды және қатаң бақылау мен орындау механизмдерін құруды қамтуы мүмкін. Шаң деңгейін тұрақты бақылау және тексерулер жақсартуды қажет ететін аймақтарды анықтауға және түзету шараларының тез арада қабылдануын қамтамасыз етуге көмектеседі. Сонымен қатар, қазір сапасы белгісіз суррогаттармен толып жатқан бөлшек сауда нарығында сатылатын көмірдің сапасы стандартын бақылау жүйесі құрылуы керек.

Металлургия өнеркәсібі де ерекше назар аударуды қажет етеді, әсіресе болат, ферроқорытпа және мыс балқыту зауыттары. Дәстүрлі домна пештерінің орнына электр доғалы пештер сияқты таза өндіріс технологияларын енгізуді ынталандыру қатты бөлшектер, күкірт диоксиді және азот оксидтері сияқты ластаушы заттардың шығарындыларын айтарлықтай азайтады.

Осы шаралармен қатар **аймақтағы жалпы экологиялық мониторингті жақсарту** маңызды. Ауа сапасының мониторингі желісін жоғары сапалы құралдармен жабдыкталған стратегиялық орналасқан станциялармен кеңейту ластаушы заттардың деңгейі туралы нақты уақыт режимінде нақты деректерді қамтамасыз ете алады. Содан кейін бұл деректер ластануды азайту шараларының тиімділігін бағалау және одан әрі назар аудару қажет аймақтарды анықтау үшін пайдалануға болады.

Жалпы нұсқаулық бөлімінде егжей-тегжейлі айтылғандай, жергілікті өзін-өзі басқару органдары аумақтық жоспарлау, жергілікті таза ауа жоспарларын бекіту, қоршаған ортаға әсерді бағалау және өнеркәсіптік қызметке рұқсат беру сияқты **шешімдерге азаматтарды тартуы** керек. Жалпы жұртшылықтың қатысуы шешім қабылдау үдерісінің ашықтығын қамтамасыз етеді, қанағаттанбаушылықты азайтады және қаражаттың жұмсалуды бақылауға мүмкіндік береді.



Ауыр өнеркәсіптегі заманауи стандарттарға сай келмейтін ескірген технологиялар ауаның шамадан тыс ластануының негізгі себептерінің бірі болып табылады. АрселорМиттал Теміртау. (Сурет: Ондрей Петрлик / Арника)

ДЕРЕККӨЗДЕР

- Arnika (2022): Temirtau: town where colored snow falls. Retrieved from <https://www.arnika.org/en/hotspots/kazakhstan/polluted-air-in-temirtau>
- Askarov, D. M., Amrin, M. K., Izenkova, A. K., Beisenbinova, Z. B., & Dosmukhametov, A. T. (2023): Health Status and Quality of Life in the Population near Zhezkazgan Copper Smelter, Kazakhstan. *Journal of Environmental and Public Health*, 2023. Retrieved from <https://doi.org/10.1155/2023/8477964>
- Assanov, D., Zapasnyi, V., & Kerimray, A. (2021): Air Quality and Industrial Emissions in the Cities of Kazakhstan. *Atmosphere*, 12(3), Article 3. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/atmos12030314>
- Baimatova, N., Omarova, A., Muratuly, A., Tursumbayeva, M., Ibragimova, O. P., Bukenov, B., & Kerimray, A. (2022). Seasonal Variations and Effect of COVID-19 Lockdown Restrictions on the Air Quality in the Cities of Kazakhstan. *Environmental Processes*, 9(3). Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s40710-022-00603-w>
- CAMS (2022): CAMS global atmospheric composition forecasts. Copernicus Atmosphere Monitoring Service. Retrieved from <https://ads.atmosphere.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/cams-global-atmospheric-composition-forecasts>
- Carbon Limits (2016): Methane abatement potential from oil and gas systems in Kazakhstan. Carbon Limits AS. 20 p. Retrieved from https://www.carbonlimits.no/wp-content/uploads/2016/04/CarbonLimits_Methane_Kazakhstan.pdf
- Copernicus (2021): Atmospheric CO₂ and CH₄ concentrations. Copernicus Climate Change Service. Retrieved from: <https://climate.copernicus.eu/climate-indicators/greenhouse-gas-concentrations>
- Copernicus (2021): Greenhouse gases. Copernicus Climate Change Service. Retrieved from <https://climate.copernicus.eu/climate-indicators/greenhouse-gases>
- EEA (2022): Sources and emissions of air pollutants in Europe. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2022/sources-and-emissions-of-air>
- Ellis, D. (2022): Methane emissions from Kazakhstan mine ‘equal to 2.6m cars’. *Mining Digital Magazine*. Retrieved from <https://miningdigital.com/sustainability/methane-emissions-from-kazakhstan-mine-equal-to-2-6m-cars>
- EPA (2006): Technical Report on Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials from Uranium Mining. Volume 1. Retrieved from <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-05/documents/402-r-08-005-v1.pdf>
- ESA (2018-2022): Sentinel-5P imagery from 2018-2022 [dataset]. Retrieved from <https://scihub.copernicus.eu/>
- European Commission (2000): Global Land Cover 2000 Product [dataset]. IFORCE. Retrieved from <https://forobs.jrc.ec.europa.eu/products/glc2000/products.php>

- FAO (2021): Country Pasture/Forage Resource Profiles: Kazakhstan. Retrieved from <https://www.fao.org/countryprofiles/index/en/?iso3=KAZ>
- Flanders Investment & Trade. (2022): Corona virus – The situation in Kazakhstan. Retrieved from <https://www.flandersinvestmentandtrade.com/export/nieuws/corona-virus-situation-kazakhstan>.
- GFDRR (2023): Wildfires – Kazakhstan. ThinkHazard. Retrieved from <https://thinkhazard.org/en/report/132-kazakhstan/WF>
- Gilmour P. S., Morrison E. R., Vickers M. A., Ford I., Ludlam C. A., Greaves M., Donaldson K., & MacNee W. (2005): The procoagulant potential of environmental particles (PM10). *Occupational and environmental medicine*, 62(3), 164–171. Retrieved from <https://doi.org/10.1136/oem.2004.014951>
- Global Energy Monitor (2022): GEM data on coal, oil and mining sites [datasets]. Retrieved from <https://globalenergymonitor.org>
- HDX (2022a): Kazakhstan – Subnational Administrative Boundaries [dataset]. Retrieved from <https://data.humdata.org/dataset/cod-ab-kaz>
- IEA (2021): Methane Tracker 2021. IEA. Paris. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/methane-tracker-2021>
- IEA (2022): Environmental Code of the Republic of Kazakhstan, №400-VI (as amended). Retrieved from <https://www.iea.org/policies/12917-environmental-code-of-the-republic-of-kazakhstan-400-vi-as-amended>
- IPCC (2021): Chapter 6 – Short-lived Climate Forcers. In IPCC (2021): *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge and New York, p. 2391. Retrieved from <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- IQAir (2021): World’s Most Polluted Countries in 2021 – PM2.5 Ranking. Retrieved from <https://www.iqair.com/in-en/world-most-polluted-countries>
- Irving, W. and Tailakov, O. (2000): CH₄ emissions: Coal mining and handling. In IPCC (2000): *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*, p. 129-144. Institute for Global Environmental Strategies, Japan. Retrieved from https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/bgp/2_7_Coal_Mining_Handling.pdf
- Issanova, G., & Abuduwaili, J. (2017): Dust Storms in Central Asia and Kazakhstan: Regional Division, Frequency and Seasonal Distribution. In G. Issanova & J. Abuduwaili (Eds.), *Aeolian Processes as Dust Storms in the Deserts of Central Asia and Kazakhstan* (pp. 87–109). Springer. Retrieved from https://doi.org/10.1007/978-981-10-3190-8_5

- Issanova, G., Kaldybayev, A., Ge, Y., Abuduwaili, J., & Ma, L. (2023): Spatial and Temporal Characteristics of Dust Storms and Aeolian Processes in the Southern Balkash Deserts in Kazakhstan, Central Asia. *Land*, 12(3), Article 3. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/land12030668>
- Javadinejad, S., Eslamian, S., & Ostad-Ali-Askari, K. (2019): Investigation of monthly and seasonal changes of methane gas with respect to climate change using satellite data. *Applied Water Science*, 9(8), 180. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s13201-019-1067-9>
- Kazakhstan Meteorological Agency (2023): Climate of Kazakhstan. Retrieved from <https://www.kazhydromet.kz/klimat/klimat-kazahstana-1> (accessed March 9, 2023)
- Kerimray, A. (2020): Air quality in the cities of Kazakhstan. Health effects of air pollution. Center of Physical-chemical Methods of Research and Analysis, Al-Farabi Kazakh National University. Retrieved from https://unece.org/sites/default/files/2021-01/11_KAZ_Air_Quality_Kerimray_Eng_UNECE_UNEP_1.pdf
- Künzli, N., Jerrett, M., Mack, W. J., Beckerman, B., LaBree, L., Gilliland, F., Thomas, D., Peters, J., & Hodis, H. N. (2005): Ambient air pollution and atherosclerosis in Los Angeles. *Environmental Health Perspectives*, 113(2), 201–206. Retrieved from <https://doi.org/10.1289/ehp.7523>
- Lan, X., K.W. Thoning, & Dlugokencky, E.J. (2023): Trends in globally-averaged CH₄, N₂O, and SF₆ determined from NOAA Global Monitoring Laboratory measurements. Version 2023-03. Retrieved from <https://doi.org/10.15138/P8XG-AA10>
- Lauvaux, T., Giron, C., Mazzolini, M., d'Aspremont, A., Duren, R., Cusworth, D., Shindell, D., & Ciais, P. (2022): Global assessment of oil and gas methane ultra-emitters. *Science* 375, 557–561(2022). Retrieved from <https://doi.org/10.1126/science.abj4351>
- Mackiewicz-Walec, E., Krzebietke, S., Lenart, L., Rogalski, L., & Smoczyński, L. (2014): Changes in sulphur dioxide concentrations in the atmospheric air assessed during short-term measurements in the vicinity of Olsztyn, Poland. *Journal of Elementology*, 3/2014. Retrieved from <https://doi.org/10.5601/jelem.2014.19.2.634>
- Metalloinvest (2020): Mikhailovsky GOK. Retrieved from <https://www.metalloinvest.com/en/business/mining-segment/mgok/>
- NASA (2005): Fires in Kazakhstan. NASA image created by Jesse Allen, Earth Observatory, using data obtained from the MODIS Rapid Response team. Retrieved from <https://earthobservatory.nasa.gov/images/15035/fires-in-kazakhstan>
- Natural Earth (2022): 1:10m Cultural Vectors [dataset]. <https://www.naturalearthdata.com/downloads/10m-cultural-vectors/>
- Otero, N., Rust, H. W., & Butler, T. (2021): Temperature dependence of tropospheric ozone under NO_x reductions over Germany. *Atmospheric Environment*, 253, 118334. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118334>

- Roschanka, V., Evans, M., Ruiz, F., & Kholod, N. (2017): A strategic approach to selecting policy mechanisms for addressing coal mine methane emissions: A case study on Kazakhstan. *Environmental Science and Policy* 78 (2017), p. 185-192. Retrieved from <https://www.epa.gov/sites/default/files/2017-11/documents/cmm-emissions-case-study-kazakhstan.pdf>
- Sinergise (2023): Sentinel-5P L2. SentinelHub. Retrieved from <https://docs.sentinel-hub.com/api/latest/data/sentinel-5p-l2/> (accessed March 9, 2023)
- The Astana Times (2021): Turkistan to Become Center of International Tourism and Pilgrimage. The Astana Times. Retrieved from <https://astanatimes.com/2021/04/turkistan-to-become-center-of-international-tourism-and-pilgrimage/>
- WHO (2000): Chapter 7.1: Nitrogen dioxide. In: WHO (2000): Air quality guidelines for Europe (2nd ed.). World Health Organization, Regional Office for Europe. Retrieved from https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0017/123083/AQG2ndEd_7_1nitrogendioxide.pdf?ua=1
- WHO (2005): Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide. Retrieved from <https://apps.who.int/iris/handle/10665/107823>
- WHO (2013): Health effects of particulate matter. WHO Regional Office for Europe. Copenhagen, p. 20. Retrieved from https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf
- WHO (2021): WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Retrieved from <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>
- WHO (2023): Ambient (outdoor) air pollution. Retrieved from [https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- World Bank (2021): Kazakhstan – Overview for 2021. Retrieved from www.worldbank.org/en/country/kazakhstan/overview
- World Bank (2023): Kazakhstan Discusses Actions to Reduce Air Pollution with Partners. Retrieved from <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2023/04/25/kazakhstan-discusses-actions-to-reduce-air-pollution-with-partners>
- Xu, W., Wen, Z., Shang, B., Dore, A. J., Tang, A., Xia, X., Zheng, A., Han, M., Zhang, L., Zhao, Y., Zhang, G., Feng, Z., Liu, X., & Zhang, F. (2020): Precipitation chemistry and atmospheric nitrogen deposition at a rural site in Beijing, China. *Atmospheric Environment*, 223, 117253. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.117253>



<https://arnika.org>

Арника қоршаған ортаны жақсартуға ниетті адамдардың бастарын біріктіреді. Табиғат байлығы тек бізге берілген сый ғана емес, болашақ үшін оны сақтауға міндеттіміз деп есептейміз. Арника 2001 жылы құрылғанынан бері Чехиядағы ең маңызды экологиялық ұйымдардың біріне айналды. Біз өз жұмысымызда жұртшылықтың назарын бұруға, дәлелдермен негізделген шешімдерге және коммуникацияға сүйенеміз. Біз қалай Чехияда, солай шетелдерде де қоғамдық науқандар жүргіземіз. Арника табиғатты қорғау, улы заттар және қалдықтар, сонымен қатар экологиялық әділдік мәселелерімен айналысады.



<https://ecomuseum.kz>

Экомұражай 1995 жылы Қарағандыда құрылды. Оның миссиясы – қоғамда демократиялық процесстерді дамытуда және өзекті экологиялық мәселелерді шешуде жұртшылықтың рөлін арттыру үшін Орталық Қазақстан аймағында экологиялық ақпарат жинау және тарату. Экомұражай іс-қызметі жұртшылықтың хабардарлығын арттыруға, тұрғындарды табиғатты қорғау іс-шараларына тартуға, экологиялық қауіпсіз технологияларды зерттеуге және енгізуге бағытталған.



WORLD FROM SPACE

<https://worldfrom.space>

World from Space – қоғамның тұрақты дамуы үшін ғарыштық технологиялардың артықшылықтарын қолданатын чехия компаниясы. Компанияның негізгі бағыттары – Жерді қашықтықтан зондтау, геокеңістіктік талдау және үлкен деректермен, әсіресе қалалық, экологиялық және ауылшаруашылық салаларындағы деректермен жұмыс істеу. Біз деректердің озық талдауын және Copernicus қызметінің спутниктік суреттері мен деректерін пайдалана отырып машиналық оқытуды қолданамыз. Біздің флагмандық өніміміз DynaCrop API агросектордағы бағдарламалық қамтылуында ауылшаруашылық дақылдардың жаһандық бақылануын қамтамасыз етеді. Өз пікірлеріңізбен бөлісіңіз және біздің сайтқа кіріңіз!



Балқаш көлі және осы аудандағы ауаның ластануының негізгі көзі болып табылатын “Қазақмыс” мыс балқыту зауыты (Сурет: Оңдрей Петрлик/Arnika)



“АрселорМитал Теміртау” – еліміздегі ауа ластаушы ірі көздердің бірі. Самарқанд су қоймасынан көрініс. ((Сурет: Оңдрей Петрлик/Арника)

Сіз зерттеуді жүктеп алуыңызға болады:



Қосымша ақпарат:

www.ecocitizens.kz

