

Код МРНТИ 36.23.31:87.15.15

*Ы. Жакыпбек, А. Айдарқызы, Е.Е. Бегимжанова, С.Н. Мустапаева
Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан)

ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДАУ ДЕРЕКТЕРІ НЕГІЗІНДЕ ТЕМІРТАУ ҚАЛАСЫНДАҒЫ ҚАЛДЫҚ ҮЙІНДІЛЕРІНІҢ КӨЛЕМІНІҢ ӨЗГЕРУІН ЖӘНЕ ҚОРШАҒАН ОРТАНЫҢ ЛАСТАНУЫН БАҒАЛАУ

Андатпа. Теміртау қаласының өндірістің аймағының жыл санап өсуіне байланысты металлургиялық қалдық қоймаларының артуы қоршаған ортаға кері әсер етуде. Сондықтан аумақтың қалдық үйінділердің көлемінің өзгеруі мен қоршаған ортаның ластануын бағалау өте маңызды мәселеге айналып отыр. Ал мақалада 1985–2024 жылдар аралығындағы үйіндінің көлемінің өзгеруін талдауда LANDSAT 4,5,7 және 8 спутниктерінің суреттері пайдаланып, олардың көлемінің 2-3 есе артқандығы дәлелденді. Сонымен қатар Land Cover Time деректері негізінде 1993, 2006, 2018 және 2023 жылдары топырақтың ластану дәрежесі бақыланып, оның мерзімдік салыстыру картасы қарастырылды. Сондай-ақ Қазақстан Республикасының ұлттық статистикалық деректері негізінде аурудың таралуы бойынша 2000 жыл және 2024 жылдар арасындағы салыстырмалы картасы ұсынылды.

Түйінді сөздер: Теміртау, қашықтықтан зондау, өнеркәсіп, ластану, металлургия комбинаты, үйінді.

Assessment of changes in the volume of waste dumps and environmental pollution in Temirtau based on remote sensing data

Abstract. Due to the annual expansion of the production area in Temirtau, the increase in metallurgical waste storage facilities has had a negative impact on the environment. Therefore, assessing changes in the volume of waste dumps and the environmental pollution of the surrounding area has become a critical issue. This article used images from LANDSAT satellites 4, 5, 7, and 8 to analyze changes in the size of the waste dumps from 1985 to 2024, demonstrating that their area increased by 2–3 times. Additionally, based on Land Cover time series data, the degree of soil pollution was monitored in the years 1993, 2006, 2018, and 2023, and periodic comparison maps were produced. Furthermore, using national statistical data from the Republic of Kazakhstan, a comparative map showing the prevalence of diseases between 2000 and 2024 was presented.

Key words: Temirtau, remote sensing, industry, pollution, metallurgical plant, dump.

Оценка изменения объема отвалов отходов и загрязнения окружающей среды в городе Темиртау на основе данных дистанционного зондирования

Аннотация. В связи с ежегодным ростом производственной зоны города Темиртау увеличение объемов металлургических хвостохранилищ оказывает негативное влияние на окружающую среду. Поэтому оценка изменений объема отходов и уровня загрязнения территории становится особенно актуальной. В статье, на основе анализа спутниковых изображений LANDSAT 4, 5, 7 и 8 за период с 1985 по 2024 год, было доказано, что площадь отвалов увеличилась в 2–3 раза. Кроме того, с использованием данных Land Cover Time отслеживалась степень загрязнения почвы в 1993, 2006, 2018 и 2023 годах, а также была составлена периодическая сравнительная карта. Также, на основе национальных статистических данных Республики Казахстан представлена сравнительная карта распространенности заболеваний за период с 2000 по 2024 год.

Ключевые слова: Темиртау, дистанционное зондирование, промышленность, загрязнение, металлургический комбинат, отвал.

Кіріспе

Тау-кен өндірісі экологиялық ортада ландшафттың бұзылуы, өсімдіктердің жойылуы, ауыл шаруашылығы жерлерінің топырақ құнарлығының төмендеуі, металл бөлшектерінің жерге шөгуі, жер үсті, жер асты суларының, ауаның, топырақтың ластануы мен эрозиясы және қалдықтардың көптеп жиналуы сияқты көптеген проблемаларға алып келеді [1]. Сонымен қатар экономика жылдам қарқынмен дамуы мен минералдық ресурстарға деген сұраныс артуы жергілікті тұрғындардың денсаулығына және экологиялық ортаға кері әсер етуде [2]. Сондай ақ дүние жүзіндегі 29,000–35,000 белсенді, белсенді емес және қараусыз қалған қалдық қоймаларында (ТҚК) шамамен 223 миллиард тонна (534 миллиард текше метр) қалдықтар жинақталған¹. Ал жыл сайын әлемде пайдалы қазбаларды игеру үшін 80–90 миллиард тонна бос тау жыныстар мен 8 миллиард тонна (19 миллиард м³) қалдықтар қоймаланады [3]. Баркаренадағы (Пара штаты) боксит өндіруші компания шығарған улы тау-кен қалдықтарының ағуы салдары-

нан, бірнеше елді мекендерде 2 км төмен ағынға дейінгі ауыз суда қорғасынның, алюминийдің, натрийдің және басқа да токсиндермен жоғары деңгейде ластанғандығы анықталған². Сонымен қатар 1950 жылдардан бері қолдан алтын игеруде қалдықтарының төгілуіне байланысты Тапажос өзенінің суы сынаппен ластанған және лайланған³. Ал елімізде 2020 жылы 320,2 млн тонна қауіпсіз қалдықтар, 137,8 млн тонна қауіпті қалдықтар және 0,15 млн тонна радиоактивті қалдықтар түзілген⁴. Сондықтан тау-кен аймақтарындағы экологиялық өзгерістерді жылдам анықтап, мемлекеттік органдардың шешімдер қабылдауына қамтамасыз ету мақсатында үнемі бақылау өте маңызды мәселеге айналып отыр.

1973 жылдан бастап NASA жер ресурстарының спутниктерін Аппалач тау-кен өндірісі аймақтарында жердің пайдаланылуын, өсімдіктер жамылғысының өзгеруін және судың жиналуын бақылау үшін пайдаланудан бастап қашықтықтан зондау бірте-бірте тау-кен аймақтарының экологиялық ортасын қадағалаудың маңызды құралына

¹Хвостохранилищелердің бүкіл әлем бойынша істен шығуы. World Mine Tailings Failures. URL: <https://worldminetailingsfailures.org/> (қаралған күні: 10.04.2025). Қолжетімділік режимі: ашық.

²Nathanson, M. Norsk Hydro Амазонияда улы төгіндіге қатысты айыпталып, «жасырын құбыр» барын мойындады. Mongabay, 2018. URL: <https://news.mongabay.com/2018/02/norsk-hydro-accused-of-amazon-toxic-spill-admits-clandestine-pipeline/> (қаралған күні: 10.04.2025). Қолжетімділік режимі: ашық.

³Hofmeister N.; Silva J.C.D. Өлі өзен: Бразилияда Шикрин тайпасына тиесілі Катете өзенін шахта ластап жатыр ма? The Guardian, 2018. URL: <https://www.theguardian.com/global-development/2018/may/15/brazil-xikrin-catete-river-amazon> (қаралған күні: 10.04.2025). Қолжетімділік режимі: ашық.

⁴Қазақстан Республикасындағы қоршаған ортаның жай-күйі туралы ақпараттық бюллетень. ҚР Экология және табиғи ресурстар министрлігі, 2023. URL: <https://ecogofond.kz/> (қаралған күні: 10.04.2025). Қолжетімділік режимі: ашық.

айналды. Мұнда тау-кен аймақтарының экологиялық жағдайын бақылау үшін көп уақыт пен еңбекті қажет ететін дәстүрлі әдістермен (мысалы, далалық зерттеулер) қатар қашықтықтан зондтауды қолдану тау-кен жұмыстарының басқару тиімділігін арттырып, тау-кен аумақтарын барлау мен экологиялық қалпына келтіруді бағалауды жеңілдетеді [4]. Сондықтан мақалада Теміртау қаласындағы қалдық үйінділердің көлемінің өзгеруі мен қоршаған ортаның ластануын бағалауда статистикалық және қашықтықтан зондтау деректері негізінде талдау жасалынды.

Әдістері мен материалдары

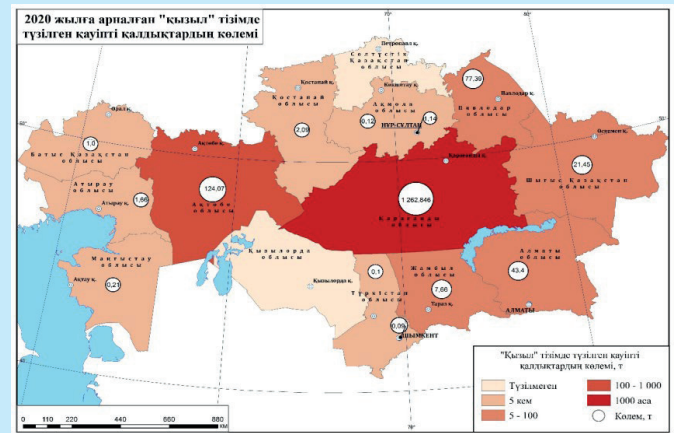
Қарағанды республиканың ең ірі өнеркәсіптік облыстарының бірі болып табылады да, техногендік ластануы жағынан өсуі жыл сайын артуда. Обылыс бойынша қоршаған ортаның ірі ластанушы көздері болып, көмір өнеркәсібі («АрселорМитталТеміртау» АҚ, «ШұбаркөлКөмір» АҚ), пайдалы қазбаларды өндіру («Қазақмыс» корпорациясы) ЖШС, «ЖәйремКБК» АҚ, «Нова-Цинк» ЖШС, «Қазхром» АҚ), жылу энергия орталығының қазандық қондырғылары («ҚарағандаЭнергоцентр» ЖШС (1-ЖЭО, 3-ЖЭО), құрылыс материалдарын өндіретін кәсіпорындар («ЦентралАзияЦемент» АҚ), жылу энергетика саласының («Қазақмыс Энерджи» ЖШС) және металлургия өнеркәсібі («Қазақмыс Смэлтинг» ЖШС, «Теміртау электр металлургиялық комбинаты» АҚ) сияқты кәсіпорындары жатқызылады. Сонымен қатар Қарағанды облысының аумағында құрамында хром бар шламдар және кокс-химия өндірісінің қалдықтары үйінділенген (қышқыл шайыр, фустар). ұяты 2 полигоны орналасқан. Аталмыш объектілердің меншік иесі «Арселор Миттал Теміртау» АҚ болып табылады.

Қазақстан Республикасында қауіпті қалдықтарды трансшекаралық тасымалдауды бақылау және оларды тасымалдау, кәдеге жарату, сақтау және көму мақсаттары үшін жоюды бақылау туралы Базель конвенциясына сәйкес қалдықтар қауіптілігінің 3 деңгейі белгіленген: жасыл – G индексі, янтарлы – A индексі және қызыл – R индексі. Мұндағы «Қызыл» тізімдегі қалдықтарға полибромдалған дифенил, асбест, қорғасын қосылған антидеградациялық қоспалардың шламдары, полихлорланған дибензодиоксинге ұқсас кез келген қосылыс және басқалар жатады. Ал «Янтарлы» тізімдегі қалдықтарға құрамында сынап, мышьяк, хром, қорғасын, мырыш, цианидтер, лак бояулары, пестицидтер, улы химикаттар, мұнай шламдары, өңделген бұрғылау шламы және басқалары бар қалдықтар жатқызылған. Сондай ақ «Жасыл» тізімдегі қалдықтарға хром, кадмий, алюминий, мыс, қорғасын, мырыш, марганец қалдықтары мен сынықтары, пластмасса, полиэтилен қалдықтары, пайдаланылған шиналар мен басқа да резеңке қалдықтар, күл мен күлшлақтар қалдықтары және басқалары топтастырылған. Аталмыш осы үш ластанушы қалдықтар бойынша Қарағанды алғашқы үштікке енген (сурет 1).

Сондықтан зерттеу объектісі ретінде Қарағанды обылысындағы өндірістік кәсіпорындар жиі орналасқан өндірістік қала Теміртауды қарастырамыз. Мұнда металлургия зауыты мен оның қалдықтарының ауаға, топыраққа, суға және халықтың денсаулығына әсерін зерттеу мақсатында,

қашықтықтан зондтау, геоақпараттық талдау және экологиялық мониторинг әдістері қолданылды.

Жел эрозиясының нәтижесінде пайда болатын шлак қалдықтарының зиянды ингредиенттері едәуір аумақтарға тасымалданады, ал жер асты суларына ағып, өзендер мен бассейндерге түседі, судың сапасын төмендетіп, оны ауыл шаруашылығында пайдалану үшін қауіпті етеді. Көмір қалдықтарынан алынған ауыр металдар мен химиялық элементтер топыраққа біртіндеп еніп, оның құнарлылығын жоғалтады. Үйінділерден улы заттардың ағып кетуі жер асты сулары мен жақын маңдағы су объектілерінің ластануына әкеледі.



Сурет 1. 2020 жылғы «қызыл» тізімдегі қауіпті қалдықтардың көлемі.

Figure 1. Volume of hazardous wastes from the «red» list in 2020.

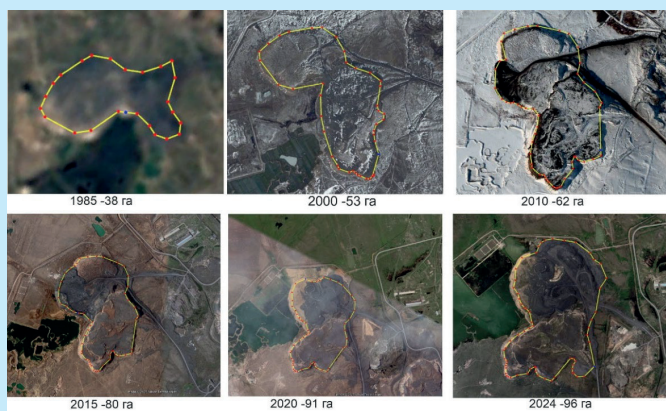
Рис. 1. Объем опасных отходов из «красного» списка за 2020 год.

Сондықтан қашықтықтан зондтау және спутниктік деректерді негізінде 1985, 2000, 2010, 2015, 2020, 2024 жылдар арасындағы көмір және темір рудасының қалдықтары үйіндісінің аумағының өзгеру және ластану деңгейін бағалау үшін Google Earth және USGS Earth Explorer сайтынан спутниктік суреттер алынып, ArcGIS бағдарламасында аудандарды есептеу мен кескіндеріне талдау жасалынып, өнеркәсіптік үйінділердің өзгеру динамикасы бақыланды.

Зерттеу нәтижелері мен талқылау

Қарағанды облысының аумағында құрамында хром бар шламдар және кокс-химия өндірісінің қалдықтары үйіндісін бақылауда қашықтықтан зондтау және спутниктік деректерді негізінде 1985, 2000, 2010, 2015, 2020, 2024 жылдар арасындағы қалдықтар үйіндісінің аумағының өзгеруін талдау (1-сурет) нәтижесінде 1985 ж. – 38 га, 2000 ж. – 53 га, 2010 ж. – 62 га, 2015 ж. – 80 га, 2020 ж. – 91 га және 2024 ж. – 96 га қалдықтар қоймаланған. Сонымен қатар спутниктік суреттерді талдау нәтижесіне сәйкес 1985–2024 жылдар аралығында үйінділерінің ауданы үш есеге жуық артқандығын көрсетті (сурет 2).

Техногендік үйінділердің шамадан тыс артуынан топырақтың ластануы өсімдіктерге тікелей әсер етеді, оның қолайсыз жағдайларға төзімділігін төмендетеді



Сурет 2. 1985 жылдан 2024 жылға дейін көмір үйінділері аймағының өзгеруі динамикасы.

Рис. 2. Динамика изменения площади угольных отвалов с 1985 по 2024 гг.

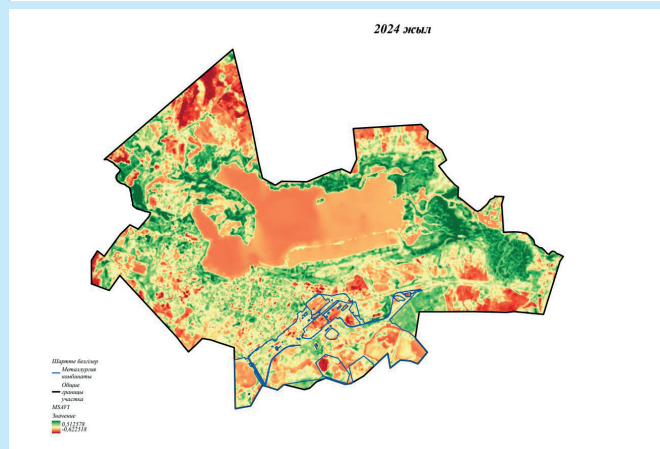
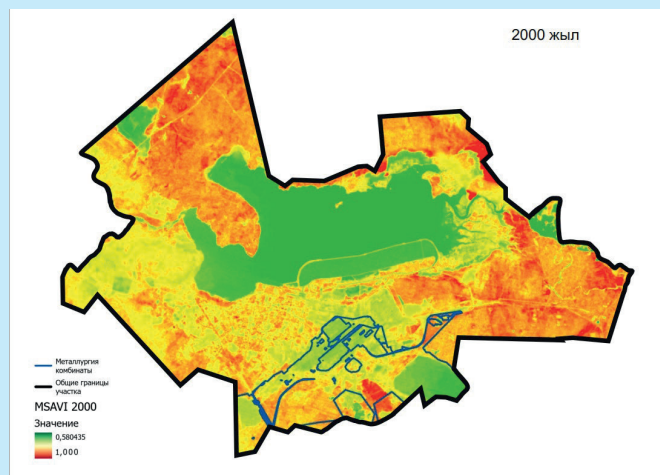
Figure 2. Dynamics of coal dump area changes from 1985 to 2024.

және биоәртүрлілікті шектейді. Топырақтағы органикалық көміртектің азаюы оның көміртекті сақтау қабілетін төмендетеді, бұл атмосфераға көмірқышқыл газының шығарылуын күшейтеді және климаттың өзгеруін күшейтеді [5, 6]. Сонымен қатар, топырақтың тозуы оның рекреациялық және экологиялық әлеуетінің төмендеуіне әкеп соғады, бұл Теміртау ауданындағы табиғи ортаны қалпына келтіру міндеттерін қиындатады. Нәтижесінде, органикалық қабатын MSAVI (Modified Soil Adjusted Vegetation Index) - өзгертілген түзетілген топырақ индексі арқылы 2000 ж. мен 2024 ж. аралығындағы айтарлықтай өзгерулерді көруге болады (сурет 3). Бұл индекс NDVI және WDI есептеу арқылы алынған реттеу коэффициентін пайдаланады. Бұл изовегетация сызықтарының бір нүктеде жақындаспауына әкеледі. 2000 жылмен салыстырғанда 2024 жылы MSAVI мәндерінің төмендеуі Теміртаудағы өсімдік жамылғысының айтарлықтай деградациясын растайды. NDVI диапазоны 0,5–1,0-ден 0,5–(-0,6) дейін өзгерді, бұл жасыл кеңістіктің айтарлықтай аудандарының жоғалуын көрсетеді. 2024 жылы NDVI (-0,6) теріс мәндерінің пайда болуы өсімдік жамылғысы жоқ аймақтардың – ең алдымен өнеркәсіптік және урбанизацияланған аумақтардың кеңеюін көрсетеді.

MSAVI-дің төмендеуі деградацияның тек тығыз өсімдіктерге ғана емес, дала қауымдастығына да әсер ететіндігін растайды. Бұл өзгерістер антропогендік әсер (өнеркәсіптік ластану, урбанизация) экожүйелердің қалпына келу қабілетін төмендету арқылы жағдайды нашарлатады.

Осылайша, өнеркәсіптік ластанудың аймақтың топырағына әсері жерді қалпына келтіру, жер жамылғысын қалпына келтіру технологияларын енгізу және қоршаған ортаға зиянды заттар шығарындыларын азайту бойынша шұғыл шараларды қажет етеді.

Топырақтың жақсаруы экожүйелерді қалпына келтіруге, экологиялық тәуекелдерді азайтуға және аймақтың антропогендік жүктемелерге төзімділігін арттыруға ықпал етуі мүмкін. Жоғарыдағы зерттеу нәтижесіне және



Сурет 3. MSAVI топырақ индексі өзгеруі картасы.

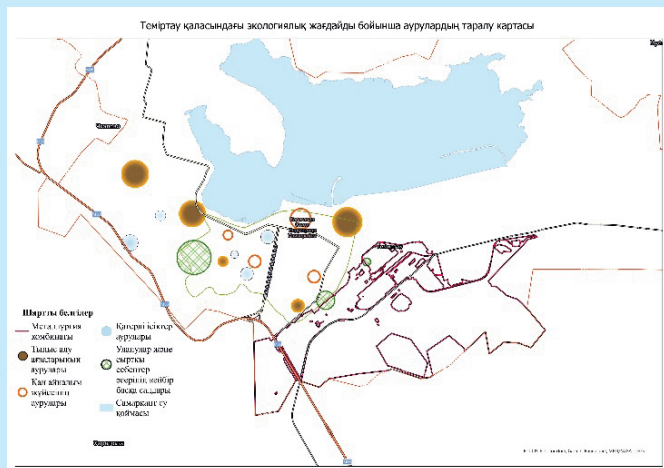
Figure 3. Map of soil index MSAVI changes.

Рис. 3. Карта изменения индекса почвы MSAVI.

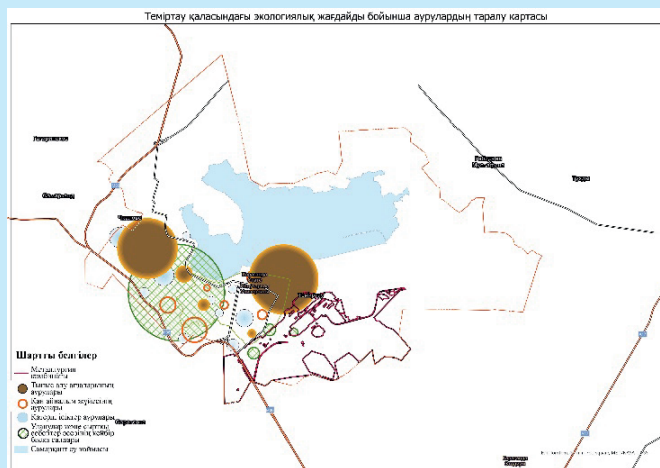
<https://stat.gov.kz/ru/> деректер негізінде келесі динамикалық карта жасалды. Ұсынылған карталар Теміртау қаласындағы экологиялық жағдайды және оның халық арасында аурудың таралуына әсерін көрсетеді. Екі картада металлургия зауытының әсер ету аймақтары, сондай-ақ тыныс алу жүйесі, жүрек-қан тамырлары аурулары, онкологиялық аурулар және улану жағдайлары көрсетілген. Карталар бірдей деректер көзін пайдаланады (сурет 4) бұл олардың сенімділігі мен ақпарат жинау әдістерінің сәйкестігін растайды.

Ұсынылған карталар Теміртау қаласындағы экологиялық жағдайды және оның әртүрлі уақыт кезеңдерінде халық арасында аурулардың таралуына әсерін көрсетеді. Бірінші карта 2000 жылы аурудың таралуын талдауды көрсетеді, ал екінші карта 2024 жылға арналған.

Карталарды салыстыру экологиялық жағдайдағы өзгерістерді және өнеркәсіптік ластанудың 24 жылдағы халықтың денсаулығына әсер ету динамикасын анықтауға мүмкіндік береді. 2000 жылғы картада аурушандық деңгейі жоғары аймақтар металлургия зауытына жақын жерде шоғырланған, бұл шығарындылар мен адамдардың денсаулық жағдайы арасындағы тікелей байланысты көрсетеді. 2024 жылғы Карта әсер ету аймақтарының кеңеюін көрсетеді, бұл қоршаған ортаның ластану ауқымының өсуін және қоршаған орта сапасының нашарлауын көрсе-



2000 жыл



2024 жыл

Сурет 4. Теміртау қаласындағы экологиялық жағдайдың әсерінен аурулардың таралу картасы. Figure 4. Map of the distribution of diseases caused by environmental conditions in the city of Temirtau.

Рис. 4. Карта распространения заболеваний, обусловленных воздействием условий окружающей среды в городе Темиртау.

теді. 2024 жылғы картада жүрек-қан тамырлары аурулары мен онкологиялық аурулардың таралуы байқалатын аудандар санының көбеюі байқалады, бұл зиянды факторлардың ұзақ мерзімді әсерінің жинақталуына байланысты болуы мүмкін.

Қарталар арасындағы негізгі айырмашылықтар мәселелердің ауқымы мен қарқындылығында. 2000 жылғы Карта негізінен өнеркәсіптік аймаққа жақын локализацияланған әсерді көрсетеді, ал 2024 жылғы карта зардап шеккен аумақтардың аумағының ұлғаюын және экологиялық жағдайдың нашарлауына және ластанудың жинақтаушы әсеріне байланысты болуы мүмкін жаңа сырқаттану ошақтарының пайда болуын көрсетеді.

Бұл салыстырмалы талдау Теміртау қаласында экологиялық бақылауды күшейту және экологиялық жағдайды жақсарту жөніндегі шараларды енгізу қажеттігін атап көрсетеді. 2000 жылмен салыстырғанда 2024 жылы Халық денсаулығы көрсеткіштерінің нашарлауы өндірісті жаңғыртуды, шығарындыларды азайтуды және ластануды бақылау жүйесін жақсартуды қоса алғанда, шұғыл шараларды талап етеді. Бұл қарталар экологиялық динамиканы бағалаудың және халықтың денсаулығына зиянды әсерді азайту жөніндегі шараларды жоспарлаудың маңызды құралы болып табылады.

Ауыр металдардың ластануы сонымен қатар топырақты ауыл шаруашылығына жарамсыз етеді. Кенді үйінділер топырақтың деградациясына, оның құнарлылығының төмендеуіне және химиялық құрамының өзгеруіне әкеледі.

Қорытынды

Қорытындылай келе, Теміртау қаласы топырағының жай-күйін, өнеркәсіптік қалдықтардың ұлғаю ди-

намикасын және аурулардың таралуын талдау соңғы онжылдықтардағы экологиялық жағдайдың айтарлықтай нашарлағанын көрсетті. SoilGrids платформасынан алынған деректер арқылы топырақтың деградациясы, олардың құнарлылығының төмендеуі және ауыр металдар сияқты заттардың жиналуы байқалды. Спутниктік деректерді салыстыру негізінде көмір мен кен үйінділерінің алып жатқан аумағы 1985 ж. – 38 га, 2000 ж. – 53 га, 2010 ж. – 62 га, 2015 ж. – 80 га, 2020 ж. – 91 га және 2024 ж. – 96 га-ға дейін өсу динамикасы байқалып, қоршаған орта ластануының артқандығы анықталды.

2000 және 2024 жылдардағы аурулардың таралу қарталарын салыстыру барысында тыныс алу және жүрек-қан тамырлары ауруларының, сондай-ақ онкологиялық аурулардың жиілігінің өсуі байқалды. 2000 жылы аурулардың ең көп шоғырлануы металлургия зауытының жанында ғана болса, 2024 жылға қарай ластану ауқымы кеңейіп, жаңа аудандарды қамтыды. Бұл топырақ пен суда ластанушы заттардың және өнеркәсіптік қалдықтардың жиналуы адамдардың денсаулығына теріс әсер ететінін растайды.

Проблемалық аймақтарды уақтылы анықтау және оларды жою бойынша шаралар қабылдау үшін спутниктік деректер мен ГАЗ талдауын пайдалана отырып, қоршаған ортаның жай-күйін бақылауды күшейту аймақтың экологиясы үшін өте маңызды.

АЛҒЫС

Бұл мақала BR21881939 «Тау-кен металлургия кешені үшін ресурс үнемдейтін энергия өндіруші технологияларды әзірлеу және инновациялық-инжинирингтік орталық құру» бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру жобасы бойынша орындалды.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Топырақтағы сынап формалары, олардың түрленуі мен тасымалдануы, атмосфералық ағын және тәуекелдерді басқару салдарлары: шолулық мақала / O'Connor D. [және т. б.] // Environmental International. 2019. Т. 126. Б. 747–761 (ағылшын тілінде)*
2. *Экологиялық сыйымдылықты зерттеу барысы: мәні, бағалау әдістері және өзекті бағыттар / Xue Q. [және т. б.] // Journal of Resources and Ecology. 2017. № 8. Б. 514–525 (ағылшын тілінде)*
3. *Тау-кен өндірісі аймақтарында экологиялық ортаны қашықтықтан зондау арқылы бақылау зерттеулерінің дамуы Wen Song [және т. б.] // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020. № 17 (6). Б. 1846 (ағылшын тілінде)*
4. *Saedpanah S., Amanollahi J. Батыс Ирандағы Корове тау-кен аймағының экологиялық ластануы мен геоэкологиялық тәуекелді бағалау // Environmental Pollution. 2019. Т. 253. Б. 811–820 (ағылшын тілінде)*
5. *Гетце К., Бейер Ф., Глэссер К. Аэровизуалды гиперспектралды деректерді пайдалану арқылы тастанды шахталардағы геохимиялық параметрлердің индикаторы ретінде пионерлік өсімдіктер // Environmental Earth Sciences. 2016. Т. 75. Б. 613 (ағылшын тілінде)*
6. *He L., Lv J., He P., Hu Q., Liu W. (2024 жылғы 7 маусым). Қашықтықтан зондау деректері негізінде көмірқышқыл газының шығарындылары мен ауаның ластануы Арасындағы Синергетикалық әсерлерді талдау: Орталық Хэнань агломерациясының жағдайлық зерттеуі. Sustainability. <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/12/4919> (ағылшын тілінде)*

REFERENCES

1. *Forms of mercury, transformation and transport in soils, atmospheric flux, and implications for risk management: A critical review / O'Connor D. [et al.] // Environmental International. 2019. V. 126. 747–761 pp. (in English)*
2. *Progress in ecological carrying capacity research: Meaning, evaluation methods and current directions / Xue Q. [et al.] // Journal of Resources and Ecology. 2017. No. 8. 514–525 pp. (in English)*
3. *Progress in remote sensing for monitoring the ecological environment in mining areas / Wen Song [et al.] // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020. No. 17 (6). 1846 p. (in English)*
4. *Saedpanah S., Amanollahi J. Environmental pollution and geo-environmental risk assessment of the Korveh mining area in western Iran // Environmental Pollution. 2019. V. 253. 811–820 pp. (in English)*
5. *Goetze K., Beyer F., Glasser K. Pioneer vegetation as an indicator of geochemical parameters on abandoned mines using airborne hyperspectral data // Environmental Earth Sciences. 2016. V. 75. 613 p. (in English)*
6. *He L., Lv J., He P., Hu Q., Liu W. (June 7, 2024). Analysis of Synergistic effects analysis between carbon emissions and air pollution based on remote sensing data: A case study of Central Henan agglomeration. Sustainability. <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/12/4919> (in English)*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Формы ртути, их преобразование и транспортировка в почвах, атмосферный поток и последствия для управления рисками: критический обзор / O'Connor D. [и др.] // Environmental International. 2019. Т. 126. С. 747–761 (на английском языке)*
2. *Прогресс в исследовании экологической емкости: значение, методы оценки и актуальные направления / Xue Q. [и др.] // Journal of Resources and Ecology. 2017. № 8. С. 514–525 (на английском языке)*
3. *Прогресс в дистанционном зондировании для мониторинга экологической среды в горнодобывающих районах / Wen Song [и др.] // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020. № 17 (6). С. 1846 (на английском языке)*
4. *Saedpanah S., Amanollahi J. Экологическое загрязнение и оценка геоэкологического риска горнодобывающего района Корове в Западном Иране // Environmental Pollution. 2019. Т. 253. С. 811–820 (на английском языке)*
5. *Гетце К., Бейер Ф., Глэссер К. Пионерная растительность как индикатор геохимических параметров на заброшенных шахтах с использованием гиперспектральных данных воздушного зондирования // Environmental Earth Sciences. 2016. Т. 75. С. 613 (на английском языке)*
6. *He L., Lv J., He P., Hu Q., Liu W. (7 июня 2024 г.). Анализ синергетических эффектов между выбросами углекислого газа и загрязнением воздуха на основе данных дистанционного зондирования: на примере Центральной агломерации Хэнань. Sustainability. <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/12/4919> (на английском языке)*

Авторлар туралы мәліметтер:

Жакыпбек Ы., Ph.D, Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), y.zhakypbek@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0002-2474-9927>

Айдарқызы А., Ө.А. Байқоңыров атындағы, Тау кен металлургия институты, маркшейдерлік іс және геодезия кафедрасы магистранты, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), Azhokaax@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0005-5577-3486>

Бегімжанова Е., к.ғ.м., «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының докторанты. Ө.А. Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институты, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), 20089527@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2833-5622>

Кезембаева Г.Б., DBA, «Химиялық процесстер және өндірістік экология» кафедрасының аға оқытушысы, Ө.А. Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институты, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), g.kezembayeva@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0002-2298-2987>

Information about the authors:

Zhakypbek Y., Ph.D, Associate Professor at the Department of Mine Surveying and Geodesy of the Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikonurov, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Aidarkyzy A., Master's student of the Department of Surveying and Geodesy, O.A. Baikonurov Mining and Metallurgical Institute, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Begimzhanova Ye., M.Sc., doctoral student of the Department of Mine Surveying and Geodesy, Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikonurov, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Kezembayeva G., DBA, Senior Lecturer of the Department Chemical processes and industrial ecology Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikonurov, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Сведения об авторах:

Жакыпбек Ы., Ph.D, ассоциированный профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», Горно-металлургический институт им. О.А. Байконурова, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Айдарқызы А., магистрант кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», Горно-металлургический институт им. О.А. Байконурова, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Бегимжанова Е.Е., м.к.н., докторант кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», Горно-металлургический институт им. О.А. Байконурова, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Кезембаева Г.Б., DBA, старший преподаватель кафедры «Химические процессы и промышленная экология», Горно-металлургический институт им. О.А. Байконурова, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

XXXIV Международная специализированная выставка технологий горных разработок

2-5 июня

УГОЛЬ и МАЙНИНГ
РОССИИ 2026

XI Международная специализированная выставка

НЕДРА РОССИИ

XVI Международная специализированная выставка

ОХРАНА, БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА И ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

VII Специализированная выставка

ПРОМТЕХЭКСПО



МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:
Выставочный комплекс «Кузбасская ярмарка»,
ул. Автотранспортная, 51, г. Новокузнецк,
т: 8 (800) 500-40-42

**ШИРЕ, ЧЕМ КУЗБАСС!
ГЛУБЖЕ, ЧЕМ УГОЛЬ!**

