

Код МРНТИ 38.21.17

Н. Н. Мусахан¹, *Ы. Жакыпбек¹, Н. Жеткергенқызы², М. Савут³¹Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан),²Әл-Фараби атындағы қазақ ұлттық университеті (Алматы қ., Қазақстан),³Шыңжаң университеті (Үрімші қ., Қытай Халық Республикасы)

АҚБАҚАЙ КЕН ОРНЫНЫҢ ГЕОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫН СПУТНИКТІК ЖӘНЕ ЗЕРТХАНАЛЫҚ ӘДІСТЕРМЕН БАҒАЛАУ

Аннотация. Мақалада Ақбақай кен орны аумағында 2015–2024 жылдар аралығындағы тау-кен өндірісінің кеңістіктік өсу динамикасы мен флораға әсерін қашықтықтан зондтау деректері негізінде, сонымен қатар 2024 жылы аталмыш кен орнынан әртүрлі тереңдіктегі 6 нүктеден сынамалар алынып топырақтардың ластану жағдайына ішкі зертханалық талдау жасалынды. Зерттеу барысында Google Earth, Google Earth Engine және Sentinel-2 спутниктік суреттері қолданылып, өндірістің қоршаған ортаға ықпалын бағалау үшін NDVI және LST индекстері есептелді. Сонымен қатар зерттеу объектісінен алынған топырақтардың ауыр металдармен ластанғандығы дәлелденіп отыр. Ғылыми зерттеулер тау-кен жұмыстарының табиғи ландшафтқа кері әсері анықталып, тұрақты геоэкологиялық мониторингтеудің маңызды екендігін айқындай түседі.

Үйінді сөздер: Ақбақай, Google Earth Engine, карьер, үйінді, техногендік ластану, бақылау.

Assessment of the geoeological condition of the Akbakay deposit using satellite and laboratory methods

Abstract. The study examines the spatial expansion of mining activities and their effects on vegetation in the Akbakay deposit from 2015 to 2024 using remote sensing data. Soil contamination was also evaluated through laboratory analyses. Sentinel-2 imagery, along with Google Earth and Google Earth Engine, was applied to calculate NDVI and LST indices for assessing the environmental impact of open-pit mining. The results show a marked increase in mining areas and waste dumps over the study period, while laboratory findings revealed heavy metal concentrations above permissible limits. Overall, the research confirms the significant environmental pressure caused by mining and highlights the need for continuous geoeological monitoring.

Key words: Akbakay, Google Earth Engine, open-pit mine, waste dump, technogenic pollution, monitoring.

Оценка геоэкологического состояния месторождения Акбакай с использованием спутниковых и лабораторных методов

Аннотация. В статье проведен анализ пространственной динамики роста горнодобывающих работ на территории месторождения Акбакай и их влияния на флору на основе данных дистанционного зондирования. Также выполнен лабораторный анализ состояния загрязнения почв. В исследовании использовались спутниковые снимки Google Earth, Google Earth Engine и Sentinel-2. Для оценки воздействия карьерного производства на окружающую среду рассчитаны индексы NDVI и LST, а их пространственное распределение изучено в пределах буферных зон 1 км, 3 км и 5 км. Результаты показали значительное расширение карьерных площадей и увеличение площади и объема отвальных пород. Полученные данные подтверждают существенное экологическое воздействие горных работ на природный ландшафт и подчеркивают необходимость геоэкологического мониторинга и оценки экологических рисков.

Ключевые слова: Акбакай, Google Earth Engine, карьер, отвал, техногенное загрязнение, мониторинг.

Кіріспе

Соңғы онжылдықтарда табиғи экожүйелердің бұзылуына ықпал ететін басты себептердің бірі – пайдалы қазбаларды өндіру саласының, әсіресе жаппай және қарқынды игерудің кеңеюі. Кен орындарын ашық тәсілмен игеру үдерісінде жер бедерінің антропогендік қайта қалыптасуы, топырақ қабатының толық немесе ішінара жойылуы, өсімдік жамылғысының деградациясы, сондай-ақ ландшафттық құрылымның тұтастығының бұзылуы орын алады. UNEP деректеріне сәйкес, қазіргі уақытта әлемдік құрлық аумағының шамамен 40–45%-ы шөлейттену мен жер деградациясы процестеріне ұшыраған, бұл өз кезегінде 3,2 миллиардтан астам адамның әлеуметтік-экономикалық жағдайына тікелей немесе жанама әсерін тигізуде. Сонымен қатар, World Bank мәліметтері бойынша, соңғы 30 жыл ішінде әлем көлемінде ашық әдіспен игеру нәтижесінде 57 млн гектардан астам аумақ техногендік трансформацияға ұшыраған [1–3].

Қазақстан Республикасында жердің тозуы мен техногендік деградация өзекті мәселеге айналып отыр. ҚР Экология және табиғи ресурстар министрлігінің мәліметтері бойынша, ел аумағының шамамен 66%-ы әртүрлі деңгейде деградацияға ұшыраған, ал 180 млн гектардан астам жер шөлейттену қаупі бар аумақтар қатарына жатады [4, 5]. Сонымен қатар, республика аумағында пайдалы қазбаларды өндірумен байланысты 25 мыңнан астам техногендік нысан тіркелген, олардың едәуір бөлігін ашық карьерлер мен өндірістік үйінділер құрайды [6, 7]. Жыл сайын кен игеру саласының әсерінен 2–3 мың гектарға жуық жер

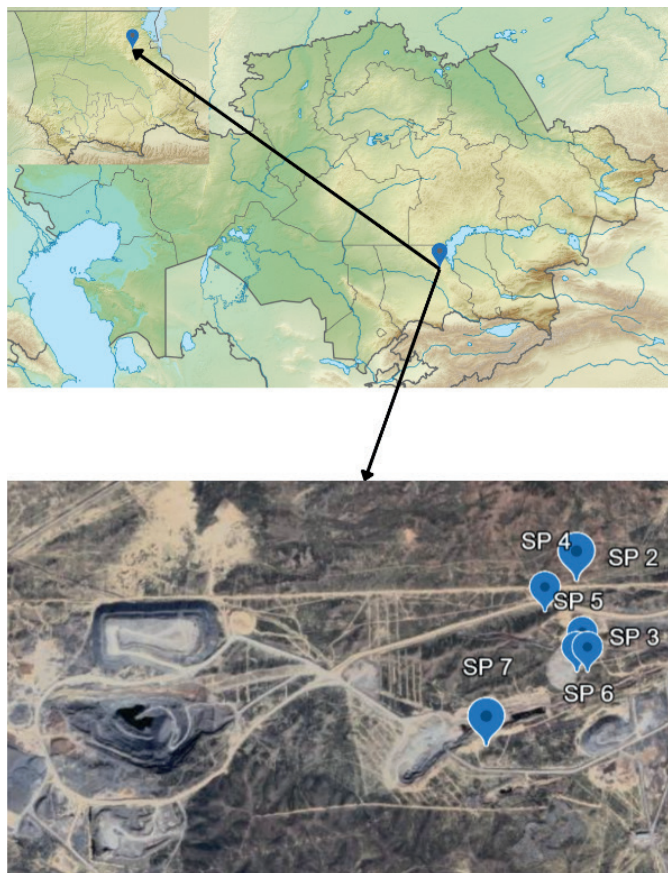
шаруашылық айналымынан шығып, экологиялық тұрғыдан қолайсыз аумақтарға айналған.

Ақбақай кен орны Жамбыл облысының шөлейт аймағында орналасқан және табиғи-климаттық жағдайлардың құрғақтығымен, өсімдік жамылғысының сиректігімен және экожүйелердің қалпына келу қабілетінің төмендігімен ерекшеленеді. Аймақтағы орташа жылдық жауын-шашын мөлшері 180–220 мм-ден аспайды, ал жаз мезгілінде жер бетінің температурасы 45–50 °C-қа дейін жетуі мүмкін [8]. Осындай табиғи жағдайларда ашық игерудің кеңеюі жер жамылғысының экологиялық тұрақтылығын айтарлықтай төмендетіп, шөлейттену процестерінің күшеюіне ықпал етеді.

Әдістері мен материалдары

Ақбақай кен орны аумағы шөлейт және жартылай шөлейт аймақта орналасқан, сондықтан экожүйелер антропогендік әсерге сезімтал болып келеді. Ашық әдіспен кен игеру жер бедерінің өзгеруіне, топырақ пен өсімдік жамылғысының бұзылуына әкеледі, бұл аумақтың геоэкологиялық жағдайын кешенді бағалауды талап етеді [9, 10].

Зерттеуде негізгі дереккөз ретінде Google Earth платформасының жоғары айқындықтағы спутниктік суреттері пайдаланылды. Карьерлердің шекараларын анықтау, техногендік нысандардың орналасуын бағалау және жер жамылғысының морфологиялық өзгерістерін талдау мен сандық өлшеу үшін Google Earth Engine ортасында Sentinel-2 Level-2A деректері қолданылды.



Сурет 1. Ақбақай кен орны – топырақ сынамаларын алу нүктелері.

Figure 1. Akbaqay deposit – soil sampling points.

Рис. 1. Акбакайское месторождение – точки отбора почвенных проб.

Сонымен қатар ауыр металдардың (*Cu, Zn, Cd, Pb, Co, Ni, Mo, Ag, As*) жалпы мөлшерін анықтау үшін топырақ үлгілері Ақбақай кен орны аумағындағы 8 нүктеден алынып, олардың өзара орналасуына сәйкес 6 қима бойынша зерттелді (1-сурет). Сынамалар қабаттық принциппен іріктелді: 1-қима – 0–2, 2–11, 11–25, 25–35 см; 2-қима – 0–0,3, 0,3–14, 14–44 см; 3-қима – 0–1, 1–12, 12–25, 25–43 см; 4-қима – 0–1, 1–11, 11–22, 22–42 см; 5-қима – 0–4, 4–13, 13–28, 28–56, 56–78, 78–95, 95–103 см; 6-қима – 0–13, 13–35, 35–57, 72–100 см. Әр қабаттан орташа 1–1,5 кг үлгілер дайындалып, қышқылдық қоспамен ($HCl-HNO_3-HF-HClO_4$) минералдандырылды. Элементтердің жалпы формалары атомдық-абсорбциялық спектрометрия әдісімен анықталып, талдау сапасы параллель үлгілер мен стандартты материалдар арқылы бақыланды. Алынған деректер ауыр металдардың профильдік таралуын және техногендік жүктеме деңгейін бағалауға мүмкіндік берді. Спутниктік және геохимиялық деректерді біріктіру Ақбақай кен орны аумағындағы техногендік ластануы мен экологиялық өзгерістері кешенді талдауға мүмкіндік берді.

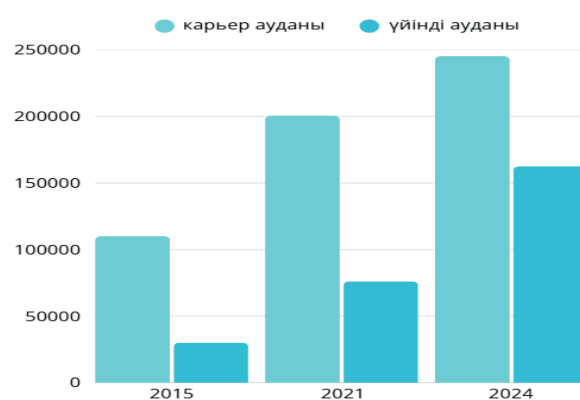
Нәтижелер және талқылау

Жүргізілген қашықтан зондтау деректерін талдау нәтижелері Ақбақай кен орнындағы тау-кен жұмыстарының соңғы жылдары айтарлықтай қарқын алғанын көрсетеді.

Ақбақай кен орнының 2015, 2021 және 2024 жылдардағы спутниктік суреттерін кешенді салыстыру карьерлік өндірістің кеңістіктік және сандық тұрғыдан тұрақты өсу динамикасын айқындады. 2015 жылы карьерлер негізінен оқшау орналасып, өндірістік аумақ шектеулі сипатта болған: карьер ауданы 110 375 м², ал қалдық үйінділері 29 968 м² құраған. 2021 жылы карьер контурлары кеңейіп, жаңа қазу алаңдары мен техногендік үйінділер қалыптаса бастаған, бұл сандық көрсеткіштерден де айқын көрінеді – карьер аумағы 200 492 м²-ге дейін ұлғайып, 2015 жылмен салыстырғанда шамамен 1,8 есеге артқан, ал қалдық үйінділері 76 080 м²-ге жетіп, бастапқы кезеңмен салыстырғанда шамамен 2,5 есеге көбейген. 2024 жылы өндірістік трансформация ең жоғары деңгейге жетіп, жекелеген карьер учаскелері бірігіп, инфрақұрылым кеңейген; осы кезеңде карьер ауданы 245 256 м²-ге дейін өсіп, 2015 жылмен салыстырғанда 2,2 еселік арту байқалса, қалдық үйінділері 162 432 м²-ге жетіп, 2015 жылғы көрсеткіштен 5 еседен астам жоғарылаған. Мұндай динамика қазу жұмыстары көлемінің ұлғаюымен, карьер сатыларының тереңдеуімен және аршынды жыныстардың жинақталу қарқынының күшеюімен тікелей байланысты екенін көрсетеді (2-сурет).

Жалпы алғанда, 2015–2024 жылдар аралығында Ақбақай кен орнының батыс және шығыс бөліктерінде карьер аудандарының ұлғаюы мен қалдық үйінділердің кеңеюі тау-кен өндірісінің қарқын алғанын дәлелдейді.

2024 жылы алынған сынамалар бойынша Ақбақай кен орны аумағындағы топырақ үлгілерінде ауыр металдардың жалпы формаларының таралуы көрсетілген. Картада түстік градиация арқылы әр элементтің концентрация деңгейі бейнеленеді: ашық түстер төмен мәндерді, ал қанық қызыл түстер жоғары ластану аймақтарын сипаттайды. Жылжымалы формалардың басым бөлігі топырақтың жоғарғы қабаттарында шоғырланып, тереңдік артқан сайын азаятыны байқалады. Бұл техногендік әсердің ең алдымен беткі горизонттарға бағытталғанын көрсетеді (3-сурет).



Сурет 2. Карьер мен қалдық үйінділері аудандарының кеңею динамикасы.

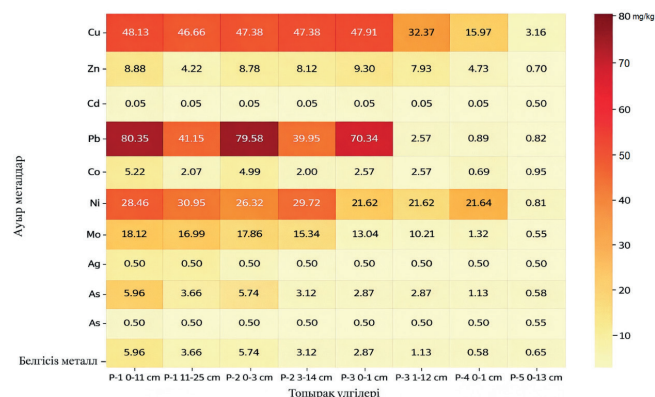
Figure 2. Dynamics of the Expansion of the Quarry and Waste Dump Areas.

Рис. 2. Динамика расширения территорий карьера и отвальных пород.

Ақбақай кен орны маңындағы өзара орналасуына сәйкес 6 қима бойынша қабаттық принциппен іріктелді

(0–2 см-ден 103 см тереңдікке дейін). Талдау нәтижелері ауыр металдардың негізінен топырақтың жоғарғы қабаттарында шоғырланатынын көрсетіп, олардың жинақталуы тау-кен өндірісінен туындайтын антропогендік әсермен байланысты екенін айқындады.

Молибденнің (*Mo*) мөлшері 5,34–18,12 мг/кг аралығында болып, салыстырмалы түрде төмен деңгейде сақталған. Күміс (*Ag*) барлық үлгілерде 0,5 мг/кг-дан аспай, экологиялық қауіп тудырмайды. Мышьяк (*As*) концентрациясы 0,38–5,96 мг/кг аралығында өзгеріп, кейбір учаскелерде шекті рұқсат етілген концентрациядан (ШРК) 2–3 есе артық екені анықталды. Жалпы алғанда, Ақбақай кен орны аумағында негізгі ластаушы элементтер ретінде қорғасын (*Pb*) мен мыс (*Cu*) ерекшеленеді. Бұл көрсеткіштер өнеркәсіптік, тау-кен жұмыстарының топырақ экожүйесіне тигізетін техногендік жүктемесінің жоғары екенін және бақылаудың маңыздылығын көрсетеді.



Сурет 3. Топырақ үлгілеріндегі ауыр металдар концентрациясының жылжу картасы.

Figure 3. Map of spatial distribution of heavy metal concentrations in soil samples.

Рис. 3. Карта пространственного распределения концентрации тяжелых металлов в образцах почвы.

Әртүрлі нүктелерде және екі тереңдік интервалында (0–20 см, 20–40 см) алынған топырақ үлгілеріндегі ауыр металдардың (*Cu*, *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Co*, *Ni*, *Mo*, *Ag*, *As* және белгісіз металл) жалпы формаларының концентрациялары көрсетілген. График нәтижелері элементтердің топырақ профилі бойынша таралу сипатын мен олардың миграциялық қабілетін бағалауға мүмкіндік береді. Мыстың (*Cu*) мөлшері бойынша 2-нүктеде 0–20 см қабатта 3,542 мг/кг, ал 20–40 см қабатта 22,83 мг/кг жоғары мән тіркелген. Концентрацияның тереңдеген сайын артуы мыстың топырақтың төменгі горизонттарына жылжу үрдісінің бар екенін көрсетеді. Ұқсас заңдылық мырыш (*Zn*) үшін де байқалады: 2-нүктеде оның мөлшері 46,33 мг/кг (0–20 см) және 73,77 мг/кг (20–40 см) құрайды. Бұл мырыштың салыстырмалы түрде жоғары қозғалғыштығына және оның профиль бойымен миграцияға бейімділігіне байланысты.

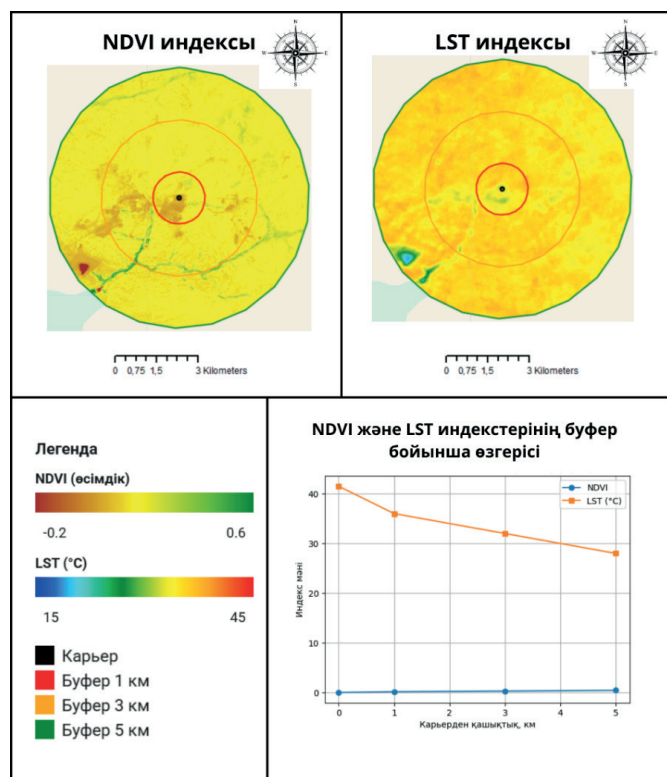
Кадмийдің (*Cd*) жалпы формасы барлық үлгілерде 0,05 мг/кг-нан төмен болып, зерттелген аумақта оның ең аз таралған элемент екендігін көрсетеді. Бұл кадмийдің

төмен миграциялық белсенділігін және экожүйе үшін салыстырмалы түрде қауіптілігінің төмендігін білдіреді. Қорғасын (*Pb*) бойынша да терең қабатта концентрацияның өсу үрдісі байқалады: 2-нүктеде 0–20 см қабатта 10,31 мг/кг, ал 20–40 см қабатта 14,96 мг/кг анықталған. Кобальттың (*Co*) мөлшері 2-нүктеде тиісінше 7,542 мг/кг және 9,704 мг/кг құрап, төменгі қабаттарда жинақталу бейімділігін көрсетеді. Никель (*Ni*) бойынша жоғары мәндер тіркелген: 20,71 мг/кг (0–20 см) және 25,15 мг/кг (20–40 см), бұл никельдің топырақ профилі бойынша біртіндеп миграцияланатынын дәлелдейді. Молибденнің (*Mo*) барлық үлгілердегі концентрациясы 1 мг/кг-нан төмен болып, оның топырақта әлсіз жиналатынын көрсетеді. Күміс (*Ag*) те 0,5 мг/кг-нан аспайды, сондықтан экологиялық тұрғыдан айтарлықтай қауіп тудырмайды. Мышьяк (*As*) бойынша көрсеткіштер өте төмен деңгейде сақталған, тек бір жағдайда 0–20 см қабатта 0,291 мг/кг мәні байқалады, бұл оның жекелеген нүктелерде ғана жинақталу мүмкіндігін көрсетеді.

Жалпы алғанда, диаграмма нәтижелері ауыр металдардың бірқатары (*Cu*, *Zn*, *Pb*, *Co*, *Ni*) үшін концентрацияның терең қабаттарда арту үрдісі бар екенін дәлелдейді. Бұл элементтердің топырақ ерітіндісі арқылы төмен қарай миграциялану қабілетін және топырақ профилі бойынша қайта таралуын сипаттайды. Ал *Cd*, *Mo*, *Ag* және *As* сияқты элементтер төмен деңгейде қалып, зерттелетін аумақтың экологиялық жағдайына айтарлықтай қауіп төндірмейді.

Ақбақай кен орны аумағы үшін есептелген NDVI және LST индекстерінің кеңістіктік таралуы көрсетілген. Картада карьердің орталық бөлігі, сондай-ақ 1 км, 3 км және 5 км буферлік аймақтар белгіленген, бұл тау-кен жұмыстарының қоршаған ортаға әсерін қашықтыққа байланысты бағалауға мүмкіндік береді. Әрбір индекс аумақтың экологиялық жағдайын әртүрлі қырынан сипаттай отырып, карьер қызметінің ландшафтқа, өсімдік жамылғысына және жер бетінің жылулық режиміне ықпалын кешенді түрде талдауға жағдай жасайды (4-сурет).

Ақбақай кен орны аумағында есептелген NDVI индексінің кеңістіктік таралуы тау-кен жұмыстарының өсімдік жамылғысына айқын әсерін көрсетеді. Карьердің орталық бөлігінде NDVI мәндері өте төмен деңгейде, шамамен -0,05–0,15 аралығында қалыптасқан. Бұл көрсеткіштер аумақтың жалаңаш таужыныстармен, техногендік беттермен және өсімдік жамылғысының толық немесе жартылай жойылуымен сипатталатынын білдіреді. Карьерден 1 км буферлік аймақ шегінде NDVI мәндері 0,15–0,25 аралығында өзгеріп, сирек әрі әлсіз дамыған өсімдіктердің бар екенін көрсетеді. Бұл тау-кен жұмыстарының әсерінен топырақ құрылымының бұзылуы, шаң-тозаңның жиналуы және ылғал режимінің нашарлауымен түсіндіріледі. 3 км буферлік аймақта NDVI көрсеткіштері 0,25–0,40 деңгейіне дейін жоғарылап, ал 5 км буферлік аймақта 0,40–0,55 және одан жоғары көрсеткіштермен сипатталып, бұл NDVI индексінің карьерден алыстаған сайын біртіндеп артуы тау-кен өндірісінің биологиялық ортаға теріс әсері кеңістіктік тұрғыда айқын байқалатынын дәлелдейді және оның әсер ету радиусы бірнеше километрге дейін созылатынын көрсетеді.



Сурет 4. Ақбақай кен орнынан 1 км, 3 км және 5 км радиустағы буферлік аймақтарда NDVI мен LST индекстерінің таралуы.

Figure 4. Distribution of NDVI and LST indices within the 1 km, 3 km, and 5 km buffer zones surrounding the Akbakay Deposit.

Рис. 4. Распределение индексов NDVI и LST в буферных зонах радиусом 1 км, 3 км и 5 км вокруг месторождения Ақбақай.

Ақбақай кен орны аумағы бойынша есептелген LST (Land Surface Temperature) индексінің кеңістіктік таралуы тау-кен жұмыстарының жер бетінің жылулық режиміне айтарлықтай ықпал ететінін көрсетеді. Карьердің орталық бөлігінде жер бетінің температурасы ең жоғары мәндермен сипатталып, шамамен 38–45 °C аралығында қалыптасқан. Бұл карьер аумағында өсімдік жамылғысының жойылуы және ашық тау жыныстары мен техногендік беттердің басым болуымен тікелей байланысты, себебі мұндай беттер күн радиациясын қарқынды сіңіріп, жылу-ды ұзақ сақтайды.

Карьерге жақын орналасқан 1 км буферлік аймақта LST мәндері 34–38 °C деңгейінде байқалып, температуралық контрастың айқын екендігін көрсетеді. 3 км буферлік аймақта жер бетінің температурасы біртіндеп төмендеп, 30–34 °C аралығында өзгереді, ал 5 км буферлік аймақта LST көрсеткіштері негізінен 26–30 °C шамасында қалыптасып, аумақтың жылулық режимі табиғи жағдайға жақындайды. Индекстің карьерден алыстаған сайын төмендеуі тау-кен жұмыстарының аумақтық микроклиматқа әсері айқын екенін және оның ықпалы бірнеше километр радиуста байқалатынын көрсетеді. Бұл жер бетінің жылулық теңгерімінің бұзылуы экожүйенің тұрақтылығына теріс әсер ететін маңызды факторлардың бірі екенін дәлелдейді.

Құрылған график тау-кен жұмыстарының әсері карьерден қашықтаған сайын біртіндеп әлсірейтінін көрсетті. Карьердің өзінде NDVI мәнінің теріс болуы және LST көрсеткіштерінің жоғары деңгейде байқалуы техногендік әсердің максималды екенін дәлелдейді. Карьерден алыстаған сайын NDVI мәндері тұрақты түрде өсіп, ал LST көрсеткіштері керісінше төмендейді, бұл өсімдік жамылғысының қалпына келе бастауы мен жер бетінің жылулық режимінің қалыпқа түсуін сипаттайды.

Жалпы алғанда, аталмыш кенорны аумағынан алынған топырақ сынамаларының нәтижелері, NDVI және LST индекстерін кешенді пайдалану Ақбақай карьерінің қоршаған ортаға әсерін жан-жақты бағалауға мүмкіндік береді. NDVI-дің төмендеуі өсімдік жамылғысының деградациясын, ал LST-дің жоғарылауы жер бетінің қызуын және микроклиматтың өзгеруін көрсетеді. Ал ішкі зертханалық осы зерттеу арақашықтықтары аумағындағы ластану көрсеткішін айқындап отыр. Бұл зерттеу нәтижелері тау-кен өндірісі жүргізілген аумақта экологиялық мониторинг жүргізудің маңыздылығын айқындайды.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеу Ақбақай кен орны аумағында тау-кен өндірісінің кеңістіктік тұрғыда айқын қарқын алғанын көрсетті. Көпұақыттық спутниктік суреттерді талдау нәтижесінде карьер ауданы шамамен 110 375 м²-ден 245 256 м²-ге дейін, ал қалдық үйінділері аумағы 29 968 м²-ден 162 432 м²-ге дейін ұлғайғаны анықталды. Карьер алаңдарының кеңеюі мен қалдық жыныстардың жиналу аумағының артуы техногендік жүктеменің күшейгенін көрсетеді.

Ішкі лабораториялық зерттеулер топырақ жамылғысында ауыр металдардың жинақталуы карьер қызметімен тікелей байланысты екенін дәлелдеді. Негізгі ластаушы элементтер ретінде **Cu**, **Zn**, **Pb**, **Co** және **Ni** анықталды. 2-нүктеде мыс концентрациясы 3,542–22,83 мг/кг, мырыш 46,33–73,77 мг/кг, қорғасын 10,31–14,96 мг/кг, никель 20,71–25,15 мг/кг аралығында тіркеліп, олардың бірқатарының терең қабаттарға қарай миграциялану үрдісі бар екені анықталды. **Cd**, **Mo**, **Ag** және **As** элементтерінің мөлшері төмен деңгейде қалып, экологиялық қауіп төндірмейтіні көрсетілді.

Лабораториялық нәтижелерді спутниктік деректермен салыстыру барысында есептелген NDVI және LST индекстері техногендік әсердің кеңістіктік заңдылықтарын нақтылады. Карьер аумағында NDVI мәндерінің -0,05–0,15 аралығында төмен деңгейде болуы өсімдік жамылғысының деградациясын сипаттай отырып, осы аумақта жер беті температурасының 38–45 °C-қа дейін жоғарылауымен қатар жүретіні анықталды. Керісінше, карьерден 5 км қашықтықтағы буферлік аймақта NDVI көрсеткіштерінің 0,40–0,55 аралығына дейін артуы өсімдік жамылғысының салыстырмалы түрде қалпына келгенін көрсетіп, сонымен бірге LST мәндерінің 26–30 °C-қа дейін төмендеуімен сәйкес келді. Жалпы алғанда, алынған нәтижелер Ақбақай кен орнында тау-кен өндірісінің жер ресурстары мен экожүйе компоненттеріне кешенді теріс әсер еткенін көрсетіп, экологиялық мониторинг пен рекультивациялық шараларды күшейту қажеттігін негіздейді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. United Nations Environment Programme (UNEP). Жер ресурстарының жаһандық келешегі (Global Land Outlook). – Найроби: Біріккен Ұлттар Ұйымының Қоршаған орта бағдарламасы, 2017. – Б. 19–52 (ағылшын тілінде)
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Әлемдегі топырақ ресурстарының жағдайы. – Рим: БҰҰ Азық-түлік және ауыл шаруашылығы ұйымы, 2015. – Б. 123–164 (ағылшын тілінде)
3. World Bank. Тау-кен өндірісі және жердің деградациясы туралы есеп. – Вашингтон, АҚШ: Дүниежүзілік банк, 2020. – Б. 25–40 (ағылшын тілінде)
4. Қашықтан зондтау арқылы бағаланған альбедо жаһандық құрғақ аймақтардағы экожүйенің көпфункционалдылығымен өзара байланысты / Y. Zhao [және т. б.] // Journal of Arid Environments. – 2018. Т. 157. – Б. 116–123 (ағылшын тілінде)
5. AbdelRahman M. A. E. ГАЗ және қашықтан зондтау деректерін пайдалана отырып жер деградациясы, шөлейттену және жерді тұрақты басқаруға шолу // Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali. – 2023. – Т. 34. – Б. 767–808 (ағылшын тілінде)
6. Қазақстан Республикасының Экология және табиғи ресурстар министрлігі. Қазақстан Республикасындағы жер ресурстарының жай-күйі туралы ұлттық баяндама. – Астана, 2022. – Б. 32–38 (қазақ тілінде)
7. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Қазақстан: экологиялық тиімділікке шолу. – Париж: OECD баспасы, 2019. – Б. 60–65 (ағылшын тілінде)
8. Қазгидромет. Климаттық деректер жинағы: Жамбыл облысы (2000–2023 жж.). – Алматы, 2023. – Б. 11–14 (орыс тілінде)
9. Google Earth Engine: планеталық ауқымдағы геокеңістіктік талдау / N. Gorelick [және т. б.] // Remote Sensing of Environment. – 2017. Т. 202. – Б. 18–27 (ағылшын тілінде)
10. Кобегенова Х. Н., Шакинова Т. К. Қазақстан аумағында табиғи және антропогендік факторлардың әсерінен топырақ қасиеттерінің деградациясы // Шолом-Алейхем атындағы Амур мемлекеттік университетінің хабаршысы. – 2017. – № 3 (28). – Б. 32–38 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. United Nations Environment Programme (UNEP). Global Land Outlook. – Nairobi: United Nations Environment Programme, 2017. – P. 19–52 (in English)
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Status of the World's Soil Resources. – Rome: FAO, 2015. – P. 123–164 (in English)
3. World Bank. Mining and Land Degradation Report. – Washington, DC: World Bank, 2020. – P. 25–40 (in English)
4. Albedo Estimated from Remote Sensing Correlates with Ecosystem Multifunctionality in Global Drylands / Y. Zhao et al. // Journal of Arid Environments. – 2018. – Vol. 157. – P. 116–123 (in English)
5. AbdelRahman M. A. E. An overview of land degradation, desertification and sustainable land management using GIS and remote sensing applications // Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali. – 2023. – Vol. 34. – P. 767–808 (in English)
6. Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan. National Report on the State of Land Resources of the Republic of Kazakhstan. – Astana, 2022. – P. 32–38 (in Kazakh)
7. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Environmental Performance Reviews: Kazakhstan. – Paris: OECD Publishing, 2019. – P. 60–65 (in English)
8. Kazgidromet. Sbornik klimaticheskikh dannyykh: Zhambylskaya oblast' (2000–2023 gg.) [Kazhydromet. Climate Data Collection: Zhambyl Region (2000–2023)]. – Almaty, 2023. – P. 11–14 (in Russian)
9. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis / N. Gorelick et al. // Remote Sensing of Environment. – 2017. – Vol. 202. – P. 18–27 (in English)
10. Kobegenova H. N., Shakenova T. K. Degradatsiya svoystv pochvy v rezul'tate vozdetsviya prirodnikh i antropogennykh faktorov na territorii Respubliki Kazakhstan [Soil Properties Degradation Due to Natural and Anthropogenic Factors in the Territory of the Republic of Kazakhstan]. Vestnik Priamurskogo gosudarstvennogo universiteta im. Sholom-Aleikheima [Bulletin of the Amur State University named after Sholom Aleichem]. – 2017. – No. 3 (28). – P. 32–38 (in Russian)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде (UNEP). Глобальные перспективы земельных ресурсов (Global Land Outlook). – Найроби: Программа ООН по окружающей среде, 2017. – С. 19–52 (на английском языке)
2. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (FAO). Состояние мировых почвенных ресурсов. – Рим: ФАО ООН, 2015. – С. 123–164 (на английском языке)

3. World Bank. Отчет о горнодобывающей деятельности и деградации земель. – Вашингтон: Всемирный банк, 2020. – С. 25–40 (на английском языке)
4. Альбедро, рассчитанное по данным дистанционного зондирования, коррелирует с мультифункциональностью экосистем в глобальных засушливых регионах / Y. Zhao [и др.] // *Journal of Arid Environments*. – 2018. – Т. 157. – С. 116–123 (на английском языке)
5. AbdelRahman M. A. E. Обзор деградации земель, опустынивания и устойчивого управления земельными ресурсами с использованием ГИС и данных дистанционного зондирования // *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*. – 2023. – Т. 34. – С. 767–808 (на английском языке)
6. Министерство экологии и природных ресурсов Республики Казахстан. Национальный доклад о состоянии земельных ресурсов Республики Казахстан. – Астана, 2022. – С. 32–38 (на казахском языке)
7. Organisation for Economic Co-operation and Development (ОЭСР). Обзор экологической эффективности: Казахстан. – Париж: Издательство ОЭСР, 2019. – С. 60–65 (на английском языке)
8. Казгидромет. Сборник климатических данных: Жамбылская область (2000–2023 гг.). – Алматы, 2023. – С. 11–14 (на русском языке)
9. Google Earth Engine: геопространственный анализ планетарного масштаба / N. Gorelick [и др.] // *Remote Sensing of Environment*. – 2017. – Т. 202. – С. 18–27 (на английском языке)
10. Кобегенова Х.Н., Шакинова Т.К. Деградация свойств почвы в результате воздействия природных и антропогенных факторов на территории Республики Казахстан // *Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема*. – 2017. – № 3 (28). – С. 32–38 (на русском языке)

Авторлар туралы мәліметтер:

Жақыпбек Б., Ph.D доктор, О. А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының профессоры, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), y.zhakypbek@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0002-2474-9927>
Мусахан Н. Н., т. ғ. м., О. А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының ассистенті, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), n.mussakhan@satbayev.university; <https://orcid.org/0009-0009-5610-2712>
Жеткергенқызы Н., әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, 8D07306 «Кадастр» білім беру бағдарламасының 1 курс докторанты (Алматы қ., Қазақстан), zhetkergenkyzy_n@live.kaznu.kz; <https://orcid.org/0009-0001-2174-8187>
Савут М., Ph.D доктор, Табиғи ресурстар және қоршаған орта ғылымдары колледжінің қауымдастырылған профессоры, Шыңжаң университеті (Үрімші қ., Қытай Халық Республикасы), korkhat@xju.edu.cn; <https://orcid.org/0009-0004-9961-7381>

Information about the authors:

Zhakypbek Y., Ph.D, Professor at the Department of Mine Surveying and Geodesy of the Mining and Metallurgical Institute named after O. A. Baikonurov, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)
Mussakhan N. N., Master of Technical Sciences, Department of Mine Surveying and Geodesy of the Mining and Metallurgical Institute named after O. A. Baikonurov, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)
Zhetkergenkyzy N., 1st year doctoral student of the educational program 8D07306 «Cadastre», Kazakh National University named after al-Farabi (Almaty, Kazakhstan)
Sawut M., Ph.D, Associate Professor of the College of Resources and Environmental Sciences, Xinjiang University (Urumqi, China)

Сведения об авторах:

Жақыпбек Б., доктор Ph.D, профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», Горно-металлургический институт им. О. А. Байконурова, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)
Мусахан Н. Н., м. т. н., ассистент кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», Горно-металлургический институт им. О. А. Байконурова, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)
Жеткергенқызы Н., докторант 1 курса образовательной программы 8D07306 «Кадастр» Казахского национального университета имени аль-Фараби (г. Алматы, Казахстан)
Савут М., доктор Ph.D, ассоциированный профессор Колледжа природных ресурсов и наук об окружающей среде Синьцзянского университета (г. Урумчи, Китайская Народная Республика)