

Код МРНТИ 36.23.11

Н.Н. Мусахан, *Ы. Жакыпбек, С.В. Турсбеков, С.Н. Мустапаева
Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан)

ЖЕРДІҢ ШӨЛЕЙТТЕНУІН СПУТНИКТІК ГЕОДЕЗИЯ НЕГІЗІНДЕ МОНИТОРИНГТЕУ

Аннотация. Бұл мақалада Каспий теңізі маңындағы ауыл шаруашылығы жерлері деградациясын талдау барысында Landsat спутниктік суреттері, Google Earth Engine және ArcGIS сияқты қашықтықтан зондтау бағдарламалары қолданылды. Сондай-ақ, Жел эрозиясы, NDVI, LAI, GPP индекстері мен жауын-шашын сияқты климаттық көрсеткіштер зерттелді. Антропогендік әсерді бағалау үшін адам даму индексі (HDI) мен кедейлік көрсеткіштері (GINI) есептелді. Сәйкесінше, зерттеу аумағы бойынша HDI көрсеткіші 0,620 көрсетіп, бұл аймақ үшін индекстің төмен екендігі анықталды. Ал кедейлік индексінің 2017 жылғы көрсеткіші 0,242 болса, 2022 жылғы 0,345-ке дейін өскендігі дәлелденді. Сонымен қатар, бұл көрсеткіштер зерттеу облысына жақын көршілес Каспий теңіз жағалауы аймақтарымен тікелей байланыстылығы зерттеліп дәлелденді.

Түйінді сөздер: Каспий маңы, ArcGIS, Google Earth Engine, шөлейттену, спутниктік геодезия, бақылау.

Monitoring of land desertification based on satellite geodesy

Abstract. In this study, Landsat satellite imagery, as well as remote sensing tools such as Google Earth Engine and ArcGIS, were used to analyze the degradation of agricultural lands in the Caspian region. Climate indicators such as wind erosion, NDVI, LAI, GPP, and precipitation were examined. To assess anthropogenic impact, the Human Development Index (HDI) and poverty indicators (GINI) were calculated. Specifically, the HDI value for the West Kazakhstan region was 0.620, indicating a low index level for the area. The poverty index increased from 0.242 in 2017 to 0.345 in 2022. Furthermore, it was demonstrated that these indicators are directly linked to the neighboring coastal regions of the Caspian Sea.

Key words: Caspian region, ArcGIS, Google Earth Engine, desertification, satellite geodesy, monitoring.

Мониторинг опустынивания земель на основе спутниковой геодезии

Аннотация. В данной статье для анализа деградации сельскохозяйственных земель в прикаспийском регионе использовались спутниковые снимки Landsat, а также программы дистанционного зондирования, такие как Google Earth Engine и ArcGIS. Были исследованы такие климатические показатели, как ветровая эрозия, NDVI, LAI, GPP и осадки. Для оценки антропогенного воздействия рассчитывались индекс человеческого развития (HDI) и коэффициент бедности (GINI). В частности, для Западно-Казахстанской области значение HDI составило 0,620, что указывает на низкий уровень индекса для данного региона. Показатель бедности составил 0,242 в 2017 году и увеличился до 0,345 в 2022 году. Кроме того, было доказано, что данные показатели напрямую связаны с близлежащими прибрежными районами Каспийского моря.

Ключевые слова: Прикаспийский, ArcGIS, Google Earth Engine, опустынивание, спутниковая геодезия, мониторинг.

Кіріспе

Жердің шөлейттенуі – құрғақ, жартылай құрғақ және құрғақ субгумидті аймақтарда эокожүйелердің деградациясына әкелетін күрделі көпфакторлы процесс. Бұл құбылыс топырақтың биопродуктивтілігінің төмендеуімен, гидрологиялық тепе-теңдіктің бұзылуымен және өсімдік жамылғысының сиреуімен сипатталады. Біріккен Ұлттар Ұйымының Қоршаған орта жөніндегі бағдарламасының (UNEP) мәліметтері бойынша, қазіргі уақытта жер бетінің шамамен 40%-ы шөлейттену процестеріне ұшыраған, соның салдарынан 168 елдің ауыл шаруашылығына, эокожүйелік тұрақтылығына және миллиондаған адамдардың өмір сүру сапасына тікелей қауіп төндіріп отыр [1, 2].

Қазіргі заманда халықаралық деңгейде жердің тозуын зерттеу және мониторинг жүргізу әртүрлі қашықтықтан зондтау әдістерін, кеңістіктік талдау құралдарын, тозу индикаторларын қолдану арқылы жүзеге асырылады. Осындай әдістердің бірі – Medalus (Mediterranean Desertification and Land Use), ол Еуропа, Солтүстік Африка және Орталық Азия елдерінде қолданылады. Бұл әдіс климаттық жағдайлар, топырақ сипаттамалары, жерді пайдалану және антропогендік жүктеме сияқты индикаторларға негізделіп отырып, аумақтардың тозуға бейімділігін бағалау кезінде қолданылады.

Google Earth Engine және ArcGIS платформалары арқылы эрозия картасы, жел эрозиясы, NDVI, LAI, GPP индекстері, сондай-ақ жауын-шашын сияқты климаттық факторларды соңғы 20 жылда алынған қашықтықтан зондтау деректерін пайдалану топырақтың тозу процестерін кешенді зерттеуге мүмкіндік берді [3–7].

Әдістері мен материалдары

Каспий маңы ойпаты – Еуразия құрлығының оңтүстік-батыс бөлігінде орналасқан кең алқапты табиғи-географиялық аймақ. Каспий теңізінің теңіз деңгейінің ауытқуы, ылғал айналымы мен жел режиміне әсер етуі тек тікелей жағалаудағы аумақтармен шектелмей, сондай-ақ ішкі құрлыққа қарай жатқан көршілес аймақтарға да таралады. Сондай ақ, Батыс Қазақстан облысы, оның ішінде Бөкейорда ауданы, Каспий маңы ойпатының құрамына кіреді және Каспий теңізінен қашық орналасқанына қарамастан, теңіздің жанама әсерін сезінеді. Сонымен қатар, теңіз маңындағы экологиялық тепе-теңдіктің бұзылуы – теңіз деңгейінің төмендеуі, жағалаудағы батпақты және сулы-батпақты аумақтардың кебуі – жанама түрде Батыс Қазақстанның табиғи жүйелеріне, оның ішінде жайылымдық жерлер мен топырақ ресурстарына да кері әсерін тигізуі мүмкін¹.

Көптеген шөлейттену бойынша зерттеулер әлеуметтік көрсеткіштерге (адам дамуының индексі – HDI, кедейлік индексі – GINI, білім беру, тұрғын үй), экономикалық көрсеткіштерге (жан басына шаққандағы табыс, жан басына шаққандағы жалпы ішкі өнім – GDP, кедейлік) және экологиялық жағдайларға (жауын-шашын мөлшері, құрғақшылық индексі, нормаланған өсімдік индекстері – NDVI) негізделген². Бұл көрсеткіштер ауыл шаруашылығы жерлерінің деградациясы сияқты таза физикалық құбылысты сипаттау үшін қолданылады, бұл көрсеткіштерді зерттеуге қосу топырақтың биофизикалық-химиялық деградациясын жақсырақ сипаттауға мүмкіндік береді.

GINI индексі (GINI коэффициенті) – табыстың немесе ресурстардың теңсіздігін өлшейтін негізгі экономикалық

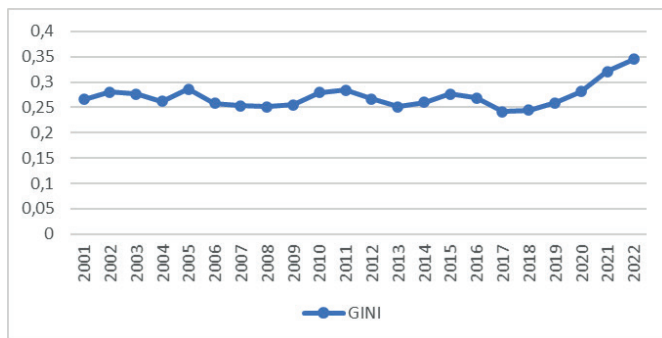
¹Қазақстан Республикасында шөлейттенуге қарсы күрес бағдарламасы (2005–2015 жж.). ҚР Үкіметінің 2005 жылғы 24 қаңтардағы № 49 қаулысымен бекітілген. [Электрондық ресурс]. URL: <http://www.eco.gov.kz/strategiya/pustutuua.php> (қаралған күні: 13.03.2025). Қолжетімділік режимі: ашық.

²ШОЛУ: Шөлейттену мәселесі галамдық және өңірлік деңгейлерде. 2017. URL: <https://carececo.org/main/news/obzor-problema-opustynivaniya-na-globalnom-i-regionalnom-urovnyakh/> (қаралған күні: 13.03.2025). Қолжетімділік режимі: ашық.

көрсеткіштердің бірі. Ол 0 мен 1 аралығында өзгереді, мұнда 0 толық теңдікке, ал 1 абсолютті теңсіздікке сәйкес келеді. GINI индексі көбінесе әлеуметтік-экономикалық зерттеулерде қолданылғанымен, оның жер және табиғи ресурстарға әсері маңызды талдау объектісі болып табылады. Жер ресурстарының бөлінісі GINI индексінің мәнімен тікелей байланысты. Жоғары GINI индексі ауыл шаруашылық жерлерінің, орман ресурстарының және су қорларының аз ғана топтың қолында шоғырланғанын көрсетеді.

Нәтижелер және талқылау

GINI индексі тек экономикалық көрсеткіш қана емес, сонымен қатар жер ресурстарының дұрыс бөлінуінің маңызды индикаторы болып табылады. GINI индексінің өсуі табиғи ресурстардың ұтымды бөлінуіне және жердің ұзақ мерзімді тұрақтылығына кері әсерін тигізеді. 1-суретте көрсетілген зерттеулер негізінде кедейлік индексінің соңғы жылдары жоғарылағаны байқалды. 2001 жылы көрсеткіш 0,266 болса, 2022 жылы 0,345-ке дейін өсті.



Сурет 1. GINI индексінің 2001–2022 жылдардағы көрсеткіші.

Figure 1. GINI index indicator for 2001–2022.

Рис. 1. Показатель индекса Джини за 2001–2022 годы.

Адам дамуының индексі (HDI) – бұл Біріккен Ұлттар Ұйымының Даму Бағдарламасы (UNDP) ұсынған көрсеткіш, ол денсаулық, білім және экономикалық жағдай сияқты үш негізгі факторға негізделеді.

HDI үш көрсеткіштің орташа арифметикалық мәні ретінде есептеледі [8]:

$$HDI = \frac{(I_{ден.} + I_{білім} + I_{таб.})}{3}, \quad (1)$$

мұнда:

$I_{ден.}$ – өмір сүру ұзақтығының индексі;

$I_{білім}$ – білім беру индексі;

$I_{таб.}$ – жан басына шаққандағы жалпы ұлттық табыс (ЖҰТ) индексі.

Өмір сүру ұзақтығының индексі

$$I_{ден.} = \frac{LE - 20}{85 - 20} = \frac{74,44 - 20}{85 - 20} \approx 0,836, \quad (2)$$

мұнда:

LE (Life Expectancy at Birth) – орташа өмір сүру ұзақтығы (жыл);

20 жыл – ең төменгі мән;

85 жыл – ең жоғарғы мән.

Білім индексі

$$I_{білім} = \frac{MYS}{15} + \frac{EYS}{18} = \frac{4}{15} + \frac{11}{18} = 0,439, \quad (3)$$

мұнда:

MYS (Mean Years of Schooling) – 25 жастан асқан ересектердің орташа білім алу

ұзақтығы (ең көбі 15 жыл);

EYS (Expected Years of Schooling) – қазіргі балалар үшін күтілетін оқу ұзақтығы

(ең көбі 18 жыл).

Табыс индексі

$$I_{таб.} = \frac{\log(GNI) - \log(100)}{\log(75000) - \log(100)} \approx 0,585, \quad (4)$$

мұнда:

GNI (Gross National Income per Capita) – жан басына шаққандағы жалпы ұлттық

табыс (ЖҰТ) (АҚШ долларымен, СКТ бойынша есептелген);

100 – ең төменгі мән;

75000 – ең жоғарғы мән.

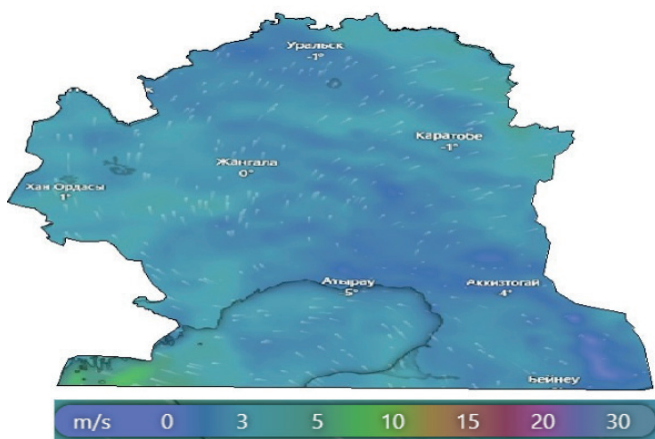
Жалпы HDI мәнін есептеу

$$HDI = \frac{(0,836 + 0,439 + 0,585)}{3} = 0,620.$$

Нәтижесінде Батыс Қазақстан облысы бойынша HDI көрсеткіші 0,620 болды. Ал Қазақстанның орташа көрсеткіші 0,811 құрайды. Бұл өңірдегі индекс деңгейі республикалық деңгейден едәуір төмендігін көрсетеді. Сондықтан HDI индексінің төмендігін аймақтағы шөлейттенудің қарқын алуының себептерінің бірі ретінде қарастыра аламыз.

Сондай-ақ жер ресурстарының деградациясына аймақтың жел және су эрозиясына ұшырауы айтарлықтай әсер етеді. Зерттеу аймағының Каспий теңізіне жақын орналасуы және жер бедерінің жазықтығы жел эрозиясына әкеліп соғады. Жел эрозиясы теңізге жақын аймақтарда жиі кездеседі, себебі ашық кеңістіктерде күшті желдер құм мен ұсақ топырақ бөлшектерін тасымалдайды. Гидрологиялық өзгерістер, оның ішінде теңіз деңгейінің көтерілуі мен төмендеуі, жағалаудағы топырақтың шайылуына және тұздануына әкеледі.

Каспий маңы ойпатының құрғақ климаты мен теңіз әсерінен болған топырақтың құрылымдық өзгерістері аймақтың шөлейттенуін тездетуде. Каспий теңізі маңындағы жерлерде жел, су эрозиясы және тұздану процестері қатар жүреді, бұл ауыл шаруашылығы мен экожүйелерге зиянын тигізеді. Каспий теңізі жағалауындағы ғана емес, көршілес аймақтарға да әсер етуде. 2-суретте көрсетілгендей Бөкейорда ауданына соғатын жел Каспий теңізі аумағынан бастау алады. Бұл аудан топырағының құрамындағы тұз көрсеткішінің көбею себептерінің бірі болып табылады және деградацияға алып келеді.



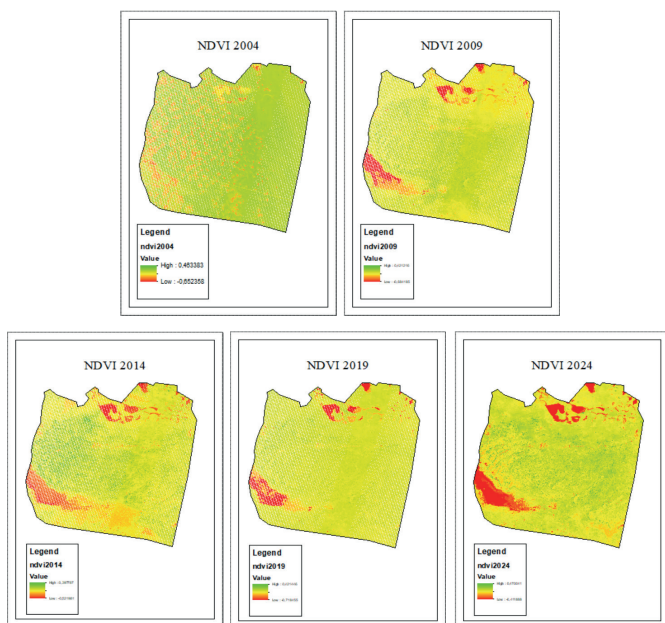
Сурет 2. Каспиймаңы және көршілес аймақтардағы жел бағыты.

Figure 2. Wind direction in the Caspian region and neighboring areas.

Рис. 2. Направление ветра в Прикаспийском и соседних регионах.

Шөлейттену процестері көбінесе өсімдіктер жамылғысының азаюымен, топырақтың деградациясымен және климаттық өзгерістермен байланысты болғандықтан, NDVI жердің тозуын бақылау мен болжауда кеңінен қолданылады. 3-суретке сәйкес Бөкейорда ауданындағы NDVI индексінің соңғы 20 жылдағы өзгерісін бақылау жұмыстары жүргізілді.

Индекс нәтижесінде өсімдік жамылғысы 2004 жылмен салыстырғанда 2024 жылы едәуір азайғаны байқалды. Оны өсімдіктердің фотосинтез процесі арқылы органикалық заттарды өндіру қабілетінің төмендеуімен түсіндіруге болады.

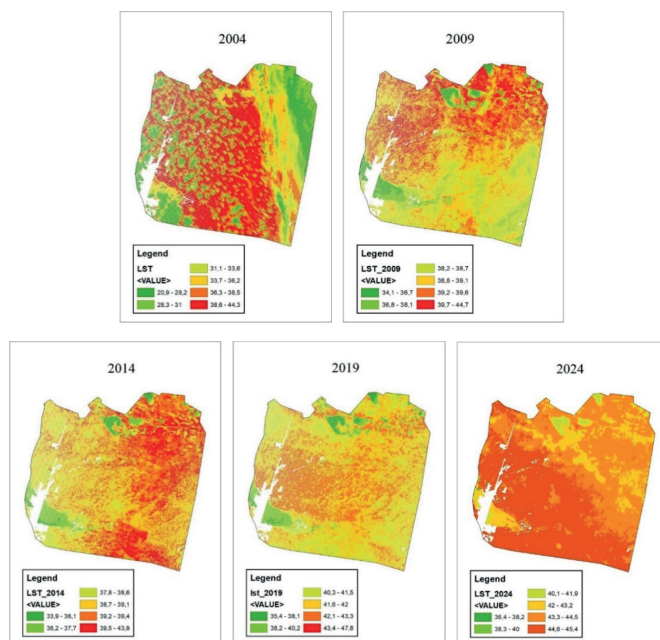


Сурет 3. 2004–2024 жылдар арасындағы NDVI индексі.

Figure 3. NDVI index for 2004–2024.

Рис. 3. Индекс NDVI за 2004–2024 годы.

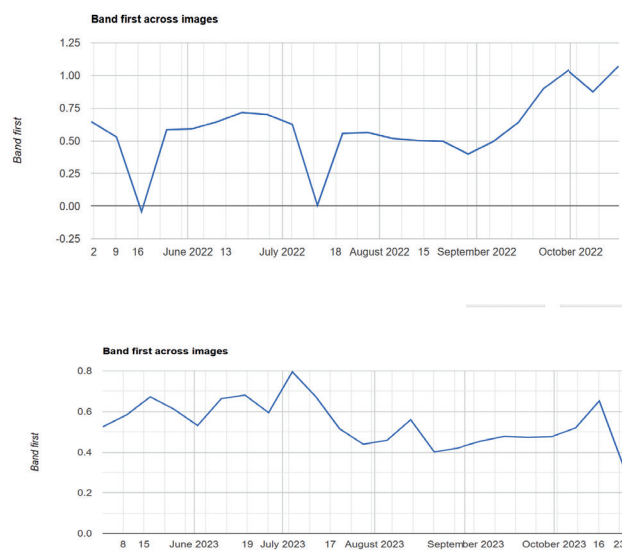
LST (Land Surface Temperature) индексі топырақтың және өсімдік жамылғысының жылу балансы туралы ақпарат беріп, құрғақшылық, топырақтың ылғалдылығы және шөлейттену үрдістерін бағалауға мүмкіндік береді. 4-суретте көрсетілгендей жер температурасы 2004 жылы 20,9 °C – 44,3 °C арасында болса, 2024 жылы 36,4 °C – 45,4 °C-қа дейін жоғарылағаны байқалды.



Сурет 4. 2004–2024 жылдар арасындағы LST индексі.

Figure 4. LST index for 2004–2024.

Рис. 4. Индекс LST за 2004–2024 годы.



Сурет 5. LAI индексінің 2022, 2023 жылғы көрсеткіштері.

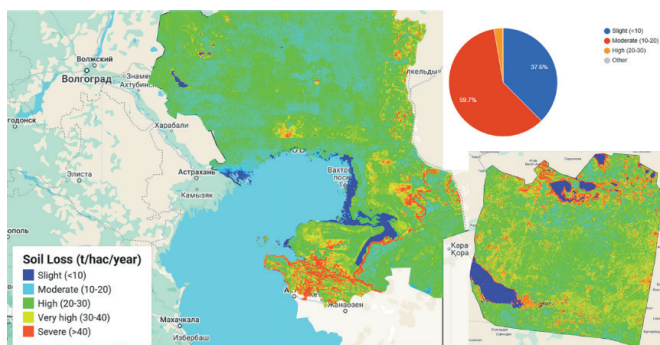
Figure 5. LAI index indicators for 2022 and 2023.

Рис. 5. Показатели индекса LAI за 2022 и 2023 годы.

LAI индексі шөлейттенудің, құрғақшылықтың, топырақ эрозиясының және климаттық өзгерістердің әсерін баға-

лауға мүмкіндік береді. Бөкейорда ауданының 2022, 2023 жылдарға LAI көрсеткіші төмен екені байқалды (5-сурет). 2022 жылы көрсеткіш максималды мәні 1,0-ге жетсе, 2023 жылы 0,8 ғана болған.

Жұмыс барысында алынған индекстер мен зерттелген деректер негізінде жер эрозия картасы жасалды (6-сурет). Каспий теңізінің жер эрозиясына әсері аймақ алыстаған сайын азайып отыр. Диаграммаға сәйкес картаның 59,7%-ы сәл эрозияға ұшыраса, 37,6%-ы орташа эрозия деңгейін қамтыды. Жоғары эрозия деңгейі тек 3,7%-ды алады, ал басқа жер эрозиясы деңгейлері қалған бөлікті құрады. Картада Каспий теңізінің маңындағы және басқа да аймақтарда топырақ эрозиясы айтарлықтай байқалады, әсіресе оңтүстік және оңтүстік-шығыс аймақтарда жоғары және өте жоғары эрозия деңгейлері байқалды.



Сурет 6. Каспиймаңы және Бөкейорда ауданының жер эрозиясы картасы.

Figure 6. Soil erosion map of the Caspian region and Bokeiorda district.

Рис. 6. Карта почвенной эрозии Прикаспийского региона и Бөкейординского района.

Осылайша, Каспий теңізінің әсері тек жағалау аймақтарымен шектелмей, ішкі шөлейтті аумақтарға да таралады. Бұл ерекшелікті ескере отырып, аймақтық жер ресурстарын басқару мен шөлейттену үдерісін болжау барысында Каспий маңы факторларын да назарда ұстау маңызды.

Қорытынды

Зерттеу нәтижесінде шөлейттенген жерлерді бақылауға арналған 3 индекс алынды. Жауын-шашын динамикасын талдау құрғақшылықтың әсерін, топырақтың тұздануын және шөлейттену қарқынын бағалауға мүмкіндік береді. Аймақта жауын-шашынның бірқалыпты болмауы топыраққа қосымша стресс тудырып, деградацияға әсер етеді. NDVI, LAI, LST индекстері біріктіріліп, өсімдіктер жамылғысының өзгерісін, топырақ эрозиясын және шөлейттенудің ұзақ мерзімді трендтерін анықтауға көмектеседі. Бұл процестердің барысын нақты бағалау үшін қолданылған NDVI талдауы нәтижесінде Бөкейорда ауданында өсімдік жамылғысының айтарлықтай азайғаны анықталды. Атап айтқанда, 2004 жылы NDVI мәні орта есеппен 0,42 болса, 2024 жылы бұл көрсеткіш 0,29-ға дейін төмендеді. Сонымен қатар, LST индексінің деректері 2004 жылы жер бетінің температурасы 20,9 °C – 44,3 °C аралығында болса, 2024 жылы бұл мән 36,4 °C – 45,4 °C-қа дейін жетті. Температураның мұндай өсуі топырақ ылғалдылығының азаюына, булану көлемінің артуына және өсімдіктердің тіршілік ету мүмкіндігінің төмендеуіне алып келеді. Бөкейорда ауданында 2022 жылы LAI максималды мәні 1,0 болған болса, 2023 жылы ол 0,8-ге дейін төмендеген. Бұл өсімдіктердің жалпы жапырақ массасының азайғанын, ал бұл өз кезегінде фотосинтез процесінің әлсіреуін білдіреді. Осылайша Бөкейорда ауданы мен Каспий маңы ойпаты осал аймақтар қатарына жатады, мұнда құмды және сортаң топырақтардың басым болуы, топырақтың ылғал тапшылығы және антропогендік факторлар шөлейттенуді жыл сайын артқандығы дәлелденуде.

АЛҒЫС

Бұл мақала BR24993218 «Каспий маңы өңірінің аумақтарында қолайсыз экологиялық жағдайларда топырақтың шөлейттенуі мен тозуы проблемаларын шешудің ұтымды және тиімді инновациялық әдістерін әзірлеу» бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру жобасы бойынша орындалды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Скоринцева И.Б., Басова Т.А., Тулетаев А. Қазақстандағы шөлейттену: жағдайы, мәселелері және шешу жолдары // *Ландшафттану*. 2021. № 3. Б. 18–26 (орыс тілінде)
2. Кобегенова Х.Н., Шакенова 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)
3. Қазақстан Республикасы жерінің жай-күйі мен пайдаланылуы туралы жиынтық талдамалық есеп. 2016 жыл. ҚР АШМ Жер ресурстарын басқару комитеті, Астана, 2017, 180 б. (орыс тілінде)
4. Өңірлік шөлейттенуді модельдеуге арналған кеңістіктік жүйелік-динамикалық модель Қытайдың Ордос аймағының мысалында / Xu D. [және т. б.] // *Қытайдағы ғылым. D Сериясы: Жер Туралы Ғылымдар*. 2009. № 39. Б. 516–528 (ағылшын тілінде)
5. Цинхай-Тибет үстіртіндегі шөлейттену процестерінде климаттың өзгеруі мен адам қызметінің салыстырмалы рөлдерін бастапқы таза өнімділік негізінде сандық бағалау / Li Q. [және т. б.] // *Катена*. 2016. № 147. Б. 789–796 (ағылшын тілінде)
6. Қашықтан зондау арқылы бағаланған альбедо жаһандық құрғақ аймақтардағы экожүйенің көпфункционалдылығымен өзара байланысты / Zhao Y. [және т. б.] // *Құрғақ Орта журналы*. 2018. № 157 (9). Б. 116–123 (ағылшын тілінде)

7. Бекенов М., Аубакирова Г., Жұмабекова А. Қазақстандағы топырақтың табиғи-климаттық және антропогендік факторлардың әсерінен деградациялануын бағалау // ҚР ҰҒА Хабаршысы. Ауыл шаруашылығы ғылымдары сериясы. 2020. № 2 (50). Б. 45–52 (орыс тілінде)
8. Barbier E.B., Hochard J.P. Жер деградациясы дамушы елдерде кедейлікті арттырады ма? // World Development. 2018. Т. 104. Б. 139–152 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Skorintseva I.B., Basova T.A., Tuletaev A. Opustynivanie v Kazakhstane: sostoyanie, problemy i puti ikh resheniya [Desertification in Kazakhstan: State, Problems, and Solutions], Landshaftovedenie [Landscape science]. 2021. No. 3. 18–26 pp. (in Russian)
2. Kobegenova H.N., Shakenova T.K. Degradatsiya svoistyv pochvy v rezul'tate vozdeistviya prirodnykh 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-Aleikhema [Bulletin of the Amur State University named after Sholom Aleichem]. 2017. No. 3 (28). 32–38 pp. (in Russian)
3. Svodnyi analiticheskii otchet o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' Respubliki Kazakhstan. 2016 god. Komitet MSKh RK po upravleniyu zemel'nymi resursami [Consolidated Analytical Report on the State and Use of Lands of the Republic of Kazakhstan. 2016. Committee for Land Resources Management of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan]. Astana, 2017, 180 p. (in Russian)
4. Assessing the relative role of climate change and human activities in sandy desertification of Ordos region China / Xu D. [et al.] // Sci. China Ser. D Earth Sci. 2009. No. 39. 516–528 pp. (in English)
5. Quantitative Assessment of the Relative Roles of Climate Change and Human Activities in Desertification Processes on the Qinghai-Tibet Plateau Based on Net Primary Productivity / Li Q. [et al.] // Catena. 2016. No. 147. 789–796 pp. (in English)
6. Albedo Estimated from Remote Sensing Correlates with Ecosystem Multifunctionality in Global Drylands / Zhao Y. [et al.] // Journal of Arid Environ. 2018. No. 157 (9). 116–123 pp. (in English)
7. Bekenov M., Aubakirova G., Zhumabekova A. Otsenka degradatsii pochv v Kazakhstane pod vozdeistviem prirodno-klimaticheskikh i antropogennykh faktorov [Assessment of Soil Degradation in Kazakhstan under the Influence of Natural-Climate and Anthropogenic Factors], Izvestiya NAN RK. Seriya sel'skokhozyaistvennykh nauk [Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Agricultural Sciences]. 2020. No. 2 (50). 45–52 pp. (in Russian)
8. Barbier E.B., Hochard J.P. Does land degradation increase poverty in developing countries? // World Development. 2018. V. 104. 139–152 pp. (in English)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Скоринцева И.Б., Басова Т.А., Тулетаев А. Опустынивание в Казахстане: состояние, проблемы и пути их решения // Ландшафтоведение. 2021. № 3. С. 18–26 (на русском языке)
2. 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)
3. Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель Республики Казахстан. 2016 год. Комитет МСХ РК по управлению земельными ресурсами, Астана, 2017, 180 с. (на русском языке)
4. Пространственная системно-динамическая модель для моделирования регионального опустынивания на примере региона Ордос, Китай / Ху Д. [и др.] // Наука в Китае. Серия D: Науки о Земле. 2009. № 39. С. 516–528 (на английском языке)
5. Количественная оценка сравнительных ролей изменения климата и антропогенной деятельности в процессах опустынивания на Цинхай-Тибетском плато на основе чистой первичной продукции / Li Q. [и др.] // Катена. 2016. № 147. С. 789–796 (на английском языке)
6. Альbedo, рассчитанное по данным дистанционного зондирования, коррелирует с мультифункциональностью экосистем в глобальных засушливых регионах / Zhao Y. [и др.] // Журнал по засушливой окружающей среде. 2018. № 157 (9). С. 116–123 (на английском языке)
7. Бекенов М., Аубакирова Г., Жумабекова А. Оценка деградации почв в Казахстане под воздействием природно-климатических и антропогенных факторов // Известия НАН РК. Серия сельскохозяйственных наук. 2020. № 2 (50). С. 45–52 (на русском языке)
8. Barbier E.B., Hochard J.P. Увеличивает ли деградация земель бедность в развивающихся странах? // World Development. 2018. Т. 104. С. 139–152 (на английском языке)

Авторлар туралы мәліметтер:

Мусахан Н.Н., магистрант, О.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасы, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), musanaznur@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0009-5610-2712>

Жақыпбек Ы., 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>

Турсбеков С.В., т.ғ.к., доцент, қауымдастырылған профессор, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), s.tursbekov@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0001-7320-5689>

Мустапаева С.Н., Ph.D докторы, Satbayev University қауымдастырылған профессоры (Алматы қ., Қазақстан), mustapayevasezim@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-1211-0605>

Information about the authors:

Mussakhan N.N., master's degree student, Department of Mine Surveying and Geodesy of the Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikonurov, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

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)

Tursbekov S., candidate of technical sciences, assistant professor, associate professor, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Mustapayeva S., Doctor Ph.D, Associate Professor, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Сведения об авторах:

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

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

Турсбеков С.В., к. т. н., доцент, ассоциированный профессор, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Мустапаева С.Н., доктор Ph.D, доцент Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)



26-я Китайская международная выставка нефтегазового и нефтехимического оборудования и технологий

26-28 марта, 2026

Китайский Международный Выставочный Центр (Зал Шуньни), Пекин

81

Стран и регионов

180,000+

Профессиональных посетителей

2,000+

Экспонентов

52

из Fortune Global 500

18

Международных павильонов

120,000m²

Выставочной площади

Среди участников выставки



Zhenwei International Exhibition Group, Beijing Zhenwei Exhibition Co., Ltd.

Адрес: Zhenwei Exhibition Building, Building III13, International Enterprise Avenue,

Yard 1, Jinghai 5th Road, Tongzhou District, Beijing

Тел: +86 10 5617 6968/6962

Факс: +86 10 5617 6998

Почта: cippe@zhenweexpo.com



Регистрация посетителей



WhatsApp

[f](#) cippezw

[x](#) cippe_zw

[in](#) cippe China