

ӨОЖ 631.95
FTAXP 89.57.01,89.57.25

DOI 10.52578/2305-9397-2023-3-2-92-106

Зулпыхаров К. Б., Ph.D, докторант, негізгі автор, <https://orcid.org/0000-0002-0275-2463>
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Әл-Фараби даңғылы 71, 050038, Қазақстан, kanat.zulpykharov@gmail.com
Кудайбергенов М.К., Ph.D., <https://orcid.org/0000-0001-8316-8949>
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Әл-Фараби даңғылы 71, 050038, Қазақстан, kudaibergenov.muratbek@gmail.com
Токбергенова А.А., география ғылымдарының кандидаты, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-0776-7242>
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Әл-Фараби даңғылы 71, 050038, Қазақстан, tokbergen@mail.ru
Таукебаев О. Ж., Ph.D, <https://orcid.org/0000-0002-7959-1434>
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Әл-Фараби даңғылы 71, 050038, Қазақстан, omirzhan.taukebayev@gmail.com
Нысанбаева А.С., география ғылымдарының кандидаты, доцент, <https://orcid.org/0000-0003-1611-7775>
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті Алматы қ., Әл-Фараби даңғылы 71, 050038, Қазақстан, nyssaiman17@gmail.com
Дүйсенбаев С.М., аға оқытушы, <https://orcid.org/0000-0003-3146-1996>
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Әл-Фараби даңғылы 71, 050038, Қазақстан, duysenbaev@mail.ru
Сейтқазы М. М., картография магистрі, <https://orcid.org/0000-0002-3291-4152>
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Әл-Фараби даңғылы 71, 050038, Қазақстан, moldirseytqazy@gmail.com
Калиева Д. М., Ph.D., <https://orcid.org/0000-0002-5151-2204>
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Әл-Фараби даңғылы 71, 050038, Қазақстан, kaliyeva.damira@kaznu.kz

Zulpykharov K. B., Ph.D. student, the main author, <https://orcid.org/0000-0002-0275-2463>
Al-Farabi Kazakh National University Almaty, Al-Farabi avenue 71, 050038, Kazakhstan, kanat.zulpykharov@gmail.com
Kudaibergenov M. K., Ph.D. student, <https://orcid.org/0000-0001-8316-8949>
Al-Farabi Kazakh National University Almaty, Al-Farabi avenue 71, 050038, Kazakhstan, kudaibergenov.muratbek@gmail.com
Tokbergenova A. A., candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-0776-7242>
Al-Farabi Kazakh National University Almaty, Al-Farabi avenue 71, 050038, Kazakhstan, tokbergen@mail.ru
Taukebayev O. Zh., Ph.D. student <https://orcid.org/0000-0002-7959-1434>
Al-Farabi Kazakh National University Almaty, Al-Farabi avenue 71, 050038, Kazakhstan, omirzhan.taukebayev@gmail.com
Nyssanbayeva A.S., Candidate of Geography, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0003-1611-7775>,
Al-Farabi Kazakh National University Almaty, Al-Farabi avenue 71, 050038, Kazakhstan, nyssaiman17@gmail.com,
Dyusenbayev S.M., senior lecturer, <https://orcid.org/0000-0003-3146-1996>
Al-Farabi Kazakh National University Almaty, Al-Farabi avenue 71, 050038, Kazakhstan, duysenbaev@mail.ru
Seitkazy M. M., master of cartography, <https://orcid.org/0000-0002-3291-4152>

Al-Farabi Kazakh National University Almaty, Al-Farabi avenue 71, 050038, Kazakhstan, moldirseytqazy@gmail.com

Kaliyeva D. M., Ph.D. student, <https://orcid.org/0000-0002-5151-2204>

Al-Farabi Kazakh National University Almaty, Al-Farabi avenue 71, 050038, Kazakhstan, kaliyeva.damira@kaznu.kz

**ЖЕРДІ ПАЙДАЛАҢУ ТУРАЛЫ ДЕРЕКТЕРДІ ГЕНЕРАЦИЯЛАУ ЖӘНЕ
ВЕГЕТАЦИЯЛЫҚ ИНДЕКСТЕРДІ ЕСЕПТЕУ ҮШІН ҒАРЫШТЫҚ СУРЕТТЕРДІ
ТАҢДАУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ (БАТЫС ҚАЗАҚСТАН АЙМАҒЫ МЫСАЛЫНДА)
ANALYSIS AND SELECTION OF SATELLITE IMAGES FOR GENERATING LAND USE
DATA AND CALCULATING VEGETATION INDICES (ON THE EXAMPLE OF THE
WEST KAZAKHSTAN REGION)**

Аннотация

Соңғы жылдары ЖКЗ деректерін пайдалана отырып, вегетациялық индекстерді есептеу, соның ішінде өсімдіктердің нормаланған айырмашылық индексі (NDVI) бойынша жерді пайдалану мен жер жамылғысының өзгеруін анықтау және бақылау әдісі кеңінен қолданылады. Ұсынылып отырған жұмыста MODIS (MOD13Q1) деректерін пайдалана отырып, 2002, 2012 және 2022 жылдардағы Батыс Қазақстан аймағының көктем және жаз айларындағы NDVI және мамыр айындағы EVI индекстері есептелінді. Зерттеу аумағындағы NDVI индексінің сандық мәндері: 0-ден 0.15-ке дейін өте төмен, 0.15-ден 0.2-ге дейін төмен, 0.2-ден 0.3-ке дейін орташа, 0.3-тен 0.4-ке дейін жоғары және 0.4-тен жоғары өте жоғары көрсеткіштерімен бағаланды.

2002 жылы зерттеу аумағындағы өсімдік жамылғысының өте төмен (0-0.15) көрсеткіштеріне жататын жерлердің ауданы 0.78 млн гектардан 2022 жылы 19.21 млн гектарға, ал өсімдік жамылғысының төмен (0.15-0.2) көрсеткіштеріне ие жерлердің ауданы 14.05 млн гектардан 17.48 гектарға өскен. Алайда, 2002-2022 жж аралығында өсімдік жамылғысының орташа (0.2-0.3) көрсеткішіне ие жерлердің ауданы 24.13 млн гектардан 15.72 млн гектарға, жоғары (0.3-0.4) көрсеткіштегі жерлер 20.54 млн гектардан 11.4 млн гектарға және өте жоғары (>0.4) санаттағы жерлер 13.27 млн гектардан 7.98 млн гектарға дейін қысқарған. 2022 жылғы көрсеткіштер бойынша аумақтағы өсімдік жамылғысының кейбір санаттары 2012 жылға қарағанда жақсарған, алайда, өсімдік жамылғысы өте төмен (0-0.15) көрсеткіштеріне ие жерлердің ауданы үздіксіз ұлғайып келеді. Мұндай учаскелердің басым бөлігі Маңғыстау облысында болғандықтан Landsat 8-9 (OLI-TIRS) деректері негізінде қосымша NDVI, EVI, GNDVI және CVI индекстері есептелінді.

Зерттеу нәтижелері соңғы жылдары аумақтың өсімдік жамылғысының нашарлауының негізгі себебі климаттық факторларға, атап айтқанда температураның жоғарылауына және жауын-шашынның азаюына тікелей байланысты екенін анықтады.

ANNOTATION

In recent years, the method of calculating vegetation indices based on remote sensing data has become widespread, including the determination and monitoring of changes in land use and vegetation cover according to the normalized vegetation index (NDVI). In the proposed work, NDVI and EVI indices for the spring and summer months of the West Kazakhstan region for 2002, 2012 and 2022 are calculated using MODIS data (MOD13Q1). The quantitative values of the NDVI index in the study area were estimated by very low vegetation index values from 0 to 0.15, low from 0.15 to 0.2, average from 0.2 to 0.3, high from 0.3 to 0.4 and very high values >0.4.

In 2002, the area of land in the study area belonging to the category with an extremely low vegetation index (0-0.15), increased from 0.78 million hectares to 19.21 million hectares. In 2022, the area of land belonging to the category of low vegetation index (0.15-0.2) – from 14.05 million hectares to 17.48 hectares. However, in the period from 2002 to 2022, the area of land with average indicators (0.2-0.3) of vegetation decreased from 24.13 million hectares to 15.72 million hectares, the land of the highest (0.3-0.4) – from 20.54 million hectares to 11.4 million hectares. million hectares,

and lands with very high indicators (>0.4) – from 13.27 million hectares to 7.98 million hectares. According to the data of 2022, some vegetation index indicators have improved compared to 2012. The area of land with very low vegetation index indicators (0-0.15) is continuously increasing. Since a significant part of such sites are located in the Mangystau region, additional NDVI, EVI, GNDVI and CVI indices were calculated based on Landsat 8-9 (OLI-TIRS) data.

The results of the study found that the main reason for the deterioration of the vegetation cover of the territory in recent years has a direct dependence on climatic factors, in particular, an increase in temperature and a decrease in precipitation.

Түйін сөздер. Жерді қашықтан зондтау, Геоақпараттық жүйелер, MODIS, Landsat, өсімдік, климаттық факторлар.

Keywords. Remote sensing, GIS, MODIS, Landsat, vegetation, climatic factors.

Кіріспе. Соңғы онжылдықта жобалаушылар мен жерге орналастырушылар [1,2] үшін географиялық ақпараттық жүйелер (ГАЖ) мен кеңістіктік деректер, әсіресе Жерді қашықтан зондтау деректерін (ЖҚЗ) қолданудың маңызы айтарлықтай өсті [3]. Қазіргі таңда, ЖҚЗ деректері жерді пайдалану, қоршаған орта мен жер бетіндегі өзгерістерді анықтауда, бақылау жасауда және оларды картаға түсіруде, сондай-ақ, олардың көп жылдық өзгеру динамикасын бағалауда үлкен маңызға ие. Өйткені, сандық форматтардағы мұрағаттық (архивтік) ЖҚЗ деректерін қазіргі деректермен салыстыра отырып талдау арқылы жерді пайдалану мен қоршаған ортадағы өзгерістердің динамикасын көру және бағалауда құнды деректер жиынтығы болып табылады [4,5].

Жерді қашықтан зондтау - зерттелетін нысандармен тікелей физикалық байланысқа түспей, әр түрлі түсіруші құрал-жабдықтармен жабдықталған әуе және ғарыштық құрылғылармен бақылау әдісі болып табылады [6,7].

Қашықтан зондтау құрылғыларының жұмыс жасау тәртібіне байланысты 3 санатқа бөлуге болады: жер үсті, әуедегі (борттық) және спутниктік [6,7,8,9]. Сонымен қатар, Ғарыштық түсірілімдерді жүргізетін аппаратураларды негізінен екі үлкен топқа бөледі: электронды оптикалық және радарлық. Бүгінгі күнде орташа есеппен он ЖҚЗ аппаратының тоғызы электронды-оптикалы аппараттар. Себебі, оптикалық аппараттар жер бетін адам көзі көре алатын, не соған өте жақын спектр аясында бақылайды [10].

ЖҚЗ деректерінің платформасын бағалау кезінде кеңістіктік және спектрлік дәлдігін де ескеру қажет. Кеңістіктік дәлдік жер бетін жабатын спутниктік немесе аэрофотосуреттердің пиксель өлшемін анықтайды және жер бетінде танылуы мүмкін ең кішкентай объектінің өлшемдерімен байланысты. Ал, сенсордың спектрлік дәлдігі сенсор шағылысқан сәулеленуді жинай алатын спектрлік жолақтардың (канал) енін көрсетеді [7].

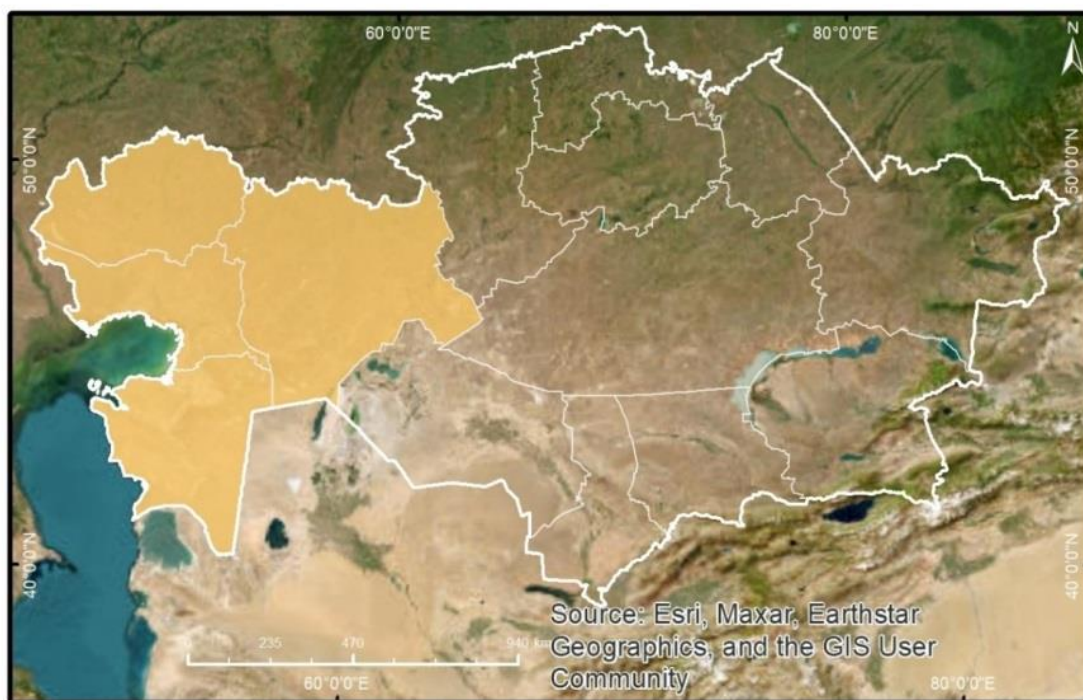
Кеңістіктік дәлдігі бар метеорологиялық спутниктік деректер 1960 жылдардан бастап қол жетімді болғанымен, кеңістіктік дәлдігі орташа (250 м) ғарыштан жер бетін бақылау 1972 жылы Жер ресурстарын зерттеуге арналған спутниктер сериясының біріншісін (Landsat) ұшырумен ғана басталды. Соңғы жылдары сенсорлары көп және кеңістіктік дәлдігі жоғары көптеген спутниктік платформалар пайда болды [1]. Мысалы, 1996 жылдан 2010 жылдарға дейінгі аралықта 100 ден аса жаңа жасанды жер серіктері (спутник) ұшырылды [11]. Сонымен қатар, соңғы жылдары жоғары ажыратымдылықтағы спутниктік деректерді жинау технологиясы қарқынды дамып келеді. Нәтижесінде, қазіргі таңда кеңістіктік, спектрлік және түсіру жиілігіне (қайталап түсіру уақытының аралығы) байланысты жер бетін Қашықтан зондтау деректерінің үлкен таңдауы бар.

Соңғы жылдардағы ғаламдық климаттық өзгеру жағдайында, құрғақ және жартылай құрғақ аймақтардағы қарқынды жүріп жатқан шөлдену мен деградациялық үрдістердің негізгі көрсеткішін айқындайтын өсімдік жамылғысының өзгеру динамикасын анықтауда да ЖҚЗ деректерінің алатын орны ерекше. Дегенмен, жер бетіндегі өзгерістерді анықтау мақсатына байланысты ЖҚЗ деректерін таңдауда, олардың түсірілімдерін жүргізетін аппаратураларына (оптикалық немесе радарлық), олардың түсіру жиілігіне (қайталанатын уақыт аралығы) және

ғарыштық суреттердің кеңістіктік дәлдігіне (жоғары, орта және төмен дәлдіктегі) мән беру қажет.

Жоғарыдағы аталған мәселелерді ескере отырып, мақаланың негізгі мақсаты мен міндеттері айқындалды. Бұл жұмыстың негізгі мақсаты – Батыс Қазақстан территориясының алып жатқан аумағына байланысты ғарыштық суреттерді таңдай және талдай отырып, аумақтағы өсімдік жамылғысының өзгерістеріне талдау жасау.

Зерттеу материалдары мен әдістері. *Зерттеу нысаны.* Батыс Қазақстан - әкімшіліктік-аумақтық бөлінісі бойынша Ақтөбе, Атырау, Батыс Қазақстан және Маңғыстау облыстарын біріктіретін экономикалық аймақ. Аймақтың жалпы ауданы 736 мың км² құрап, оңтүстіктен солтүстікке қарай 41°21'08" с.е. 51°43'15" с.е., ал батыстан шығысқа қарай 46°29'22" ш.б. және 64°08'57" ш. б. аралығында орналасқан (1-сурет).



Сурет 1 – Зерттеу нысаны

Зерттеу аумағы келесідей үш негізгі ландшафттық зонаның табиғи кешендерімен сипатталады: 1) дала – бетегелі шөпті далалардың оңтүстік субзоны; 2) шөлейт зонасы; 3) солтүстік және оңтүстік болып екі субзонаға бөлінетін шөл зонасы.

Аумақта таулы және жазық рельеф формалары көрініс тапқандықтан, күрделі геоморфологиялық ерекшеліктерімен сипатталады. Батыс Қазақстан аймағының солтүстік жартысының батыс бөлігі солтүстіктен оңтүстікке қарай төмендейді, яғни абсолюттік биіктігі 80–200 м-ге болатын Жалпы сырт таулы қыратынан біртіндеп оңтүстікке қарай Каспий маңы ойпатына ұласады. Ал, оңтүстік жартысының шығыс бөлігінің жер бедері Орал тауларының оңтүстік сілемдерімен, соның ішінде Мұғалжардың оңтүстік сілемдерімен күрделене түседі. Аймақтың оңтүстік бөлігін Үстірт пен Маңғышылақ түбегі алып жатыр.

Батыс Қазақстан аймағының солтүстіктен оңтүстікке едәуір созылып орналасуына байланысты аумақтық климаттық жағдайы әр алуан болып келеді. Қаңтардың орташа ауа температурасы солтүстіктен оңтүстікке -15°C-тан -7°C-қа дейін көтеріледі. Шілде айындағы изотермалар ауа температурасының солтүстіктен оңтүстікке қарай жоғарылауын қайталайды, шілде айындағы ауа температурасының аймақтың солтүстік жартысында +22°C-тан +27°C-қа дейін өсуі байқалады. Ал, зерттеу аумағындағы атмосфералық жауын-шашынның мөлшері солтүстіктен оңтүстікке қарай 350 мм-ден 150 мм-ге дейін біртіндеп төмендеуімен сипатталады.

Аймақтағы өзендер желісі солтүстік бөлігінде ғана дамыған және олардың ішіндегі ең ірісі – Жайық өзені. Сонымен қатар, Жем, Сағыз, Ырғыз, Ембі және т.б сияқты арнасы кеуіп жатқан бірқатар өзендер бар.

Батыс Қазақстан аймағының солтүстік дала бөлігі қоңыр (каштан) топырақ және оның түршелерімен алмастырылатын оңтүстік аз гумусты қара топырақ субзонасына жатады. Шөлді аймақтың солтүстік бөлігінде қоңыр топырақ, оңтүстік шөлде (Үстірт) сұр – қоңыр топырақ дамыған. Өзен аңғарларында кең таралған шалғынды топырақтар олар құнды жем-шөп дайындауға қолайлы жерлер болып табылады. Сонымен қатар, аумақтың едәуір бөлігін сортаңдар, сор және құмды массивтер алып жатыр.

Зерттеу аумағының солтүстік жіңішке дала белдеуі түгелдей дерлік жыртылған, оған дейін бұл аумақ бетегелі шөпті дала болған. Ағаш-бұта өсімдіктері тек өзен аңғарларында кездеседі. Оңтүстікке қарай өсімдіктер жартылай шөлейтті жусанды-дәнді өсімдіктерге ауысады. Тұзды жерлерде галафитті өсімдіктермен сипатталса, ал өзен аңғарларында шалғынды өсімдіктер кең таралған. Шөл өсімдіктері негізінен ақ және қара жусан, изен, баялыш, түйе тікенегі және т.б. басым болатын біркелкі түрлері мен сирек кездесетін ксерофитті жартылай бұталардан тұрады.

Бастапқы материалдар. Батыс Қазақстан аймағындағы вегетациялық индекстерді есептеуде, зерттеу аумағының ауқымды территорияны қамтуына байланысты бірнеше ЖҚЗ деректері пайдаланылды. Атап айтқанда, Батыс Қазақстан аймағының барлық территориясын қамтитын кеңістіктік дәлдігі 250 м, түсіру жиілігі 16 күн және 6-нұсқасының спектрорадиометрі 3-деңгейдегі Terra MODIS-тің (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) 2002, 2012, 2022 жылдардағы 18 өнімі пайдаланылды. MODIS жүйесінің мақсаты (орташа ажыратымдылықтағы сканерлеуші спектрорадиометр) біртұтас жүйе ретінде жердің калибрленген жаһандық интерактивті модельдері үшін деректерді жинаудан тұрады. Жер бетіндегі MODIS деректері Terra спутнигінен әр 2 күн сайын 36 спектрлік аймақта (0.405-14.385 мкм диапазонында) 250-1000 м дәлдікте алынады, бұл жаһандық және аймақтық масштабта модельдеуді қамтамасыз етеді. MODIS жүйесі сонымен қатар Aqua спутнигіне орналастырылады, бұл кіріс деректерінің санын екі есе арттырады [12]. Сонымен қатар, бұл деректер жергілікті деңгейде жоспарлау мен жер ресурстарын басқару мақсаттары үшін тым өрескел болғанымен, олар аймақтық және ұлттық деңгейде бағалау үшін кеңінен пайдаланылады. [13,14].

Осыған байланысты, Батыс Қазақстан аймағының барлық территориясын қамтитын аймақтық масштабта вегетациялық индекстерді есептеуде MODIS деректері қолданылды. Дегенмен, аймақтық және ұлттық масштабтағы аумақтардың жер беті өзгерістерін бақылауда MODIS деректерінің алатын орны ерекше болғанымен, урбандалған аймақтардың маңын, ауыл шаруашылығы жерлерін, сондай-ақ, табиғи ортада жалпы картографиялық жұмыстарды жүргізу үшін Landsat сериялы спутнигінің деректері өте маңызды болып табылады. Соныдай-ақ, Landsat сериялы спутнигінің мұрағаттық суреттері бүгінде тарихи өзгерістерді анықтау бойынша зерттеулер үшін баға жетпес деректер жиынтығының маңызды құрамдас бөлігі болып табылады.

Жоғарыда атап өткеніміздей, бүкіл Батыс Қазақстан аймағындағы вегетациялық индекстерді есептеу үшін кеңістіктік дәлдігі 250 м болатын MODIS деректері пайдаланылса, аймақтағы өсімдік жамылғысының өзгеру көрсеткіштерін анығырақ көрсету мақсатында Батыс Қазақстан аймағының құрамындағы Маңғыстау облысы таңдалынып алынды. Маңғыстау облысын кілттік зерттеу нысаны ретінде таңдап алуымызға және қызығушылық танытуымызға өңірдегі 2021 жылғы болған құрғақшылық ықпал етті.

Маңғыстау облысындағы вегетациялық индексті есептеу үшін Landsat 8-9 (OLI-TIRS) спутнигінің 2017, 2022 жылдардағы 64 кескіні пайдаланылды. Landsat 8-9 кескіндері USGS АҚШ Геологиялық қызметінің Жерді бақылау және ғылым орталығының (EROS) ашық ресурстық базасының сайтынан (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) алынды [15].

Климат топырақ түзілуінде және өсімдік динамикасында маңызды рөл атқарады. Зерттеу аумағындағы климаттық жағдайды сипаттауда 2002-2022 жылдар аралығындағы Орал, Ақтөбе, Шалқар, Атырау, Құлсары, Ақтау және Бейнеу метеорологиялық станцияларынан алынған орташа жылдық ауа температурасы мен жауын-шашын мөлшерінің мәліметтері пайдаланылды [16].

Зерттеу әдістері. Батыс Қазақстан аймағының толық аумағын қамтитын MODIS (MOD13Q1) өдеректерін пайдалана отырып, 2002, 2012 және 2022 жылдардағы көктем және жаз айларындағы NDVI индексі есептелінді. Сонымен қатар, 2002, 2012 және 2022 жылдардың көктем мезгілінің аяғы мен жаз мезгілінің басындағы EVI индекстері есептелінді. MOD13Q1 NDVI және EVI атмосфералық түзетілген екі бағытты беттік шағылысу мәндерінен есептелді. Ал, Маңғыстау облысының аумағын қамтитын 2017 және 2022 жылдардағы Landsat 8-9 (OLI-TIRS) сериялы спутнигінің кескіндері негізінде NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), EVI (Enhanced Vegetation Index), GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index) және CVI (Chlorophyll Vegetation Index) сияқты вегетациялық индекстері есептелінді. Бұл вегетациялық индекстер ArcGIS 10.8 бағдарламасының көмегімен келесідей формулалармен есептелінді:

$$\begin{aligned} NDVI &= \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)} && \text{немесе} && NDVI = (B5 - B4) / (B5 + B4) [17] \\ EVI &= 2.5 * \frac{(NIR - Red)}{(NIR + 6 * Red - 7.5 * Blue + 1)} && \text{немесе} && EVI = 2.5 * (B5 - B4) / (B5 + 6 * B4 - 7.5 * B2 + 1) [18] \\ GNDVI &= \frac{(NIR - Green)}{(NIR + Green)} && \text{немесе} && GNDVI = (B5 - B3) / (B5 + B3) [19] \\ CVI &= \frac{NIR}{Green} * \frac{Red}{Green} && \text{немесе} && CVI = (B5 / B3) * (B4 / B3) [20] \end{aligned}$$

Зерттеу нәтижелері. MODIS (MOD13Q1) деректері негізінде Батыс Қазақстан аймағының 2002, 2012 және 2022 жылдардағы көктем және күз мезгіліндегі негізгі вегетациялық көрсеткіштерің бірі нормаланған өсімдік айырмашылығы индексі (NDVI), сонымен қатар көктем мезгіліндегі жетілдірілген өсімдік (EVI) индексі есептелінді (2 және 3 суреттер). Көп спектрлі кескіндердің күрделілігін жеңілдету үшін пайдаланылатын қашықтан зондтаудың ең алғашқы аналитикалық өнімдерінің бірі болып табылатын NDVI қазіргі таңда өсімдіктерді бағалау үшін қолданылатын кең тараған индекс болып табылады. Ұсынылып отырған жұмыста, зерттеу аумағындағы NDVI кескіндерінің сандық мәндері: 0-ден 0.15-ке дейін өте төмен, 0.15-ден 0.2-ге дейін төмен, 0.2-ден 0.4-ке дейін орташа, 0.4-тен 0.5-ке дейін жоғары және 0.5-тен жоғары өте жоғары тығыздық көрсеткіштерімен бөлініп алынды (1-кесте және 3-сурет).

2 және 3 суреттерден көріп отырғанымыздай, MODIS деректері бойынша Батыс Қазақстан аймағындағы өсімдік жамылғысының 2002-2022 жылдар аралығында айтарлықтай өзгергендігін байқауға болады.

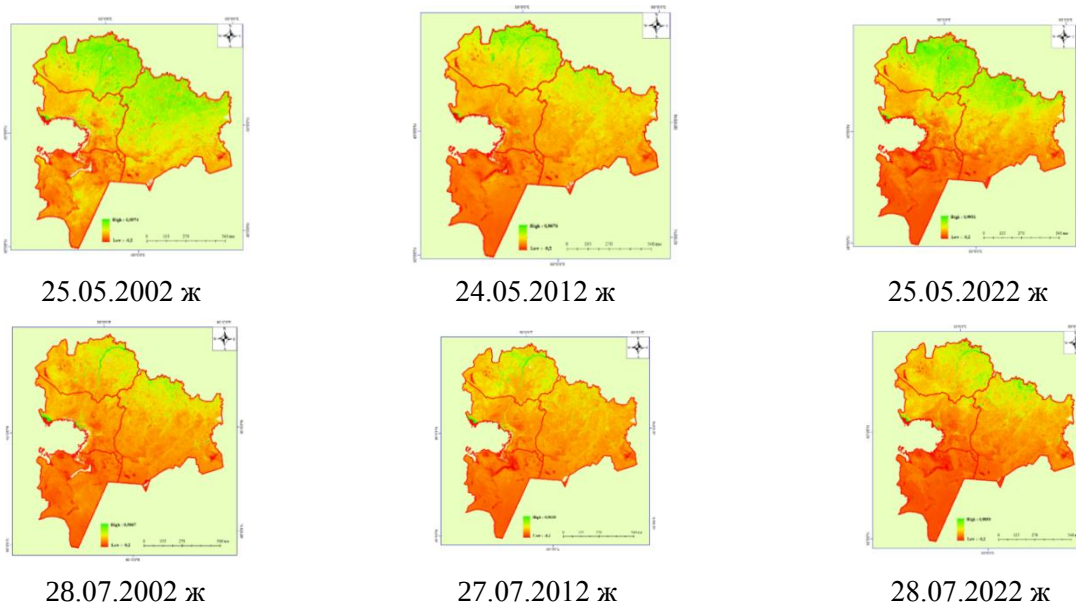
Зерттеулер көрсеткендей, Батыс Қазақстан аумағындағы өсімдік жамылғысы тығыздығы бойынша өте төмен (0-0.15) мен төмен (0.15-0.2) класстарындағы жерлердің ауданы ұлғайған, ал керісінше орташа (0.2-0.3), жоғары (0.3-0.4) және өте жоғары (>0.4) класстарындағы жерлердің ауданы қысқарған (Кесте 1). Мысалы, зерттеу аумағындағы өсімдік жамылғысы бойынша өте төмен класстағы (0-0.15) аумақтардың ауданы 2002 жыл 0.78 млн га болса, 2022 жылы 19.21 млн га аумақты құрады, яғни 18.43 млн га аумаққа немесе 2463 % ұлғайған. Аумақтағы өсімдік жамылғысының төмен (0.15-0.2) классындағы жерлердің ауданы 2002 жылы 14.05 млн га болса, 2022 жылы 17.48 млн құрап, 3.43 млн га өскен немесе 124.4 % артқан.

Керісінше, зерттеу аумағындағы өсімдік жамылғысының орташа (0.2-0.3) классындағы жерлердің ауданы 2002 жылы 24.13 млн гектардан 2022 жылы 15.72 млн гектарға (8.41 млн га), жоғары (0.3-0.4) класстағы жерлердің ауданы 20.54 млн гектардан 12.38 млн гектарға (8.16 млн га) және өте жоғары (>0.4) класстағы жерлердің ауданы 13.27 млн гектардан 7.98 млн гектарға (5.29 млн га) дейін қысқарған (1-кесте және 2, 5-сурет).

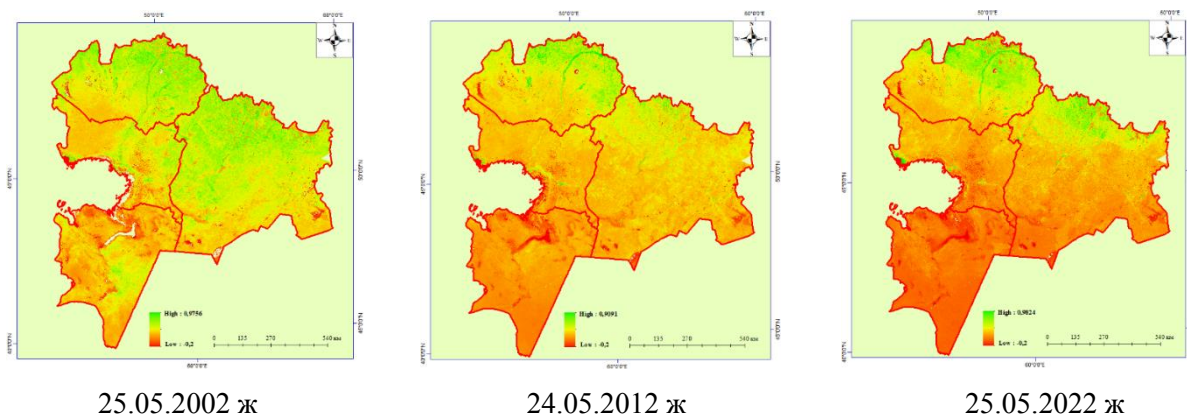
Кесте 1 – 2002, 2012 және 2022 жылдар аралығындағы Батыс Қазақстан аймағының өсімдік жамылғысы көрсеткіштерінің (NDVI) өзгеру динамикасы (көктемнің соңы жаздың басы)

NDVI көрсеткішінің тығыз дық кластары	2002 жылғы NDVI көрсеткіштері		2012 жылғы NDVI көрсеткіштері		2022 жылғы NDVI көрсеткіштері		2002 және 2012 жылдар аралығындағы өзгерісі		Орташа өзгеру жылдамдығы		2012 және 2022 жылдар аралығындағы өзгерісі		Орташа өзгеру жылдамдығы	
	ауданы		ауданы		ауданы		ауданы		ауданы		ауданы		ауданы	
	млн га	%	млн га	%	млн га	%	млн га	%	млн га /жыл	%	млн га	%	млн га /жыл	%
Өте төмен (0.0-0.15)	0.78	1.0	12.9	17.7	19.21	26.4	+12.12	+1554	+1.21	+155.4	+6.31	+48.9	+0.63	+4.5
Төмен (0.15-0.2)	14.05	19.3	28.16	38.7	17.48	24	+14.11	+100.4	+1.41	+10.04	-10.68	-37.9	-1.06	-3.79
Орташа (0.2-0.3)	24.13	33.2	21.1	29	15.72	21.6	-3.03	-12.5	-0.30	-1.25	-5.38	-25.5	-0.53	-2.55
Жоғары (0.3-0.4)	20.54	28.3	8.32	11.4	12.38	17	-12.22	-59.5	-1.22	-5.95	+4.06	+55.3	+0.40	+5.53
Өте жоғары (>0.4)	13.27	18.2	2.29	3.2	7.98	11	-10.98	-87.2	-1.09	-8.72	+5.69	+248.4	+0.57	+24.8
Бар лығы	72,77	100	72,77	100	72,77	100	-	-	-	-	-	-	-	-

Батыс Қазақстан аумағындағы өсімдік жамылғысының орташа (0.2-0.3) классындағы жерлердің ауданы 2002 -2002 жж аралығындағы қысқару көрсеткіштері 65.1 %, жоғары (0.3-0.4) класстағы жерлердің ауданы 60.3 %, ал өте жоғары (>0.4) класстағы жерлердің ауданы 60.1 % құраған. Алайда, өңірдегі өсімдік жамылғысының көрсеткіштері 2002-2022 жылдарды салыстырғанда айтарлықтай төмен тенденция көрсеткенімен, 2012 жылмен салыстырғанда кейбір өсімдік жамылғысы класстарының жақсы жағына қарай өзгергендігі байқалады (1-кесте және 2,5-суреттер).

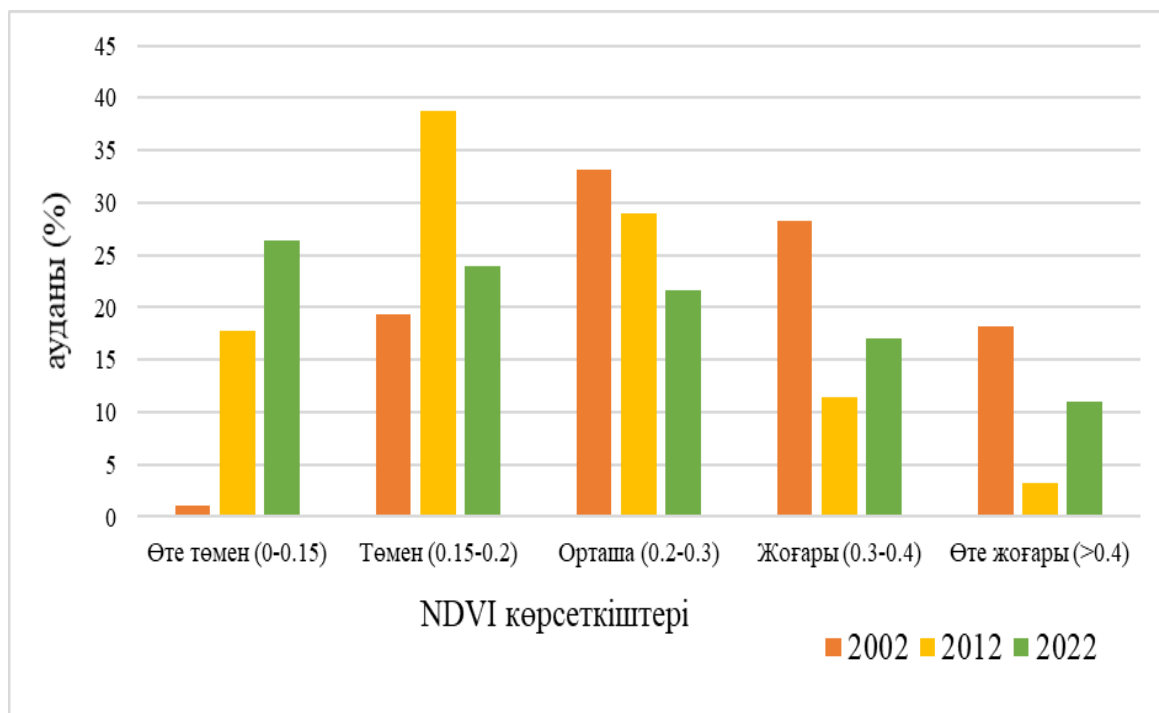


Сурет 2 – MODIS деректері негізінде Батыс Қазақстан аймағының 2002, 2012 және 2022 жылдардағы нормаланған салыстырмалы вегетациялық индексі (NDVI) (көктем және жаз мезгілдері)



Сурет 3 – MODIS деректері негізінде Батыс Қазақстан аймағының 2002, 2012 және 2022 жылдардағы жетілдірілген вегетациялық индексі (EVI) (көктем мезгілі)

Зерттеу кезеңдерінің (2002, 2012 және 2022 жылдар) ішінде аумақтағы өсімдік жамылғысының ең төменгі көрсеткіштері 2012 жылы байқалды. 2012 жылы зерттеу аумағындағы өсімдік жамылғысының жоғары (0.3-0.4) классындағы жерлердің ауданы бар болғаны 8.32 млн га ғана құрады, ал 2022 жылы 12.38 млн га құрап 4.06 млн га ұлғайған. Сондай-ақ, өте жоғары (>0.4) класстағы жерлердің ауданы 2012 жылы 3.2 млн га аумақты ғана құраса, 2022 жылы 7.98 млн га аумақты құрап 5.69 млн га аумаққа өскен (1-кесте және 2, 5-суреттер).



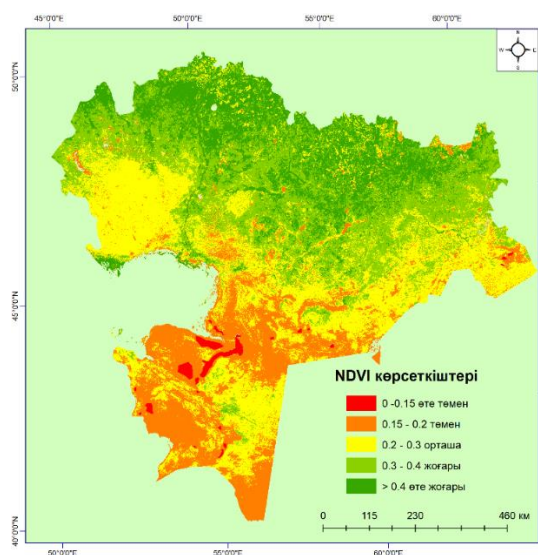
Сурет 4 – 2002, 2012 және 2022 жылдар аралығындағы NDVI санаттарының өзгеруі (%)

4-суреттен көріп тұрғанымыздай, ерекше атап өтетін жағдай аумақтағы өсімдік жамылғысының төмен (0.15-0.2) классындағы жерлердің ауданы 2012 жылы 28.16 млн га болса, 2022 жылы 17.48 млн га құрап 10.68 млн га қысқарған. Ал керісінше, зерттеу аумағындағы өсімдік жамылғысының өте төмен (0-0.15) классындағы жерлердің ауданы 2002 жылдан 2022 жылға дейін үздіксіз өсіп келеді.

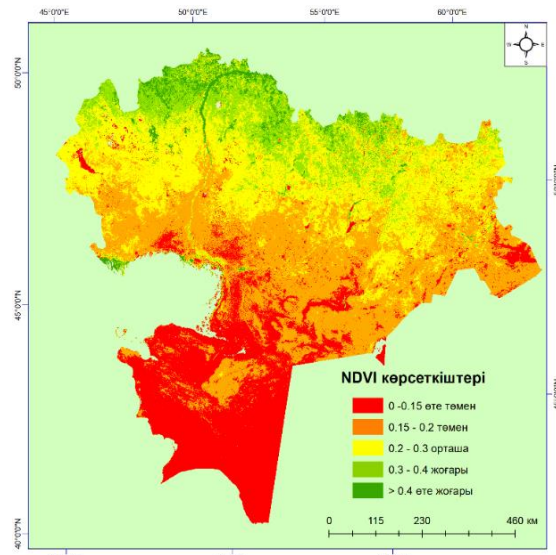
2002 жылы зерттеу аумағындағы өсімдік жамылғысы бойынша өте төмен (0-0.15) классындағы жерлер бар болғаны зерттеу аумағының 1 % ғана құраған. Соңғы 20 жылдың ішінде бұл көрсеткіш 26.4 % жеткен, бұл дегеніміз Батыс Қазақстан аймағының ¼ бөлігінде

өсімдік жамылғысы дерлік жоқ дегенді білдіреді. Ал керісінше, аумақтағы өсімдік жамылғысының тығыздығы өте жоғары (>0.4) классындағы жерлер 2002 жылы 18.2 % болса, 2012 жылы бар болғаны 3.2 % ғана құраған. Алайда, 2022 жылы бұл көрсеткіш жақсы жағына қарай өзгеріп 11 % құраған (1-кесте).

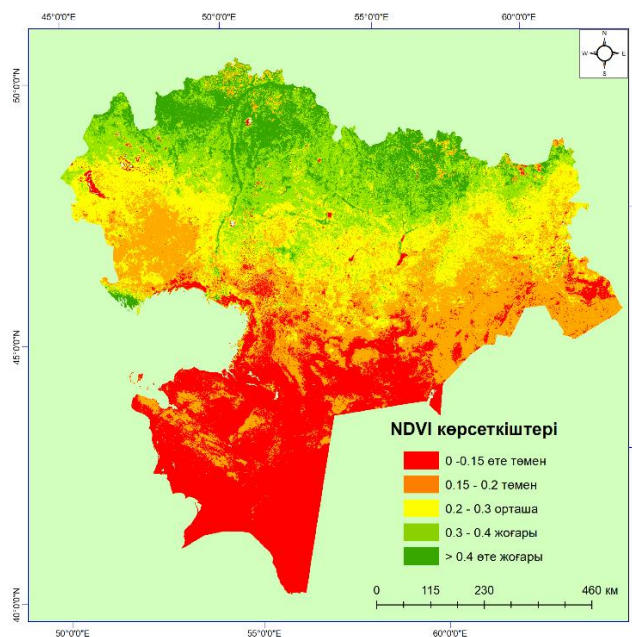
Облыстар бойынша алатын болсақ өңірдегі мұндай жерлердің дерлік барлығы Маңғыстау мен Атырау облыстарының аумағында. MODIS деректері бойынша Маңғыстау облысының жалпы аумағының 87 % өсімдік жамылғысының көрсеткіштері өте төмен (0-0.15) және төмен (0.15-0.2) класстарға жатады (2 және 5-суреттер).



25.05.2002 ж

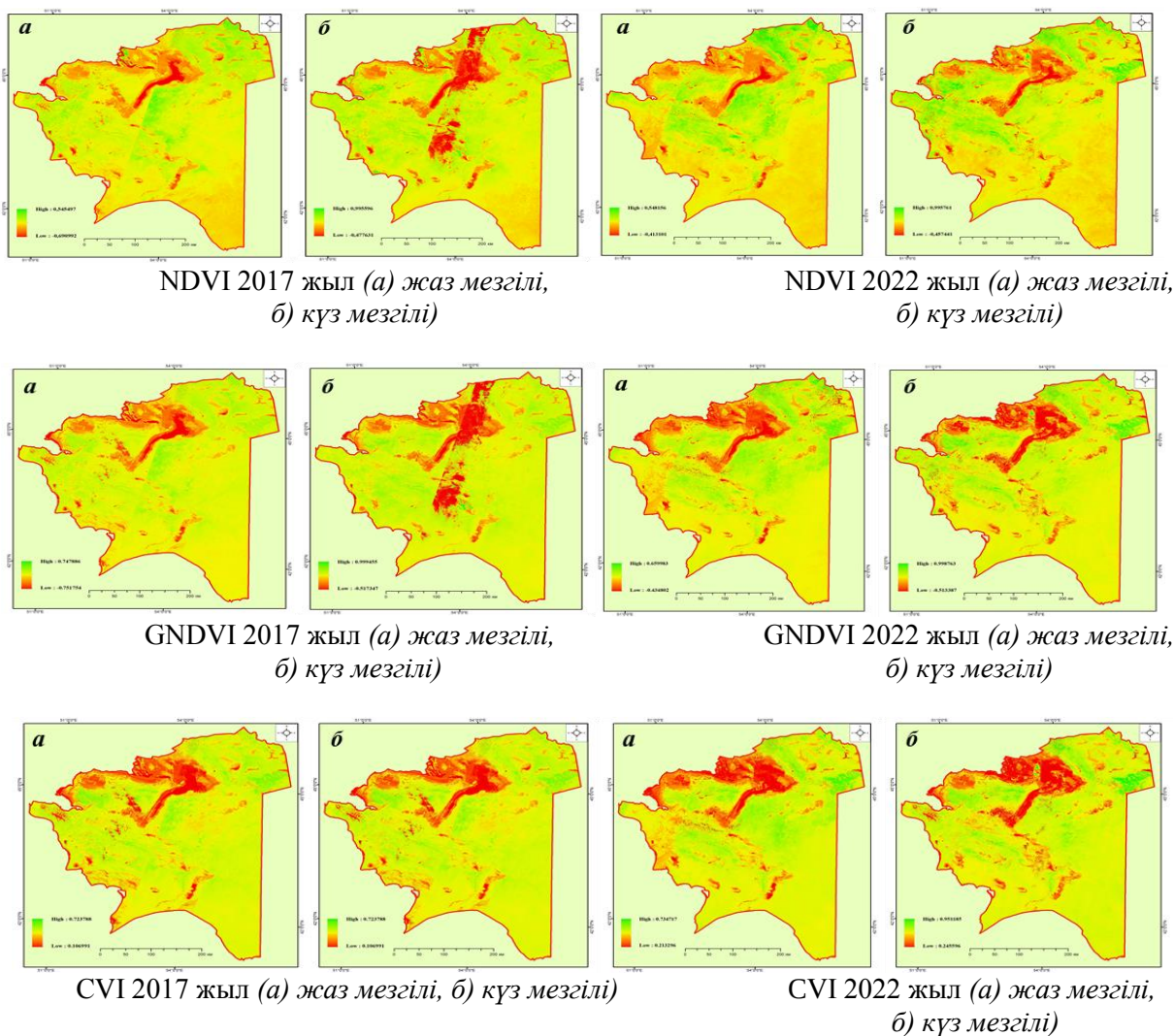


24.05.2012 ж



25.05.2022 ж

Сурет 5 – 2002, 2012 және 2022 жылдардағы Батыс Қазақстан аймағының өсімдік жамылғысының тығыздығы картасы (көктем мезгілі)



Сурет 6 – Маңғыстау облысындағы 2017 және 2022 жж. вегетациялық индекстерінің көрсеткіштері

Батыс Қазақстан аймағы мен Маңғыстау облысының өсімдік жамылғысының өзгеру динамикасын ЖҚЗ деректері негізінде талдауда алынған мәліметтерді нақтылау мақсатында қосымша 2002-2022 жылдар аралығындағы Орал, Ақтөбе, Шалқар, Атырау, Құлсары, Ақтау және Бейнеу метеорологиялық станцияларынан алынған орташа жылдық ауа температурасы мен жауын-шашын мөлшерінің мәліметтері пайдаланылды. Батыс Қазақстан аймағындағы орташа жылдық ауа температурасы 2002-2022 жж аралығында Атырау, Құлсары, Ақтау және Бейнеу метеорологиялық станцияларынан алынған деректер бойынша 1,5 °C дейін өскені байқалса, ал Орал, Ақтөбе және Шалқар метеорологиялық станцияларынан алынған деректер бойынша 0,4 °C жоғарылаған.

Жоғарыда атап өткеніміздей, Landsat 8-9 (OLI-TIRS) деректерінің кеңістіктік дәлдігі (30 м) MODIS деректеріне (250 м) қарағанда жоғары болғандықтан Маңғыстау облысының өсімдік жамылғысы бойынша кеңірек мәлімет алуға мүмкіндік берді. 6-сурет пен 2-кестеде көрсетілген мәліметтер бойынша Маңғыстау облысындағы өсімдік жамылғысының көрсеткіштері 2022 жыл мен 2017 жылдың көрсеткіштерін салыстырмалы түрде қарағанда айтарлықтай өзгеріске ұшырамаған.

Кесте 2 – Маңғыстау облысының Landsat 8-9 (OLI-TIRS) деректері негізінде жасалынған 2017 және 2022 жж. аралығындағы вегетациялық индекстерінің көрсеткіштері (жаз және күз мезгілдері)

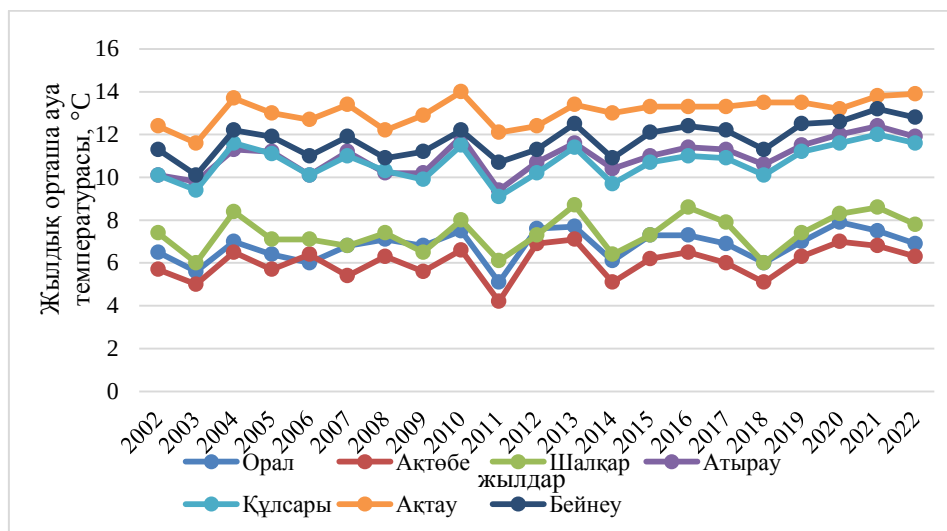
Вегетациялық индексі - NDVI				
Ғарыштық суреттердің түсірілген уақыты	Minimum	Maximum	Mean	STD
06/05/2017-30/06/2017 (16 сурет)	-0,690	0,545	0,077	0,047
26/08/2017-25/09/2017 (16 сурет)	-0,477	0,995	0,064	0,025
02/05/2022-30/06/2022 (16 сурет)	-0,413	0,548	0,062	0,029
25/08/2022-15/09/2022 (16 сурет)	-0,457	0,995	0,056	0,018
Вегетациялық индексі - GNDVI				
Ғарыштық суреттердің түсірілген уақыты	Minimum	Maximum	Mean	SD
06/05/2017-30/06/2017 (16 сурет)	-0,751	0,747	0,118	0,054
26/08/2017-25/09/2017 (16 сурет)	-0,517	0,997	0,112	0,037
02/05/2022-30/06/2022 (16 сурет)	-0,434	0,659	0,114	0,039
25/08/2022-15/09/2022 (16 сурет)	-0,513	0,998	0,112	0,028
Вегетациялық индексі - CVI				
Ғарыштық суреттердің түсірілген уақыты	Minimum	Maximum	Mean	SD
06/05/2017-30/06/2017 (16 сурет)	0,106	0,723	0,389	0,143
26/08/2017-25/09/2017 (16 сурет)	0,236	0,962	0,385	0,128
02/05/2022-30/06/2022 (16 сурет)	0,213	0,734	0,404	0,124
25/08/2022-15/09/2022 (16 сурет)	0,245	0,951	0,411	0,099
* Minimum – ең төменгі, * Maximum – ең жоғарғы, * Mean – орташа, *STD – стандартты ауытқу көрсеткіші				

MODIS деректері негізінде Батыс Қазақстан аймағындағы 2002, 2012 және 2022 жылдардағы өсімдік жамылғысының көрсеткіштерін талдауда, ең төменгі көрсеткіш 2012 жылы анықталды. Мұның басты себебі – аймақтағы орташа жылдық ауа температурасының күрт өсуі Атырау, Құлсары, Ақтау және Бейнеу метеорологиялық станцияларынан алынған деректер бойынша 2011 жылдан басталған (7-сурет).

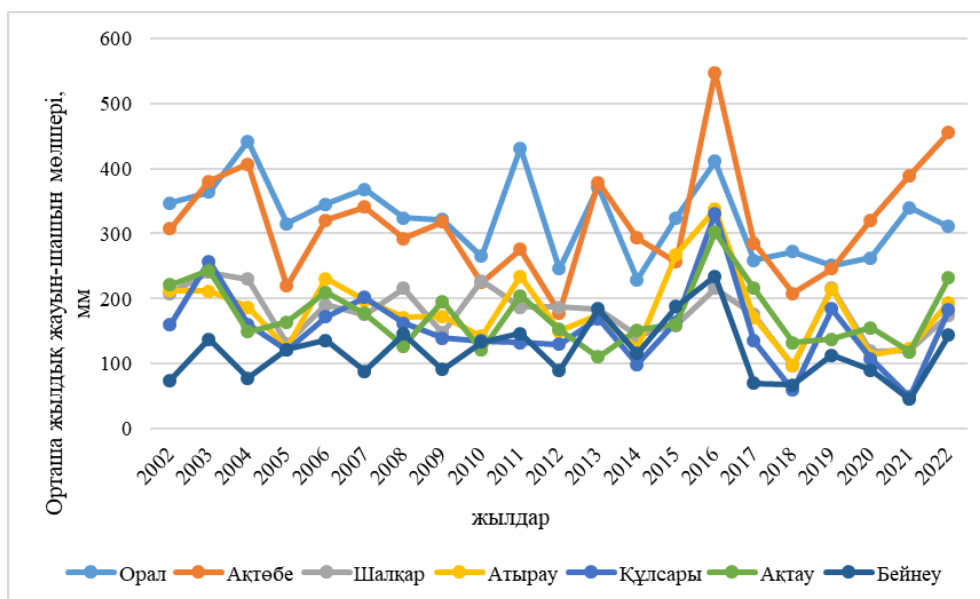
Сонымен қатар, аймақтағы өсімдік жамылғысы көрсеткіштерінің 2002 жылдан 2012 жылдарға қарай нашарлауына орташа жылдық жауын-шашын мөлшерінің төмендеуі де әсер етуі мүмкін. Батыс аймақтағы Бейнеу метеорологиялық станциясынан басқа барлық (Орал, Ақтөбе, Шалқар, Атырау, Құлсары, Ақтау) метеорологиялық станцияларда жылдық орташа жауын-шашын көрсеткіштері 2002 жылдан 2011 жылға қарай біркелкі қарқында төмендеп, 2013 жылдан бастап 2016 жылға қарай қайта өскені байқалады (8-сурет). Яғни, 5 – суретте көрсетілгендей, Батыс Қазақстан аймағындағы өсімдік жамылғысының 2012 жылға

қарағанда 2022 жылы жақсы болуы аймақтағы жауын-шашын көрсеткіштерінің жоғарылауымен байланысты болуы мүмкін.

Ал, Landsat 8-9 (OLI-TIRS) деректері негізінде Маңғыстау облысы аумағына жасалынған 2017 және 2022 жж аралығындағы вегетациялық индекстер көрсеткіштерінің бірдей болуы аймақтағы орташа жылдық ауа температурасы мен жауын-шашын мөлшерінің дерлік бірдей болуымен байланысты деген қорытындыға келдік. Себебі, өсімдік жамылғысының жағдайына ауа температурасы мен атмосфералық жауын-шашын мөлшерінің көрсеткіштері тікелей әсер етеді.



Сурет 7 – Батыс Қазақстан аймағындағы 2002-2022 жж жылдық орташа ауа температурасының көрсеткіштері, °C



Сурет 8 – Батыс Қазақстан аймағындағы 2002-2022 жж жылдық орташа жауын шашын көрсеткіштері, мм

Қорытынды. Батыс Қазақстан аймағы үшін MODIS, Маңғыстау облысының аумағы үшін Landsat 8-9 (OLI-TIRS) және аймақтағы 7 метеорологиялық станцияларынан алынған деректер негізінде Батыс Қазақстан аймағындағы өсімдік жамылғысының өзгеру динамикасына талдау жасалынды. Зерттеулер көрсеткендей, соңғы жылдары өңірдегі жылдық орташа ауа температурасының көтерілуі мен өңірдің оңтүстік аймақтарындағы жауын-шашын мөлшерінің төмендеуі салдарынан өсімдік жамылғысының нашарлауына алып келген. MODIS (250 м)

деректері негізінде Батыс Қазақстан аймағындағы өсімдік жамылғысының көрсеткіштері 2002 жылмен салыстырғанда 2012 жылы айтарлықтай нашарлаған. Мұның басты себебі – аймақтағы орташа жылдық ауа температурасының күрт өсуі Атырау, Құлсары, Ақтау және Бейнеу метеорологиялық станцияларынан алынған деректер бойынша 2011 жылдан басталғаны, сондай-ақ, Батыс аймақтағы Бейнеу метеорологиялық станциясынан басқа барлық (Орал, Ақтөбе, Шалқар, Атырау, Құлсары, Ақтау) метеорологиялық станцияларда жылдық орташа жауын-шашын көрсеткіштері 2002 жылдан 2011 жылға қарай біркелкі қарқында төмендеуі болып табылады.

Жұмысты қортындылай келе, ЖКЗ деректері негізінде вегетациялық көрсеткіштерді талдауда Батыс Қазақстан аймағының толық аумағын қарастыруда түсіру жиілігі 16 күндік MODIS деректерін (250 м) қолдану өте пайдалы және тиімді болды. Өйткені үлкен территорияны қамтуы мен 16 күндік түсіру жиілігі мәліметтердің біркелкі болуын қамтамасыз етеді. Ал, Маңғыстау облысының вегетациялық индекстерін есептеу мен талдауда Landsat 8-9 (OLI-TIRS) кескіндерін пайдалану қолайлы және ұтымды шешім болып табылды. Кеңістіктік дәлдігі 30 м болатын Landsat 8-9 (OLI-TIRS) кескіндері жер бетіндегі өзгерістерді бақылау, талдау және өндеуде MODIS деректеріне қарағанда көбірек мәлімет береді. Алайда, барлық Батыс Қазақстан аумағын қамтуда Landsat 8-9 (OLI-TIRS) деректерін пайдалану біршама қиындықтар туғызуы мүмкін. Атап айтқанда, Landsat 8-9 (OLI-TIRS) кескіндерін көшіру, өндеу көп уақытты алуы мүмкін.

Қаржыландыру туралы ақпарат/алғыс. Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (грант No AP14871372).

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Rogan, J. Remote sensing technology for mapping and monitoring land-cover and land-use change [Text] / J. Rogan, D.M. Chen // Progress in planning. – 2004. – Т. 61. – №. 4. – С. 301-325.
- 2 Mustard, J. F. Spectral analysis for earth science: investigations using remote sensing data [Text] / J.F. Mustard, J.M. Sunshine // Remote sensing for the earth sciences: Manual of remote sensing. – 1999. – Т. 3. – С. 251-307.
- 3 Rejaur Rahman, M. Multi-resolution segmentation for object-based classification and accuracy assessment of land use/land cover classification using remotely sensed data [Text] / M. Rejaur Rahman, S.K. Saha // Journal of the Indian Society of Remote Sensing. – 2008. – Т. 36. – С. 189-201.
- 4 Chen, X. A simple and effective radiometric correction method to improve landscape change detection across sensors and across time [Text] / X. Chen, L. Vierling, D. Deering // Remote Sensing of Environment. – 2005. – Т. 98. – №. 1. – С. 63-79.
- 5 Abd El-Kawy, O. R. Land use and land cover change detection in the western Nile delta of Egypt using remote sensing data [Text] / O.R. Abd El-Kawy, J.K. Rød, H.A. Ismail, A.S. Suliman // Applied geography. – 2011. – Т. 31. – №. 2. – С. 483-494.
- 6 Shanmugapriya, P. Applications of remote sensing in agriculture-A Review [Text] / P. Shanmugapriya, S. Rathika, T. Ramesh, P. Janaki // Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci. – 2019. – Т. 8. – №. 01. – С. 2270-2283.
- 7 Wójtowicz, M. Application of remote sensing methods in agriculture [Text] / M. Wójtowicz, A. Wójtowicz, J. Piekarczyk // Communications in biometry and crop science. – 2016. – Т. 11. – №. 1. – С. 31-50.
- 8 Metternicht, G. Remote sensing of landslides: An analysis of the potential contribution to geospatial systems for hazard assessment in mountainous environments / G. Metternicht, L. Hurni, R. Gogu // Remote sensing of Environment. – 2005. – Т. 98. – №. 2-3. – С. 284-303.
- 9 Zhu, L. A review: Remote sensing sensors [Text] / L. Zhu, J. Suomalainen, J. Liu, J. Hyypä, H. Kaartinen, H. Haggren, // Multi-purposeful application of geospatial data. – 2018. – С. 19-42.
- 10 Зейноллаева, Ф.З. Еліміздегі жер бетін қашықтықтан зондау жүйесі [Текст] / Ф.З.Зейноллаева // Студенттермен мен жас ғалымдардың «Ғылым және білім-2014» атты ІХ халықаралық ғылыми конференциясы. - 11 сәуір 2014 ж. Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана.

- 11 Fritz, L. W. The era of commercial earth observation satellites [Text] / L.W. Fritz // Photogrammetry and remote sensing from space (Köln, 5-7 July 1995). – 1996. – С. 259-267.
- 12 About MODIS –(<http://modis.gsfc.nasa.gov/about/index.html>).
- 13 Zhan, X. Detection of land cover changes using MODIS 250 m data [Text] / X. Zhan, X. Zhan, R.A. Sohlberg, J.R.G. Townshend, C. DiMiceli, M.L. Carroll, J.C. Eastman, R.S. DeFries, // Remote Sensing of Environment. – 2002. – Т. 83. – №. 1-2. – С. 336-350.
- 14 Panek, E. Analysis of relationship between cereal yield and NDVI for selected regions of Central Europe based on MODIS satellite data [Text] / E. Panek, D. Gozdowski // Remote Sensing Applications: Society and Environment. – 2020. – Т. 17. – С. 100.
- 15 USGS АҚШ Геологиялық қызметінің Жерді бақылау және ғылым орталығының (EROS) ашық ресурстық базасы – (<https://earthexplorer.usgs.gov/>).
- 16 Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана: 2020 год [Текст] // Министерство экологии, геологии и природных ресурсов РГП предприятие «Казгидромет», Научно-исследовательский центр – Нур-Султан, 2022
- 17 Krieglner, F. J. Preprocessing transformations and their effects on multispectral recognition [Text] / F.J. Krieglner, W.A. Malila, R.F. Nalepka, W. Richardson, // Remote sensing of environment, VI. – 1969. – С. 97.
- 18 Liu, H. Q. A feedback based modification of the NDVI to minimize canopy background and atmospheric noise [Text] / H.Q. Liu, A. Huete // IEEE transactions on geoscience and remote sensing. – 1995. – Т. 33. – №. 2. – С. 457-465.
- 19 Gitelson, A.A. Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS [Text] / A.A. Gitelson, Y.J. Kaufman, M.N. Merzlyak // Remote sensing of Environment. – 1996. – Т. 58. – №. 3. – С. 289-298.
- 20 Vincini, M. A broad-band leaf chlorophyll vegetation index at the canopy scale [Text] / M. Vincini, E. Frazzi, P. D'Alessio // Precision Agriculture. – 2008. – Т. 9. – С. 303-319.

REFERENCES

- 1 Rogan, J. Remote sensing technology for mapping and monitoring land-cover and land-use change [Text] / J. Rogan, D.M. Chen // Progress in planning. – 2004. – Т. 61. – №. 4. – С. 301-325.
- 2 Mustard, J. F. Spectral analysis for earth science: investigations using remote sensing data [Text] / J.F. Mustard, J.M. Sunshine // Remote sensing for the earth sciences: Manual of remote sensing. – 1999. – Т. 3. – С. 251-307.
- 3 Rejaun Rahman, M. Multi-resolution segmentation for object-based classification and accuracy assessment of land use/land cover classification using remotely sensed data [Text] / M. Rejaun Rahman, S.K. Saha // Journal of the Indian Society of Remote Sensing. – 2008. – Т. 36. – С. 189-201.
- 4 Chen, X. A simple and effective radiometric correction method to improve landscape change detection across sensors and across time [Text] / X. Chen, L. Vierling, D. Deering // Remote Sensing of Environment. – 2005. – Т. 98. – №. 1. – С. 63-79.
- 5 Abd El-Kawy, O. R. Land use and land cover change detection in the western Nile delta of Egypt using remote sensing data [Text] / O.R. Abd El-Kawy, J.K. Rød, H.A. Ismail, A.S. Suliman // Applied geography. – 2011. – Т. 31. – №. 2. – С. 483-494.
- 6 Shanmugapriya, P. Applications of remote sensing in agriculture-A Review [Text] / P. Shanmugapriya, S. Rathika, T. Ramesh, P. Janaki // Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci. – 2019. – Т. 8. – №. 01. – С. 2270-2283.
- 7 Wójtowicz, M. Application of remote sensing methods in agriculture [Text] / M. Wójtowicz, A. Wójtowicz, J. Piekarczyk // Communications in biometry and crop science. – 2016. – Т. 11. – №. 1. – С. 31-50.
- 8 Metternicht, G. Remote sensing of landslides: An analysis of the potential contribution to geospatial systems for hazard assessment in mountainous environments [Text] / G. Metternicht, L. Hurni, R. Gogu // Remote sensing of Environment. – 2005. – Т. 98. – №. 2-3. – С. 284-303.
- 9 Zhu, L. A review: Remote sensing sensors [Text] / L. Zhu, J. Suomalainen, J. Liu, J. Hyypä, H. Kaartinen, H. Haggren, // Multi-purposeful application of geospatial data. – 2018. – С. 19-42.
- 10 Zejnollanova, F.Z. Elimizdegi zher betin kashykyktan zondtau zhujesi. [Text] / F.Z. Zejnollanova, // Studenttermen men zhas galymdardyn «gylym zhәне bilim-2014» atty

IX halykaralyk gylimi konferenciýasy.- 11 sauir 2014 zh. L.N. Gumilev atyndagy Euraziya ulttyk universiteti, Astana.

11 Fritz, L. W. The era of commercial earth observation satellites [Text] / L.W. Fritz // Photogrammetry and remote sensing from space (Köln, 5-7 July 1995). – 1996. – C. 259-267.

12 About MODIS –(<http://modis.gsfc.nasa.gov/about/index.html>).

13 Zhan, X. Detection of land cover changes using MODIS 250 m data [Text] / X. Zhan, X. Zhan, R.A. Sohlberg, J.R.G. Townshend, C. DiMiceli, M.L. Carroll, J.C. Eastman, R.S. DeFries, // Remote Sensing of Environment. – 2002. – T. 83. – №. 1-2. – C. 336-350.

14 Panek, E. Analysis of relationship between cereal yield and NDVI for selected regions of Central Europe based on MODIS satellite data [Text] / E. Panek, D. Gozdowski // Remote Sensing Applications: Society and Environment. – 2020. – T. 17. – C. 100.

15 SGS US Geological Survey Center for Earth Observation and Science (EROS) open resource database [Text] / (<https://earthexplorer.usgs.gov/>).

16 Yezhegodnyy byulleten' monitoringa sostoyaniya i izmeneniya klimata Kazakhstana: 2020 god [Text]// Ministerstvo ekologii, geologii i prirodnnykh resursov RGP predpriyatiye «Kazgidromet», Nauchno-issledovatel'skiy tsentr – Nur-Sultan, 2022.

17 Kriegler, F. J. Preprocessing transformations and their effects on multispectral recognition [Text] / F.J. Kriegler, W.A. Malila, R.F. Nalepka, W. Richardson, // Remote sensing of environment, VI. – 1969. – C. 97.

18 Liu, H. Q. A feedback based modification of the NDVI to minimize canopy background and atmospheric noise [Text] / H.Q. Liu, A. Huete // IEEE transactions on geoscience and remote sensing. – 1995. – T. 33. – №. 2. – C. 457-465.

19 Gitelson, A.A. Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS [Text] / A.A. Gitelson, Y.J. Kaufman, M.N. Merzlyak // Remote sensing of Environment. – 1996. – T. 58. – №. 3. – C. 289-298.

20 Vincini, M. A broad-band leaf chlorophyll vegetation index at the canopy scale [Text] / M. Vincini, E. Frazzi, P. D'Alessio // Precision Agriculture. – 2008. – T. 9. – C. 303-319.

РЕЗЮМЕ

В последние годы широкое распространение получил метод расчета вегетационных индексов по данным дистанционного зондирования, включающий определение и мониторинг изменений землепользования и растительного покрова по нормализованному индексу растительности (NDVI). В предлагаемой работе рассчитаны индексы NDVI и EVI для весенних и летних месяцев Западно-Казахстанского региона за 2002, 2012 и 2022 годы с использованием данных MODIS (MOD13Q1). Количественные значения индекса NDVI на исследуемой территории оценивались очень низкими показателями индекса растительности от 0 до 0.15, низкими от 0.15 до 0.2, средними от 0.2 до 0.3, высокими от 0.3 до 0.4 и очень высокими показателями >0.4.

В 2002 г. площадь земель на исследуемой территории, относящихся к категории с экстремально низким индексом растительности (0-0.15), увеличилась с 0.78 млн га до 19.21 млн га. В 2022 г. площадь земель, относящихся к категории низким показателем индекса растительности (0.15-0.2) – с 14.05 млн га до 17.48 га. Однако, в период с 2002 по 2022 год площадь земель средними показателями (0.2-0.3) растительности уменьшилась с 24.13 млн га до 15.72 млн га, земель высшей (0.3-0.4) – с 20.54 млн га до 11.4 млн га, а земли с очень высокими показателями (>0.4) – с 13.27 млн га до 7.98 млн га. По данным 2022 г. некоторые показатели индекса растительности улучшились по сравнению с 2012 г. Площадь земель с очень низкими показателями индекса растительности (0-0.15) непрерывно увеличивается. Поскольку значительная часть таких участков расположена в Мангистауской области, были рассчитаны дополнительные индексы NDVI, EVI, GNDVI и CVI на основе данных Landsat 8-9 (OLI-TIRS).

Результатами исследования установлено, что основная причина ухудшения растительного покрова территории в последние годы имеет прямую зависимость от климатических факторов, в частности повышение температуры и уменьшения атмосферных осадков.