

Қ.Б. Зұлпыхаров^{1*}, А.А. Токбергенова¹, Ш.Г. Каирова¹,
О.Ж. Таукебаев¹, Р. Салмұрзаұлы^{1,2}, Д.Е. Әлшериева¹,
Ж.Б. Тұрымтаев¹, С.М. Дүйсенбаев¹

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

²КЕАҚ «Торайғыров университеті», Павлодар, Қазақстан

*e-mail: kanat.zulpykharov@gmail.com

КЛИМАТТЫҢ ӨЗГЕРУІ ЖАҒДАЙЫНДА МОЙЫНҚҰМ ҚҰМДЫ МАССИВІНІҢ ӨСІМДІК ЖАМЫЛҒЫСЫНЫҢ ӨЗГЕРУ ДИНАМИКАСЫН БАҒАЛАУ

Аумағының 70% шөлейтті және шөл зонасы алып жатқан еліміз үшін жаһандық климаттың өзгеру жағдайында құмды массивтердегі жайылымдық алқаптарды тиімді пайдалану және олардың жай-күйіне мониторинг жасап отыру бігінгі күнде өте өзекті мәселе. Біз бұл зерттеу жұмысында Жерді қашықтан зондтау (ЖҚЗ) деректері мен кешенді далалық зерттеу жұмыстарын және де көпжылдық климаттық деректерді пайдалана отырып, Мойынқұм құмды массивіндегі өсімдік жамылғысының өзгеру динамикасына талдау жасадық. Вегетациялық индекстердің (NDVI, EVI) көрсеткіштері бойынша 2000 жылдан 2024 жылға қарай Мойынқұм құмды массивінің кейбір бөліктерінде өсімдіктер жамылғысының айтарлықтай жақсарғаны байқалады.

ЖҚЗ деректері негізінде алынған нәтижелерді тексеру (верификация) мақсатында зерттеу аумағына далалық жұмыстар ұйымдастырылды (22 нүкте) және 5 метеорологиялық станциялардың (Ойық, Ұланбел, Құлан, Тасты және Мойынқұм) көпжылдық климаттық деректері алынып, талданды. 2000-2023 жылдардағы орташа жылдық температура 1980-2000 жылдармен салыстырғанда Ойық МС – 1,1°C, Ұланбел МС – 1,0°C, Құлан МС – 1,0°C, Тасты 1,1°C және Мойынқұм МС – 1,0°C жоғары. Сонымен қатар, 2000-2023 жылдардағы орташа жылдық жауын-шашын мөлшері 1980-2000 жылдармен салыстырғанда Ойық МС – 12,1 мм, Ұланбел МС – 10,4 мм, Құлан МС – 20,5 мм, Тасты 9,9 мм және Мойынқұм МС – 5,5 мм-ге жоғарылаған. Зерттеу аумағындағы метеорологиялық станциялардың деректері негізінде климаттық деректерді талдай отырып, аумақтағы соңғы жылдары өсімдік жамылғысының жақсарғанына климаттық жағдайлар, соның ішінде жауын-шашын мөлшерінің көбейгенінің әсері болуы мүмкін.

Түйін сөздер: Мойынқұм құмды массиві, климаттың өзгеруі, Жерді қашықтан зондтау, NDVI, EVI, далалық зерттеу жұмыстары.

K.B. Zulpykharov^{1*}, A.A. Tokbergenova¹, Sh.G. Kairova¹,
O.Zh. Taukebayev¹, R. Salmurzauly^{1,2}, D.E. Alsheriyeveva¹,
Zh.B. Turymtayev¹, C.M. Duysenbayev²

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²“Toraighyrov University” non-profit joint-stock company, Pavlodar, Kazakhstan

*e-mail: kanat.zulpykharov@gmail.com

Assessment of the dynamics of vegetation cover in the Moynkum sand massif under climate change conditions

Effective use of pasture lands in sandy massifs and monitoring of their condition in the context of global climate change is a very urgent issue for our country, which occupies 70% of the territory of semi-desert and desert zones. In this research paper, we analyzed the dynamics of vegetation cover changes in the Moynkum sand massif using remote sensing data (MOD13Q1) and comprehensive field studies, as well as long-term climate data. In terms of vegetation indices (NDVI, EVI) by 2000-2024. Significant improvement of vegetation cover is observed in some parts of the Moynkum sandy massif.

In order to verify the results obtained based on remote sensing data, field work was organized in the study area (22 points) and long-term climatic data from 5 meteorological stations (zhelob, Ulanbel, Kulan, Kamen and Moynkum) were analyzed. The average annual temperature in 2000-2023 is higher than in 1980-2000, MS – 1.1°C, MS – 1.0°C, MS – 1.1°C and MS – 1.0°C. In addition, the average annual precipitation in 2000-2023 increased by furrowed MS-12.1 mm, Ulanbel MS – 10.4 mm, Kulan

MS – 20.5 mm, stony 9.9 mm and Moyinkum MS – 5.5 mm compared to 1980-2000. Analyzing the climatic data based on data from meteorological stations in the study area, it can be assumed that the improvement of vegetation in recent years in the territory has been influenced by climatic conditions, including an increase in precipitation.

Key words: Moyinkum sand massif, climate change, remote sensing of the Earth, NDVI, EVI, field works.

К.Б. Зулпыхаров^{1*}, А.А. Токбергенова¹, Ш.Г. Каирова¹,
О.Ж. Таукебаев¹, Р. Салмурзаулы^{1,2}, Д.Е. Әлшериева¹,
Ж.Б. Турымтаев¹, С.М. Дүйсенбаев¹

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

²НАО «Торайгыров университет» Кафедра географии и туризма, Павлодар, Казахстан

*e-mail: kanat.zulpykharov@gmail.com

Оценка динамики изменения растительного покрова Мойынкумского песчаного массива в условиях изменения климата

Эффективное использование пастбищных угодий в песчаных массивах и мониторинг их состояния в условиях глобального изменения климата для нашей страны, занимающей 70% территории полупустынной и пустынной зон, сегодня является очень актуальным вопросом. В этой исследовательской работе мы проанализировали динамику изменения растительного покрова в Мойынкумском песчаном массиве с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и комплексных полевых исследований, а также многолетних климатических данных. По показателям вегетационных индексов (NDVI, EVI) к 2000-2024 гг. В некоторых частях Мойынкумского песчаного массива наблюдается значительное улучшение растительного покрова.

С целью проверки (верификации) полученных результатов на основе данных ДЗЗ были организованы полевые работы на территории исследования (22 точки) и проанализированы многолетние климатические данные 5 метеорологических станций (желоб, Уланбел, Кулан, камень и Мойынкум). Среднегодовая температура в 2000-2023 гг. выше, чем в 1980-2000 гг., МС – 1,1°C, МС – 1,0°C, МС – 1,1°C и МС – 1,0°C. Кроме того, среднегодовое количество осадков в 2000-2023 годах по сравнению с 1980-2000 годами увеличилось на бороздчатый МС-12,1 мм, Уланбел МС – 10,4 мм, Кулан МС – 20,5 мм, каменистый 9,9 мм и Мойынкум МС – 5,5 мм. Анализируя климатические данные на основе данных метеорологических станций на территории исследования, можно предположить, что на улучшение растительности в последние годы на территории повлияли климатические условия, в том числе увеличение количества осадков.

Ключевые слова: Мойынкумский песчаный массив, изменение климата, дистанционное зондирование Земли, NDVI, EVI, полевые работы.

Кіріспе

Мал шаруашылығы ауыл шаруашылығын тұрақты дамытудың негізгі көзі болып табылады. Ол кез келген мемлекеттегі азық-түлік қауіпсіздігіне, тамақтануды жақсартуға, кедейлікті азайтуға және экономикалық өсуге ықпал етеді.

Қазіргі таңда әлемдік мал шаруашылығы секторының болжамды құны 1,4 трлн. доллардан асады және 1,3 млрд. астам адам осы салада жұмыс жасайды (Steinfeld et al., 2012; Hankerson et al., 2019). Сонымен қатар, мал шаруашылығы саласы дүние жүзілік азық-түлік сұранысының 40% құрап (Manceron et al., 2014), бұл көрсеткіш 2050 жылға қарай екі есеге артуы мүмкін деп болжануда (Tilman D. et al, 2011).

Қазақстан мал шаруашылығы үшін маңызды табиғи жем-шөп базасы болып табылатын жайылымдар мен шабындық жерлердің өте ауқымды қорына ие. Еліміздің экономикасында жайы-

лымдық алқаптар маңызды рөл атқарады (Lebed et al., 2012), өйткені 2022 жылы мал шаруашылығы – жалпы ауылшаруашылығы өнімдерінің 40%-ын (3658,8 млрд. тг.) құрады (ҚР Ұлттық статистика бюросы, 2022).

Қазақстанның жайылымдық алқаптары 183,4 млн. га құрайды (Сводный аналитический отчет, 2022), ол жалпы республика аумағының 70% (Lebed et al., 2012; Hankerson et al., 2019; Nasıyev et al., 2022), ал ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлерінің 83,7% алып жатыр (Сводный аналитический отчет, 2022). Қазақстанның жайылымдық алқаптары негізінен төрт түрлі экологиялық аймақта орналасқан (Вин и др., 2002):

- солтүстік Қазақстанды бойлай кең жолақты құрайтын және шөптесін өсімдіктермен сипатталатын, әсіресе қауырсынды қау (*Stipa spp.*), бетеге (*Festuca spp.*) және жабайы сұлы кең таралған жазық дала аймағы;

- орталық Қазақстан арқылы жолақ құрайтын және жусан (*Artemisia spp.*) жиі кездесетін бұталы өсімдіктермен сипатталатын шөлейт аймақ;

- негізінен Қазақстанның оңтүстігі мен батысында созылып жатқан құмды шөлдерді иемденетін және орманды өсімдіктермен, соның ішінде сексеуілмен (*Haloxylon spp.*) сипатталатын, кейде жыңғылмен үйлесетін шөлді аймақ;

- жыл бойы пайдалануға болатын оңтүстік жайылымдық жерлер мен шөлді аймақтар.

2022 жылғы жағдай бойынша еліміздегі жалпы ауданы 183,4 млн. га құрайтын жайылымдық жерлердің 44,9% (82,4 млн. га) ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлердің, 11,5% (21,2 млн. га) елді-мекендер жерлерінде, 0,4% (0,7 млн. га) өнеркәсіп, көлік, байланыс және өзге де ауыл шаруашылығы мақсатындағы емес жерлерде, 1,8% (3,4 млн. га) ерекше қорғалатын табиғи аумақтардың жерлерінде, 3,5% (6,5 млн. га) орман қоры жерлерінде, 0,1% (0,1 млн. га) су қорының жерлерінде және 36,8 (63,9 млн. га) қордағы жерлердің құрамында жатыр. Басқа мемлекеттердің жер пайдаланушылары пайдаланатын аумақтарда 5,2 млн. га жайылымдық жер бар, бұл жалпы еліміздегі жайылымдық алқаптардың 2,8% құрайды (Сводный аналитический отчет, 2022).

Еліміздегі жайылымдық алқаптар «Қазақстан Республикасының табиғи азықтық алқаптарының жіктелуіне» сәйкес таулы және жазық болып екі үлкен бөлікке бөлінеді (ҚР АШМ геоботаникалық іздестірулерін жүргізу жөніндегі әдістемені бекіту туралы хаттамасы, 2002). Жазық жерлердегі табиғи жайылымдық алқаптар 94,3% (168155 мың га) құрайды, олар келесі табиғи зоналарға жіктеледі (Сводный аналитический отчет, 2022; ҚР АШМ геоботаникалық іздестірулерін жүргізу жөніндегі әдістемені бекіту туралы хаттамасы, 2002; Пастбищные ресурсы РК геоportal): а) орманды дала және дала (31970 мың га); ә) шөлейт (17805,5 мың га); б) шөл (67275 мың га); в) ұсақ шоққылар (32364,1 мың га); г) тау алды жазықтары (18740,4 мың га). Ал, таулы жерлердегі табиғи жайылымдар 5,7% (10075 мың га) құрайды, олар аласа және орта таулы (8839,7 мың га) және биік таулы (1235,3 мың га) зоналарына жіктеледі.

Жайылымдық жерлерінің 50% (Сводный аналитический отчет, 2022; ҚР АШМ геоботаникалық іздестірулерін жүргізу жөніндегі әдістемені бекіту туралы хаттамасы, 2002; Пастбищные ресурсы РК геоportal) астамы шөл

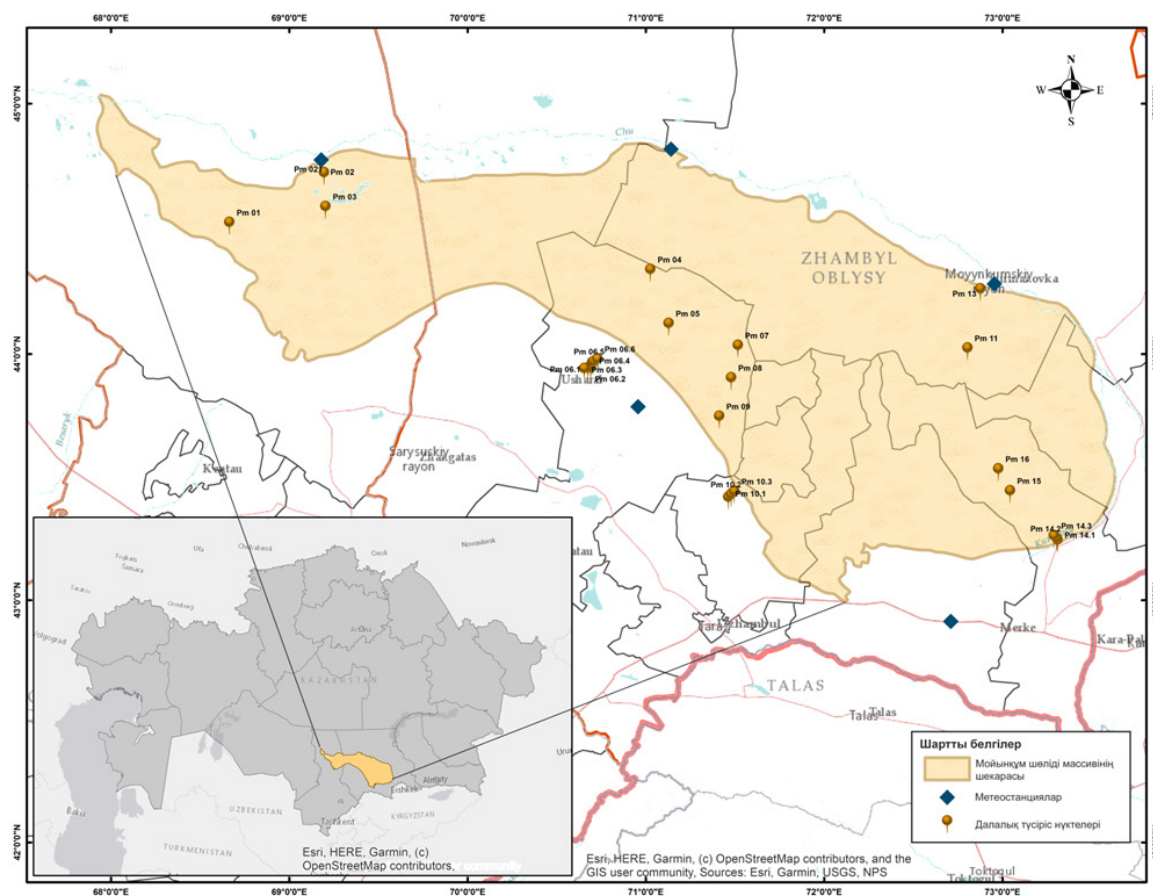
және шөлейт зонасында шоғырланған, жалпы халқының 12,4% (ҚР Ұлттық статистика бюросы, 2022) ауыл шаруашылығы салаларына маманданған еліміз үшін жайылымдық алқаптарды тиімді пайдалану және басқару өзекті болып табылады. Соңғы жылдары жайылымдық алқаптар жаһандық климаттың өзгеруі және адам әрекеті сияқты әртүрлі факторлардың қысымынан деградация процесіне ұшырауда (Herrero et al., 2013; Bedunah et al., 2012; Senda et al., 2020). Көптеген зерттеулерге сәйкес, қазіргі таңда еліміздегі жайылымдық алқаптардың 15% жуығы аса күшті немесе толығымен деградацияға ұшыраған (Issanova et al., 2014; Suleimenov et al., 2012).

Жұмыстың мақсаты – далалық зерттеу жұмыстары, Жерді қашықтан зондау және көпжылдық климаттық деректер негізінде Мойынқұм құмды массивіндегі өсімдіктер жамылғысының өзгеру динамикасына талдау жасау.

Зерттеу нысаны

Мойынқұм шөлі Қазақстан Республикасының оңтүстігінде орналасқан, Шу және Талас өзендерінің аралығын алып жатыр. Оңтүстігінде Қырғыз Алатауымен, батысында Қаратау жотасымен, шығысында Тянь-Шань тау жүйесінің Шу-Іле тауларымен шектеседі, ал солтүстігінде Бетпақдала сазды-тасты шөлімен шектеледі. Шөлдің аумағы оңтүстік-шығыстан солтүстік-батысқа қарай 550 км-ден астам қашықтыққа созылып, Шу-Іле тауларынан Бетпақдала мен Қаратау жотасының солтүстік-батыс шеті арасындағы тар мойнаққа дейін жетеді. Ені батыс бөлігінде ең тар жерінде 45 км болса, шығысында кеңейген бөлігінің солтүстіктен оңтүстікке дейінгі ұзындығы 160 км-ден асады (Бижанова, 1989; Национальный атлас РК, 2010)). Әкімшіліктік-аумақтық бөлінісі бойынша Мойынқұм құмды массиві Түркістан және Жамбыл облыстарының аумағында орналасқан (1-сурет).

Мойынқұм шөлінің жалпы ауданы 40 000 км²-ден асады. Зерттелген аумақтың топографиялық карталарын талдау нәтижесінде абсолюттік биіктіктердің оңтүстік-шығыста 650 метрден солтүстік-батыс шетінде 130 метрге дейін төмендейтіні анықталды. Шөлдің басым бөлігі 350 метрден жоғары абсолюттік биіктікте орналасқан.



1-сурет – Зерттеу нысаны

Климаттық көрсеткіштер жер беті ауа температурасының жылдық және тәуліктік ауытқуларының үлкен амплитудасымен және жоғары құрғақшылығымен сипатталады. Ойық метеостанциясының деректері бойынша жылдық орташа температура $+10,2^{\circ}\text{C}$, ал Мойынқұм станциясында $+9,7^{\circ}\text{C}$. Ең төменгі температура қаңтар айында тіркеліп, Ойық станциясында $-7,0^{\circ}\text{C}$, Мойынқұм станциясында $-7,9^{\circ}\text{C}$ болды. Ауаның ең жоғары температурасы шілде айында байқалып, сәйкесінше $+27,1^{\circ}\text{C}$ және $+26,2^{\circ}\text{C}$ -қа жетеді. Жылдық орташа температура амплитудасы 34°C -ты құрайды, бұл табиғи өсімдіктердің әртүрлілігін шектейді ().

Мойынқұм құмды массивінің аумағында жер беті ағын сулары жоқ. Шу және Талас өзендері бұл аумақты жиектеп өтсе, ал Құрағаты өзені шөлдің оңтүстік-шығыс шетінен ағып өтеді, бірақ оның суы түгелдей дерлік суармалы егіншілікке жұмсалады. Қазіргі кезеңде Мойынқұм шөлінің табиғи кешендеріне өзен жүйелерінің айтарлықтай әсері байқалмайды.

Топырақ-өсімдік жамылғысының ерекшеліктері біртекті даму жағдайларымен сипатталады: құмды массивтерде құмды субстрат, ойыстарда сазды шөгінділер басым, атмосфералық жауын-шашын мөлшері аз, жер беті қабатында жылдық және тәуліктік ауа температурасының ауытқуы үлкен, сондай-ақ жер беті ағындарының болмауы байқалады. Мұндай жағдайда топырақ түзілу процесі іс жүзінде дамымаған, ал құмды бетінде псаммофиттік өсімдіктер кең таралған (Бижанова, 1989; Почвы Казахской ССР, 1967; Фаизов, 1983). Атап айтқанда, жусан, еркек, теріскен, жүзгін, құм акациясы және басқа да түрлер басым, сексеуілдер жиі кездеседі, әсіресе, орман-мелиорациялық жұмыстардың нәтижесінде кеңінен таралған.

Бастапқы мәліметтер мен зерттеу әдістері

Зерттеудің теориялық және әдістемелік негізі аумақтың табиғи (климаты, жер бедері, су ресурстары және топырақ пен өсімдіктер дүниесі),

әлеуметтік-экономикалық (халықтың шаруашылық қызметі, табиғитты пайдалану) және экологиялық (антропогендік факторлар, жер деградациясы) компоненттерін және олардың өзара байланысы мен әрекеттесуін жан-жақты талдауға бығытталған кешенді географиялық әдіс болып табылады. Бұл жұмысты орындау барысында келесі көрсетілген дәстүрлі және заманауи әдістер қолданылды: далалық зерттеу жұмыстары (геоботаникалық зерттеулер, топырақ үлгілерін алу), салыстырмалы, тарихи, статистикалық, сондай-ақ, ГАЗ және ЖҚЗ әдістері.

Бастапқы мәліметтер ең алдымен шетелдік және отандық ғалымдардың зерттеу жұмыстары мен жергілікті басқарушы мекемелердің деректерінен жинақталды. Екіншіден, құмды массивтің өсімдік жамылғысының өзгерістерін бағалау үшін ЖҚЗ деректері, атап

айтқанда, 2000-2024 жылдар аралығындағы вегетациялық кезең (мамыр-қыркүйек) аралығындағы MODIS/Terra жер бетінің шағылысуын сипаттайтын 16 күндік L3 Global 250 m SIN Grid V005 (MOD13Q1) деректері пайдаланылды. MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) деректерін АҚШ-тың NASA (National Aeronautics and Space Administration) және USGS (United States Geological Survey) ұйымдары ұсынған спутниктерінің деректер базасынан жүктелді (<https://modis.gsfc.nasa.gov/data/>).

Бұл суреттерді пайдаланып, GEE (Google Earth Engine) платформасында NDVI (Normalized difference vegetation index) және EVI (Enhanced vegetation index) өсімдік индекстері есептелінді. Аталған өсімдік индекстері төмендегідей формулалар арқылы есептелінді:

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)} \quad \text{немесе} \quad NDVI = (B5 - B4) / (B5 + B4) \quad (1) \text{ (Kriegler et al., 1969)}$$

$$EVI = 2.5 * \frac{(NIR - Red)}{(NIR + 6 * Red - 7.5 * Blue + 1)} \quad \text{немесе} \quad EVI = 2.5 * (B5 - B4) / (B5 + 6 * B4 - 7.5 * B2 + 1) \quad (2) \text{ (Yin et al., 2016)}$$

Үшіншіден, зерттеу аумағында орналасқан Ұланбел, Мойынқұм, Ойық, Тасты және Құлан метеорологиялық станцияларының көпжылдық климаттық деректері (жауын-шашын, температура) «Қазгидромет» РМК мекемесінен алынды. Сонымен қатар, Шығыс Англия университетінде орналасқан климаттың өзгеруін зерттеу бойынша әлемдегі жетекші ғылыми орталықтардың бірі CRU (<https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/>) (Climatic Research Unit) деректері қолданылды.

ЖҚЗ деректері негізінде алынған жұмыстардың нәтижелерін тексеру (верификация) мақсатында зерттеу аумағына далалық жұмыстар ұйымдастырылды. Далалық зерттеу жұмыстары кезінде, зерттеу аумағынан 25 негізгі нүктелерден топырақ үлгілері алынды. Сонымен қатар,

DJI Mavic 3 мультиспектрлі дронының көмегімен құмды массив ландшафттарының динамикасы мен дамуына әсер ететін физикалық-географиялық процестерді бақылау және Б.А. Быков (Быков, 1957) әдісімен проекциялық жабындылықты анықтау жұмыстары жүргізілді (2-сурет).

Жем-шөп қорының бағалануы нақты өсімдік жамылғысында үлгілік алаңдарды белгілеу арқылы жүзеге асырылып, алынған мәліметтер проекциялық жабындылықты ескере отырып, бүкіл массив аумағына экстраполяцияланды. Пайдалану қорының көлемі мен жыл сайынғы жинау мүмкіндігі зерттелетін түрдің қайта қалпына келу кезеңін ескере отырып есептелді (Методика определения запасов лекарственных растений, 1986; Плисак, 1981).



2-сурет – Далалық зерттеу жұмыстары

Нәтижелер мен талқылаулар

Жерді қашықтан зондтау нәтижелері

Мойынкүм құмды массивінің жалпы ауданы 43090 км² құрайды, оның 34908 км² (81%) Жымбыл облысы, 8182 км² (19%) Түркістан облысының аумағына тиесілі.

Жұмыста қойылған мақсаттарға жету үшін MODIS (MOD13Q1) деректері негізінде Мойынкүм құмды массивінің аумағы үшін 2000, 2014 және 2024 жылдардағы NDVI және EVI вегетациялық индекстері есептелінді (3 және 4 суреттер).

Вегетациялық индекстердің (NDVI, EVI) көрсеткіштері бойынша 2000 жылдан 2024 жылға қарай Мойынкүм құмды массивінің кейбір бөліктерінде өсімдіктер жамылғысының айтарлықтай жақсарғаны байқалды.

Мойынкүм құмды массивінің өсімдік жамылғысы NDVI және EVI индекстерінің көрсеткіштеріне қарай 5 класқа бөлініп, келесідей жіктелді (Aquino et al., 2018; Sahebjalal et al., 2013): 0-0.15 өте төмен, 0.15-0.2 төмен, 0.2-0.3 орташа, 0.3-0.4 жоғары және >0.4 өте жоғары. Зерттеулер көрсеткендей, 2000 жылы зерттеу аумағындағы

өте төмен (0-0.15) кластағы өсімдік жамылғысымен қамтылған аумақтың жалпы ауданы 12391 км² құраса, сәйкесінше 2014 және 2024 жылы бұл көрсеткіш 5528,7 км² және 8191,4 км² құраған (1-кесте). Өсімдік жамылғысы төмен (0.15-0.2) кластағы аумақтардың ауданы 2000 жылы 21979 км² құраса, 2014 жылы 18367 км², 2024 жылы 16378,8 км² құрап, айтарлықтай азайған.

Ал, керісінше орташа (0.2-0.3), жоғары (0.3-0.4) және өте жоғары (>0.4) класындағы өсімдік жамылғысымен қамтылған аумақтардың ауданы айтарлықтай өскендігі байқалады. Зерттеу аумағындағы өсімдік жамылғысының орташа (0.2-0.3) класындағы аумақтардың ауданы 2000 жылы 6644 км² болса, сәйкесінше 2014 және 2024 жылы бұл көрсеткіш 13438 км² және 12786 км² құраған (1-кесте).

Жоғары (0.3-0.4) кластағы аумақтардың ауданы 2000 жылы 1834 км² құраған, 2014 жылы бұл санатқа жататын аумақтардың ауданы 3 есеге дейін ұлғайып 5143,8 км², ал 2024 жылы 5082 км² аумақты құрады. Сондай-ақ, өте жоғары (>0.4) кластағы өсімдік жамылғысымен жабылған аумақтың ауданы 2000 жылы 241,5 км² құраса, 2014 жылы 612,5 км², 2024 жылы 651,5 км² құрап айтарлықтай ұлғайған (1-кесте).

Зерттеу аумағындағы өсімдік жамылғысы өте төмен (0-0.15) кластағы аумақтардың ауданы 2000 жылы 28,8% құраса, 2014 және 2024 жылдары бұл санаттағы жерлердің аумағы айтарлықтай азайып, сәйкесінше 12,8 және 19% құраған. Сондай-ай-ақ, төмен (0.15-0.2) кластағы жерлердің ауданы да аталған жылдардың аралығында айтарлықтай азайған. Бұл санаттағы аумақтың ауданы 2000 жылы 51% құраса, 2014 және 2024 жылдары 42,6 және 38% құрады (5-сурет).

Жоғарыда атап өткеніміздей, Мойынқұм құмды массивіндегі орташа (0.2-0.3), жоғары (0.3-0.4) және өте жоғары (>0.4) класындағы өсімдік жамылғысымен қамтылған аумақтардың ауданы айтарлықтай өсіп, орташа (0.2-0.3) кластағы өсімдік жамылғысымен қамтылған аумақ 2000-2024 жылдар аралығында 15,4%-дан 29,7%-ға, жоғары (0.3-0.4) 4,3%-дан 11,8%-ға, ал өте жоғары (>0.4) класындағы жерлердің аумағы 0,6%-дан 1,5%-ға ұлғайған.

ЖҚЗ деректері негізінде алынған нәтижелеріміз Мойынқұм құмды массивіндегі соңғы жылдары өсімдік жамылғысының жақсарып келе жатқандығын көрсетті. Және

алынған нәтижелерімізді тексеру (верификация) мақсатында вегетациялық кезең аралығында зерттеу аумағына далалық зерттеу жұмыстары ұйымдастырылды.

Далалық зерттеу жұмыстарының нәтижелері

Далалық зерттеу жұмыстары кезінде, зерттеу аумағынан және зерттеу аумағына көршілес жатқан мал шаруашылығымен айналысатын елді-мекендер маңынан 25 негізгі нүктелерден топырақ үлгілері алынды. DJI Mavic 3 мультиспектрлі дронының көмегімен құмды массив ландшафттарының динамикасы мен дамуына әсер ететін физикалық-географиялық процестерді бақылау және Б.А. Быков (Быков, 1957) әдісімен жобалық жабындылықты анықтау жұмыстары жүргізілді.

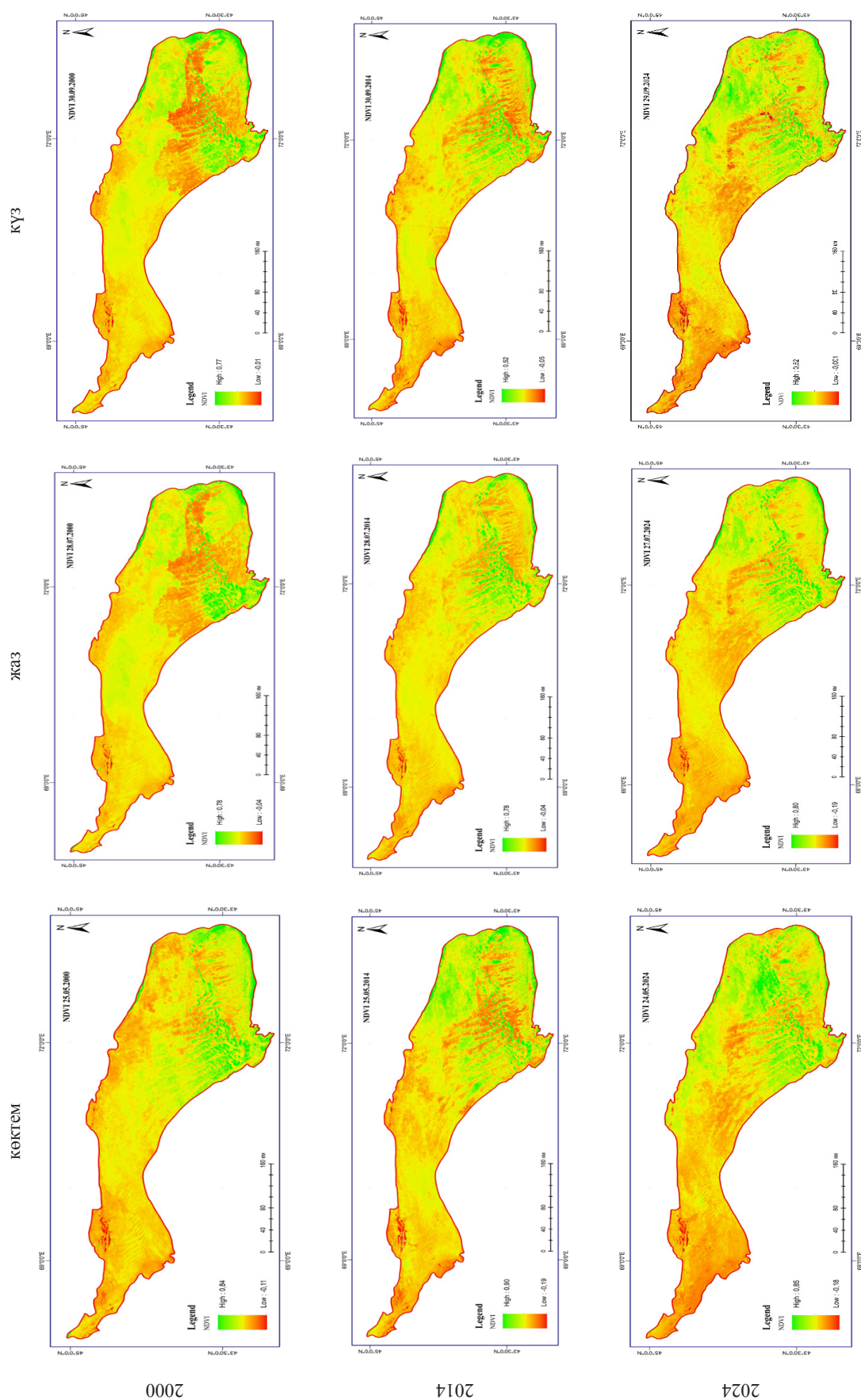
И.Г. Серебряков, Н.Т. Нечаева және басқа да ғалымдардың тіршілік формаларының классификациясына сүйене отырып, Мойынқұм құмды массивінде 9 тіршілік формасы анықталды. Флораның биоморфологиялық талдауы келесі нәтижелерді көрсетті (%): ағаштар – 1,1%; бұталар – 13,2%; бұташықтар – 2,4%; жартылай бұталар – 3,3%; жартылай бұташықтар – 3,9%; көпжылдық ұзақ вегетациялық шөптер – 26,9%; эфемероидтар – 13,4%; біржылдық ұзақ вегетациялық шөптер – 21,4%; эфемерлер – 15,4%;

Өсімдік жамылғысында көпжылдық шөптер (*Phragmites australis*, *Stipa hohenackeriana* және т.б.) елеулі орын алады, одан кейін біржылдық ұзақ вегетациялық шөптер (*Salsola paulsenii*, *S. nitraria*, *Horaninovia minor* және т.б.) саны бойынша екінші орында. Сонымен қатар, эфемерлер де өсімдік құрамында айтарлықтай орын алады (*Anisantha tectorum*, *Secale silvestris* және т.б.).

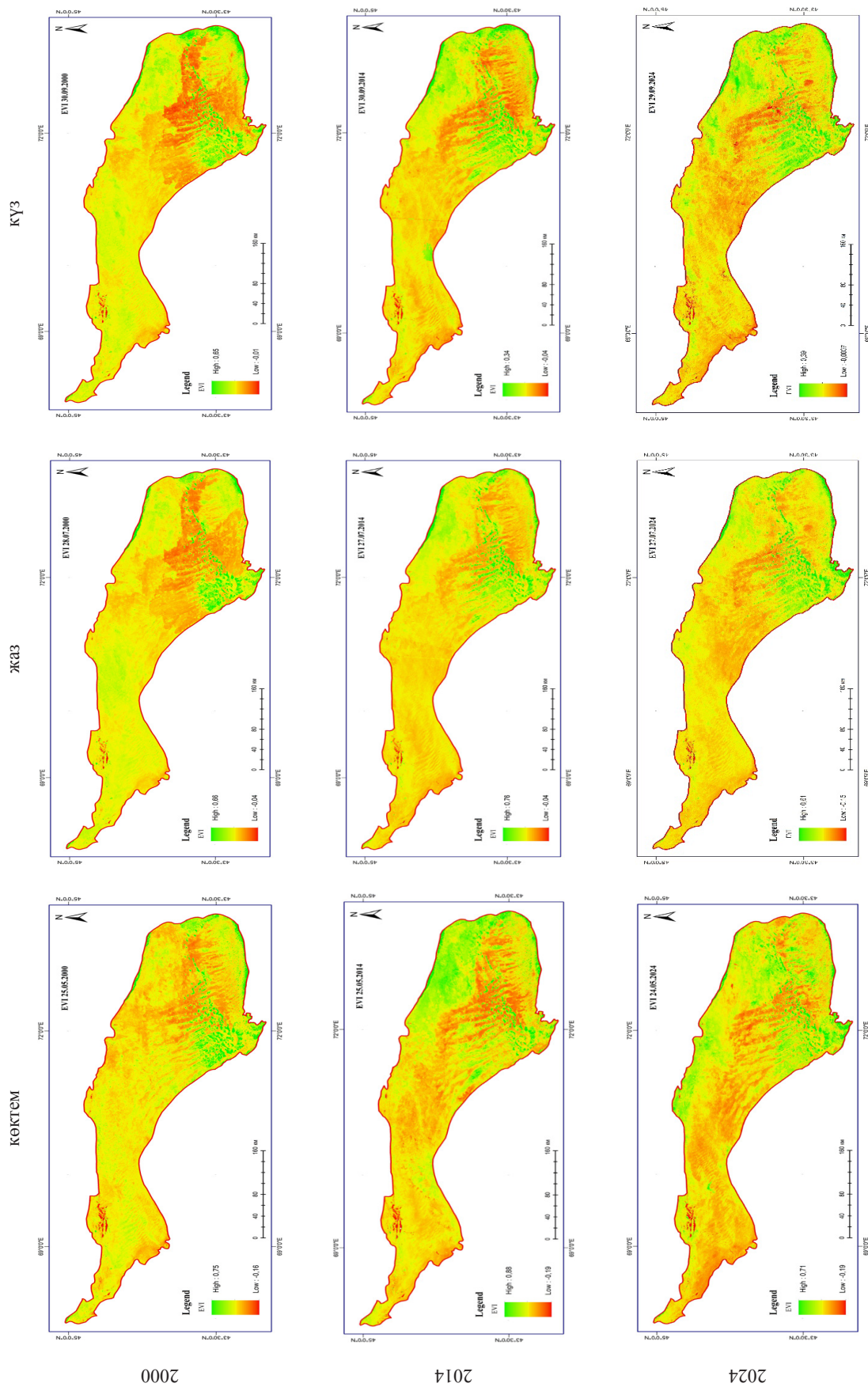
Бұталардың ішінде сексеуілдер (*Haloxylon aphyllum*, *H. persicum*), жыңғылдар (*Tamarix* түрлері) және жүзгіндер (*Calligonum* түрлері) ерекшеленеді. Жартылай бұталар қатарына теріскен (*Ceratoides papposa*, *Eurotia ewersmanniana*), жартылай бұташықтарға жусанның кейбір түрлері (*Artemisia arenaria* және т.б.), изен (*Kochia prostrata*) және басқа да өсімдіктер жатады. Экологиялық бейімделуіне байланысты кейбір өсімдік түрлері белгілі бір мекендеу ортасына қатаң бейімделген және осы ортаның шегінен тыс жерде кездеспейді. Басқа өсімдіктер әртүрлі экологиялық жағдайларда тіршілік ете алады.

1-кесте – 2000, 2014 және 2024 жылдар аралығындағы Мойынқұм құмды массивіндегі өсімдік жамылғысы көрсеткіштерінің (NDVI) өзгеру динамикасы.

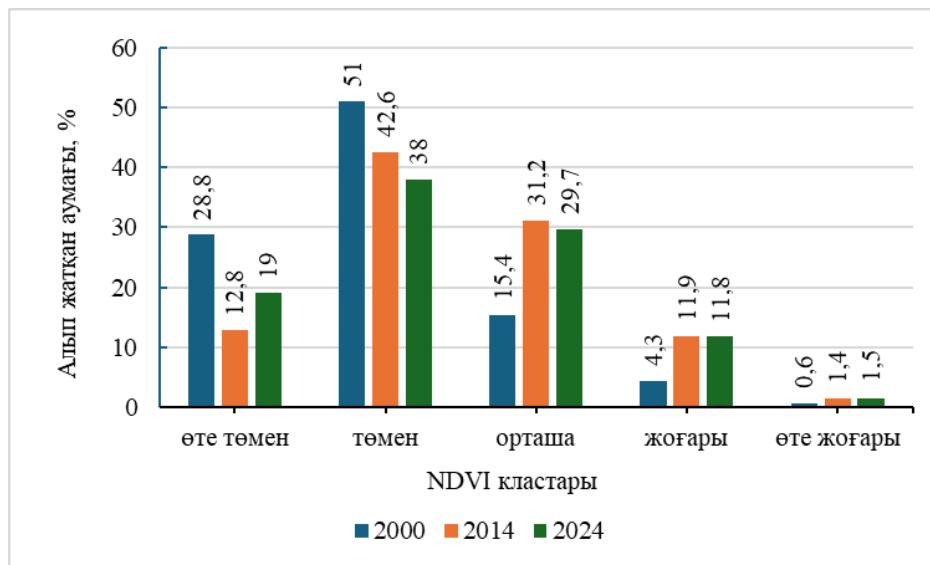
NDVI көрсеткішінің тығыздық кла- стары	2000 жылғы NDVI көрсеткіштері		2014 жылғы NDVI көрсеткіштері		2024 жылғы NDVI көрсеткіштері		2000 және 2014 жылдар аралығындағы өзгерісі		Орташа өзгеру жылдамдығы		2014 және 2024 жылдар аралығындағы өзгерісі		Орташа өзгеру жылдамдығы	
	ауданы		ауданы		ауданы		ауданы		ауданы		ауданы		ауданы	
	км²	%	км²	%	км²	%	км²	%	км²/жыл	%	км²	%	км²/жыл	%
Өте төмен (0-0.15)	12 391	28,8	5 528,7	12,8	8191,4	19	- 6862,3	-55,4	490,2	3,9	+2662,7	48,2	+266,3	4,82
Төмен (0.15-0.2)	21 979	51	18 367	42,6	16378,8	38	- 3612	-16,4	258	1,2	-1988,2	-10,8	-198,8	1,08
Орташа (0.2-0.3)	6 644	15,4	13 438	31,2	12786	29,7	+6794	102	485,3	7,3	-652	-4,9	-65,2	0,49
Жоғары (0.3-0.4)	1 834	4,3	5 143,8	11,9	5082	11,8	+3309,8	180	236,4	12,9	-61,8	-1,2	-6,2	0,12
Өте жоғары (>0.4)	241,5	0,6	612,5	1,4	651,8	1,5	+371	154	26,5	11	+39,3	6,4	+3,9	0,64
Барлығы	43 090	100	43 090	100	43 090	100	-	-	-	-	-	-	-	-



3-сурет – Мойынқұм шөлді массивінің 2000, 2014 және 2024 жылдардағы NDVI көрсеткіштері



4-сурет – Мойынқұм шөлді массивінің 2000, 2014 және 2024 жылдардағы EVI көрсеткіштері



5-сурет – Мойынқұм құмды массивіндегі өсімдік жамылғысының NDVI кластары бойынша алып жатқан аумағы, %

Өсімдіктердің бейімделу ерекшеліктерінің бірі – псаммофильділік (құмды жерлерге бейімделу). Жалпы псаммофиттер саны 96 түрді (29,1%) құрайды. Олардың ішінде ең көп таралғаны жүзгіндер (*Calligonum sp.sp.*). Далалық псаммофиттердің 9 түрі бар: *Chondrilla pauciflora*, *Scorzonera ensifolia*, *Leymus racemosus*, *Corispermum heptapotamicum*, *Silene odoratissima*, *Goldbachia laevigata* және т.б. Сонымен қатар, 17 нағыз псаммофит түрлері (*Eremopoa altaica*, *Bromus danthoniae*, *Koelpina turanica* және т.б.) және 29 псаммопетрофит түрлері (*Tragopogon ruber*, *Chenopodium botrys* және т.б.) кездеседі.

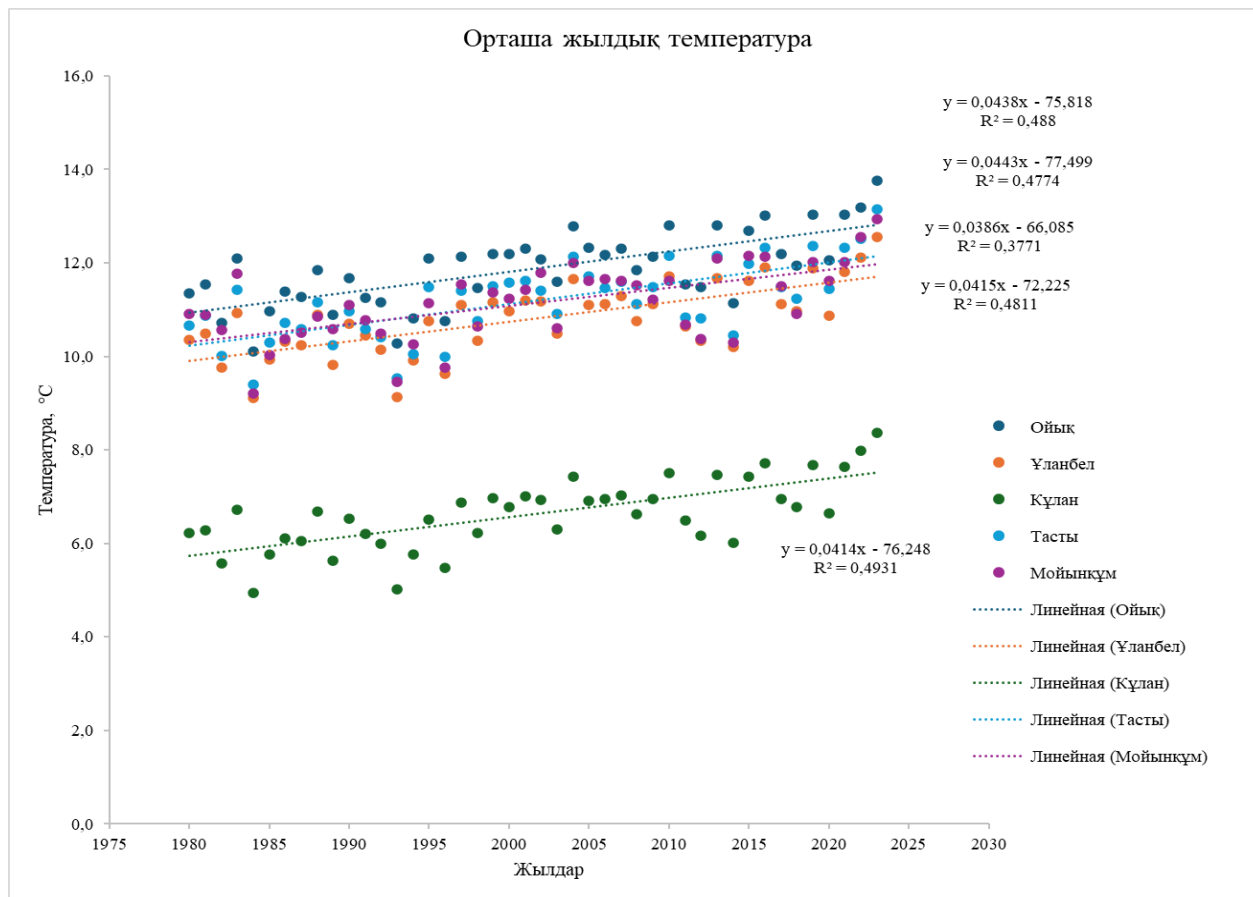
Осылайша, Мойынқұм құмды массивінің флорасы мен эко-биоморфологиялық құрамын талдай отырып, бұл аймақтың өсімдіктер әлемінде солтүстік және оңтүстік шөлді флора элементтерінің кеңінен таралғанын байқауға болады. Әсіресе, көпжылдық шөптесін өсімдіктер мен шөлдік экобиоморфтар басым, олардың ішінде псаммофиттер ерекше орын алады. Түрлік құрамында ең көп таралғандары – Тұрандық және Солтүстік Тұрандық элементтер (*Calligonum gracile*, *C. alatifforme*, *C. undulatum*, *C. murex*, *C. colubrinum*, *C. erinaceum*, *Polygonum pulvinatum*, *Astragalus karakugensis*, *A. brachypus*, *Artemisia eranthema* және т.б.). Сонымен қатар, флора құрамында Батыс Жерор-

та теңіздік (*Stipa hohenackerana*, *Calamagrostis pseudophragmites*, *Polycnemum arvense*), Жерорта теңіздік (*Ceratoides papposa*, *Chenopodium botrys*, *Halimodendron halodendron*) және Палеарктикалық элементтер (*Atriplex tatarica*, *Glycyrrhiza aspera*, *Stipa capillata*) кездеседі.

Климаттық деректерді өңдеу нәтижелері

Шөлді аймақтардағы өсімдік жамылғысының сандық өзгеру динамикасына тікелей әсер ететін факторлардың бірі – климаттық факторлар, соның ішінде температура, атмосфералық жауын-шашын және эвапотранспирация (Kleidon et al., 2000; Sun et al., 2021). Аумақтағы соңғы жылдардағы климаттық факторлардың әсерін талдау мақсатында 1980-2023 жж Ұланбел, Мойынқұм, Ойық, Тасты және Құлан метеорологиялық станцияларының (МС) көп жылдық климаттық деректері (жауын-шашын, температура) алынды.

Аталған барлық метеорологиялық станциялардың деректері бойынша соңғы жылдары орташа жылдық температура айтарлықтай жоғарылаған. Атап айтқанда, 1980-2023 жж. аралығында Ойық МС орташа жылдық температура – 2,4°C, Ұланбел МС – 2,2°C, Құлан МС – 2,2°C, Тасты МС – 2,4°C және Мойынқұм МС бойынша – 2,0°C-қа жоғарылаған (6-сурет).



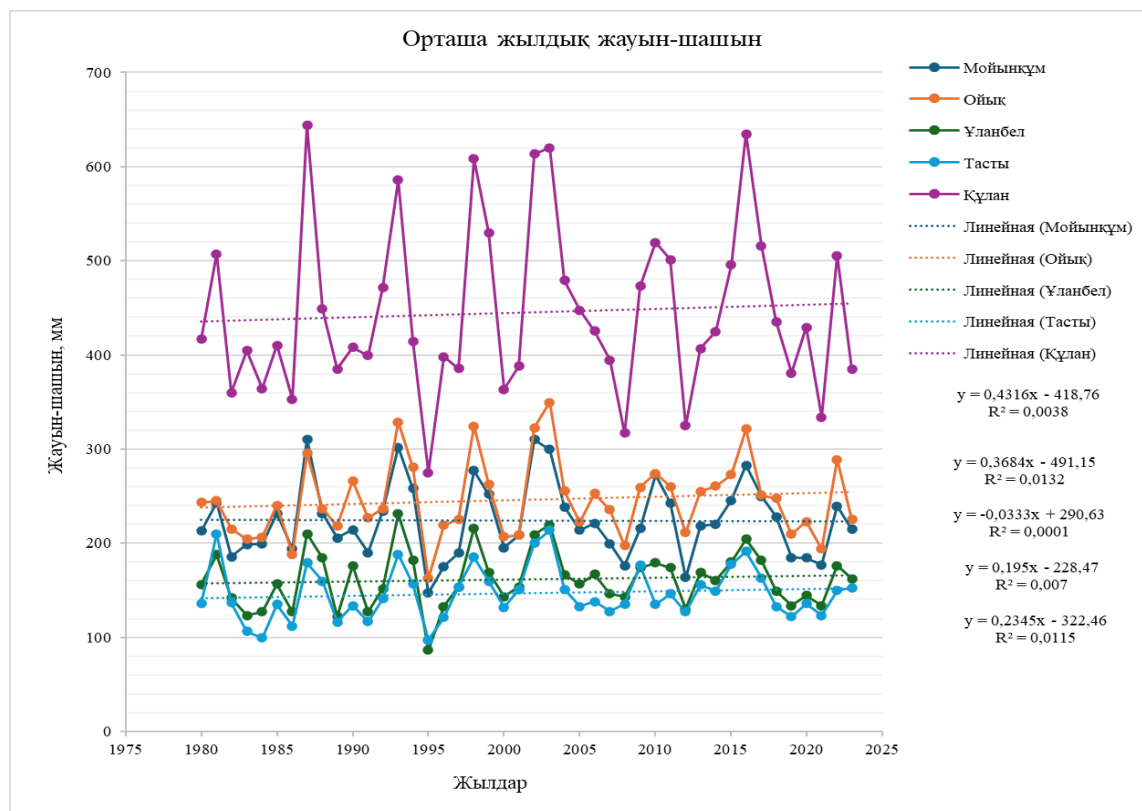
6-сурет – Зерттеу аумағындағы метеорологиялық станциялардың көпжылдық орташа жылдық температура көрсеткіштері

1980-2000 жылдар мен 2000-2023 жылдар аралығындағы орташа жылдық температура көрсеткіштерін салыстырғанда біршама айырмашылықтар байқалады. 2000-2023 жылдардағы орташа жылдық температура 1980-2000 жылдармен салыстырғанда Ойық МС – $1,1^{\circ}\text{C}$, Ұланбел МС – $1,0^{\circ}\text{C}$, Құлан МС – $1,0^{\circ}\text{C}$, Тасты $1,1^{\circ}\text{C}$ және Мойынқұм МС – $1,0^{\circ}\text{C}$ жоғары.

Зерттеу аумағында жоғарыда көрсетілген метеорологиялық станциялардың деректері бойынша 1980-2023 жж. аралығындағы орташа жылдық жауын-шашын мөлшері әр жылдары әркелкі түсіп отырған. Алайда, соңғы жылдары жалпы сызықтың трендтік көрсеткіші Мойынқұм МС басқа барлық МС жоғарлағанын көрсетті (7-сурет).

2000-2023 жылдардағы орташа жылдық жауын-шашын мөлшері 1980-2000 жылдармен

салыстырғанда Ойық МС – 12,1 мм, Ұланбел МС – 10,4 мм, Құлан МС – 20,5 мм, Тасты 9,9 мм және Мойынқұм МС – 5,5 мм-ге жоғарылаған. Зерттеу аумағындағы метеорологиялық станциялардың деректері негізінде климаттық деректерді талдай отырып, аумақтағы соңғы жылдары өсімдік жамылғысының жақсарғанына климаттық жағдайлар, соның ішінде жауын-шашын мөлшерінің көбейгенінің әсері болуы мүмкін. Құмды массивтегі өсімдік жамылғысының жақсаруына тағы бір әсер ететін негізгі факторлардың бірі – антропогендік факторлар. Атап айтқанда, ҚР АШМ Орман шаруашылығы және жануарлар дүниесі комитетінің мемлекеттік орман қоры учаскелеріндегі сексеуіл екпелерінде ағаш кесуге мораторий жариялауы, сексеуіл ағаштарының ұрығын себу мен отырғызу және т.б.



7-сурет – Зерттеу аумағындағы метеорологиялық станциялардың көпжылдық орташа жылдық жауын-шашын көрсеткіштері

Қорытынды

Мақалада мұрағаттық және өзекті ЖҚЗ мәліметтері мен көпжылдық климаттық деректер негізінде, сондай-ақ кешенді географиялық далалық жұмыстарды жүргізу арқылы Мойынқұм құмды массивіндегі өсімдіктер жамылғысының 2000-2024 жж. аралығындағы өзгеру динамикасына талдау нәтижелері сипатталды. Зерттеулер көрсеткендей, соңғы жылдары зерттеу аумағының басым бөлігінде өсімдік жамылғысының айтарлықтай жақсарғаны байқалады. ЖҚЗ деректері негізінде алынған нәтижелерді тексеру (верификация) мақсатында зерттеу аумағына далалық жұмыстар ұйымдастырылды (25 нүкте) және 5 метеорологиялық станциялардың (Ойық, Ұланбел, Құлан, Тасты және Мойынқұм) көпжылдық климаттық деректері алынып, талданды. 2000-2023 жылдардағы орташа жылдық температура 1980-2000 жылдармен салыстырғанда Ойық МС – 1,1⁰С, Ұланбел МС – 1,0⁰С, Құлан МС – 1,0⁰С, Тасты 1,1⁰С және Мойынқұм МС – 1,0⁰С жоғары. Сонымен қатар, 2000-2023 жыл-

дардағы орташа жылдық жауын-шашын мөлшері 1980-2000 жылдармен салыстырғанда Ойық МС – 12,1 мм, Ұланбел МС – 10,4 мм, Құлан МС – 20,5 мм, Тасты 9,9 мм және Мойынқұм МС – 5,5 мм-ге жоғарылаған. Зерттеу аумағындағы өсімдік жамылғысының жақсаруына аумақтағы соңғы жылдары климаттық факторлар, атап айтқанда көпжылдық орташа жауын шашын-мөлшерінің артуы әсер етуі мүмкін. Сондай-ақ, аумақтағы өсімдік жамылғысының жақсаруына әсер еткен бірнеше антропогендік факторлар да бар. Атап айтқанда, ҚР АШМ Орман шаруашылығы және жануарлар дүниесі комитетінің мемлекеттік орман қоры учаскелеріндегі сексеуіл екпелерінде ағаш кесуге мораторий жариялауы және сексеуіл ағаштарының ұрығын себу мен отырғызу шаралары.

Қаржыландыру туралы ақпарат/алғыс

Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (грант № AP19680487).

Әдебиеттер

- Aquino, D. D. N., Rocha Neto, O. C. D., Moreira, M. A., Teixeira, A. D. S., & Andrade, E. M. D. Use of remote sensing to identify areas at risk of degradation in the semi-arid region // *Revista Ciência Agronômica*. – 2018. – Т. 49. – С. 420-429. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180047>
- Bedunah, D. J., & Angerer, J. P. Rangeland degradation, poverty, and conflict: how can rangeland scientists contribute to effective responses and solutions? // *Rangeland Ecology & Management*. – 2012. – Т. 65. – №. 6. – С. 606-612.
- Бижанова Г.К. Антропогенные смены пастбищ Мойынкумов и их картографирование. – Наука. КазССР, Алма-Ата 164 с.
- Быков Б.А. Геоботаника. – Алма-Ата, 1957. – С. 22–23.
- Вин Т.Ш.В., Алимаев И., Уткелов Б. Казахстан. Пастбищные угодья в переходный период: ресурсы, пользователи и рациональное использование // Технический документ всемирного банка. Департамент экологически и социально устойчивого развития Региона Европы и Центральной Азии Штаб квартира. 2002, – 1818.
- Фаизов К. III. Почвы пустынной зоны Казахстана. Алма-Ата, 1983. – 240 с.
- Hankerson, B. R., Schierhorn, F., Prishchepov, A. V., Dong, C., Eisfelder, C., & Müller, D. Modeling the spatial distribution of grazing intensity in Kazakhstan // *PLoS One*. – 2019. – Т. 14. – №. 1. – С. e0210051. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210051>
- Herrero, M., Grace, D., Njuki, J., Johnson, N., Enahoro, D., Silvestri, S., & Rufino, M. C. The roles of livestock in developing countries // *Animal*. – 2013. – Т. 7(s1). – С. 3-18. <https://doi.org/10.1017/S1751731112001954>
- Issanova G., Saparov A., Ustemirova A. Soil degradation and desertification processes within Kazakhstan // *Ecology of Urban Areas*. – 2014. – С. 429.
- «Қазақстан Республикасы табиғи жем-шөп алқаптарының ірі масштабты (1:1 000 – 1:100 000) геоботаникалық іздестірулерін жүргізу жөніндегі әдістемелік бекіту туралы» Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрінің 2022 жылғы 3 қазандағы № 314 бұйрығы. 2022 ж 5-қазан. № 30043 <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/V2200030043#z457>
- ҚР Стратегиялық жоспарлау және реформалар агенттігі Ұлттық статистика бюросы. Қазақстан Республикасындағы ауыл, орман және балық шаруашылығы өнімдерінің (көрсетілетін қызметтерінің) жалпы шығарылымы, Астана, 2022.
- Kleidon A., Fraedrich K., Heimann M. A green planet versus a desert world: Estimating the maximum effect of vegetation on the land surface climate // *Climatic Change*. – 2000. – Т. 44. – С. 471-493. <https://doi.org/10.1023/A:1005559518889>
- Kriegler, F. J., Malila, W. A., Nalepka, R. F., & Richardson, W. Preprocessing transformations and their effects on multispectral recognition // *Remote Sensing of Environment*, VI. – 1969. – С. 97.
- Lebed L., Qi J., Heilman P. An ecological assessment of pasturelands in the Balkhash area of Kazakhstan with remote sensing and models // *Environmental Research Letters*. – 2012. – Т. 7. – №. 2. – С. 025203. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/2/025203>
- Manceron S., Ben-Ari T., Dumas P. Feeding proteins to livestock: Global land use and food vs. feed competition // *OCL Oilseeds and Fats Crops and Lipids*. – 2014. – Т. 21. – №. 4. – С. 10. <https://doi.org/10.1051/ocl/2014020>
- Методика определения запасов лекарственных растений. – М., 1986. – 50 с.
- Nasiyev, B., Shibaikin, V., Bekkaliyev, A., Zhanatalapov, N. Z., & Bekkaliyeva, A. Changes in the quality of vegetation cover and soil of pastures in semi-deserts of West Kazakhstan, depending on the grazing methods // *Journal of Ecological Engineering*. – 2022. – Т. 23. – №. 10. <https://doi.org/10.12911/22998993/152313>
- Национальный атлас Республики Казахстан. Том 1: Природные условия и ресурсы, 2010. Алматы, 150 с.
- Пастбищные ресурсы Республики Казахстан (геопортал ГИС-Пастбища) Казахский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства (КазНИИЖИК) <http://kazniizhik-pastures.kz>
- Плиск Р.П. Изменение растительности дельты р. Или при зарегулировании стока. – Алма-Ата: Наука, 1981. – 216 с.
- Почвы Казахской ССР. Выпуск 7. Жамбулская область. Алма-Ата, 1967. – 367 с.
- РГП «Казгидромет». Государственный водный кадастр Республики Казахстан. Раздел 1 «Поверхностные воды». Ежегодные сведения о режиме и ресурсах поверхностных вод суши за 2020 г. Выпуск 6. Бассейны рек Шу и Талас. – Нур-Султан, 2022. – С. 58.
- Sahebjalal E., Dashtekian K. Analysis of land use-land covers changes using normalized difference vegetation index (NDVI) differencing and classification methods // *African Journal of Agricultural Research*. – 2013. – Т. 8. – №. 37. – С. 4614-4622. <https://doi.org/10.5897/AJAR11.1825>
- Senda, T. S., Kiker, G. A., Masikati, P., Chirima, A., & van Niekerk, J. Modeling climate change impacts on rangeland productivity and livestock population dynamics in Nkayi District, Zimbabwe // *Applied Sciences*. – 2020. – Т. 10(7). – С. 2330. <https://doi.org/10.3390/app10072330>
- Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T. D., Castel V., de Haan C. Livestock's long shadow: environmental issues and options. The Livestock EadI, editor. Rome: FAO; 2006.
- Suleimenov, M., Saparov, A., Akshalov, K., & Kaskarbayev, Z. Land degradation issues in Kazakhstan and measures to address them: research and adoption // *Pedologist*. – 2012. – Т. 55. – №. 3. – С. 373-381. https://doi.org/10.18920/pedologist.55.3_373
- Sun, Z., Mao, Z., Yang, L., Liu, Z., Han, J., Wanag, H., & He, W. Impacts of climate change and afforestation on vegetation dynamic in the Mu Us Desert, China // *Ecological Indicators*. – 2021. – Т. 129. – С. 108020. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108020>
- Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель в Республике Казахстан за 2022 год – г.Нур-Султан: Комитет по управлению земельными ресурсами Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан, 2022 г. 321 с.
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., & Befort, B. L. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2011. – Т. 108. – №. 50. – С. 20260-20264. <https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108>

Yin, G., Hu, Z., Chen, X., & Tiyyip, T. Vegetation dynamics and its response to climate change in Central Asia // *Journal of Arid Land*. – 2016. – T. 8. – C. 375-388. <https://doi.org/10.1007/s40333-016-0043-6>

References

- Aquino, D. D. N., Rocha Neto, O. C. D., Moreira, M. A., Teixeira, A. D. S., & Andrade, E. M. D. (2018) Use of remote sensing to identify areas at risk of degradation in the semi-arid region // *Revista Ciência Agronômica*, v. 49. – pp. 420-429. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180047>
- Bedunah, D. J., & Angerer, J. P. (2012) Rangeland degradation, poverty, and conflict: how can rangeland scientists contribute to effective responses and solutions? // *Rangeland Ecology & Management*, v. 65. – №. 6. – pp. 606-612.
- Bizhanova G.K. (1989) Antropogennyye smeny pastbishch Moinkumov i ikh kartografirovaniye. [*Anthropogenic changes of Moyinkum pastures and their mapping*]– Nauka. KazSSR, Alma-Ata, P. 164.
- Bykov B.A. (1957) *Geobotanika [Geobotany]*. – Alma-Ata, – P. 22–23.
- Vin T.Sh.V., Alimaev I., Utkelov B. (2002) Kazakhstan. Pastbishchnyye ugod'ya v perekhodnyy period: resursy, pol'zovateli i ratsional'noye ispol'zovaniye [Pasture lands in transition: resources, users and rational use] // *Tekhnicheskiiy dokument vsemirnogo banka. Departament ekologicheskii i sotsial'no ustoychivogo razvitiya Regiona Evropy i Tsentral'noy Azii Shtab kvartira*. – 1818.
- Faizov K. Sh. (1983) *Pochvy pustynnoy zony Kazakhstana [Soils of the desert zone of Kazakhstan]*. Alma-Ata, P. 240.
- Hankerson, B. R., Schierhorn, F., Prishchepov, A. V., Dong, C., Eissfelder, C., & Müller, D. (2019) Modeling the spatial distribution of grazing intensity in Kazakhstan // *PLoS One*, v. 14. – №. 1. – p. e0210051. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210051>
- Herrero, M., Grace, D., Njuki, J., Johnson, N., Enahoro, D., Silvestri, S., & Rufino, M. C. (2013) The roles of livestock in developing countries // *Animal*, v. 7(s1). – pp. 3-18. <https://doi.org/10.1017/S1751731112001954>
- Issanova G., Saparov A., Ustemirova A. (2014) Soil degradation and desertification processes within Kazakhstan // *Ecology of Urban Areas*, P. 429.
- “Kazakhstan Respublikasy tabigi zhem-shöp alqaptarynyñ iri masshtaby (1:1 000 – 1:100 000) geobotanikalyq izdestirulerin zhurgizu jöindegі ädistemeni bekіtu turaly” Kazakhstan Respublikasy Aul sharuwashylygy ministriniñ 2022 jyly 3 qazandaghy № 314 buıryghy. 2022 j. 5-qazan. № 30043 <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/V2200030043#z457>
- KR Strategiyalyq zhosparlau jäne reformalar agenttiğı Ulttyq statistika byurosy (2022). Kazakhstan Respublikasyndaghy aul, orman jäne balyq sharuwashylyghy önimderiniñ (körsetiletin qyzmetteriniñ) jalpy shygharylymy, Astana. P.363.
- Kleidon A., Fraedrich K., Heimann M. A green planet versus a desert world: Estimating the maximum effect of vegetation on the land surface climate // *Climatic Change*. – 2000. – T. 44. – pp. 471-493. <https://doi.org/10.1023/A:1005559518889>
- Kriegler, F. J., Malila, W. A., Nalepka, R. F., & Richardson, W. (1969) Preprocessing transformations and their effects on multispectral recognition // *Remote Sensing of Environment*, VI, P. 97.
- Lebed L., Qi J., Heilman P. (2012) An ecological assessment of pasturelands in the Balkhash area of Kazakhstan with remote sensing and models // *Environmental Research Letters*, v. 7. – №. 2. – P. 025203. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/2/025203>
- Manceron S., Ben-Ari T., Dumas P. (2014) Feeding proteins to livestock: Global land use and food vs. feed competition // *OCL Oilseeds and Fats Crops and Lipids*, v. 21. – №. 4. – P. 10. <https://doi.org/10.1051/ocl/2014020>
- Metodika opredeleniya zapasov lekarstvennykh rasteniy (1986) [Methodology for determining stocks of medicinal plants], M, P. 50.
- Nasiyev, B., Shibaikin, V., Bekkaliyev, A., Zhanatalapov, N. Z., & Bekkaliyeva, A. (2022) Changes in the quality of vegetation cover and soil of pastures in semi-deserts of West Kazakhstan, depending on the grazing methods // *Journal of Ecological Engineering*, v. 23. – №. 10. <https://doi.org/10.12911/22998993/152313>
- Natsionaldy atlas Respublikasy Kazakhstan (2010) [National Atlas of the Republic of Kazakhstan]. Tom 1: Tabiğī jağdaylar men resurstar, Almaty, P. 150.
- Pastbishchnyye resursy Respubliki Kazakhstan (geoportal GIS-Pastbishcha) Kazakhstanskiy nauchno-issledovatel'skiy institut zhivotnovodstva i kormoproizvodstva (KazNIIZhik) <http://kazniizhik-pastures.kz>
- Plisak R.P. (1981) Izmeneniye rastitel'nosti del'ty r. Ili pri zaregulirovaniі stok. [Vegetation change in the delta of the river. Or when regulating the flow] – Alma-Ata: Nauka, P. 216.
- Pochvy Kazakhskoy SSR. (1967) [The soils of the Kazakh SSR] Vypusk 7. Zhambylskaya oblast'. Alma-Ata, P. 367.
- RGP «Kazgidromet». (2022) Gosudarstvennyy vodnyy kadastr Respubliki Kazakhstan. Razdel 1 «Poverkhnostnyye vody». Ezhegodnye svedeniya o rezhime i resursakh poverkhnostnykh vod sushchi za 2020 g. Vypusk 6. Basseyiny rek Shu i Talas. – Nur-Sultan, P. 58.
- Sahebjalal E., Dashtekian K. (2013) Analysis of land use-land covers changes using normalized difference vegetation index (NDVI) differencing and classification methods // *African Journal of Agricultural Research*. v. 8. – №. 37. – pp. 4614–4622. <https://doi.org/10.5897/AJAR11.1825>
- Senda, T. S., Kiker, G. A., Masikati, P., Chirima, A., & van Niekerk, J. (2020) Modeling climate change impacts on rangeland productivity and livestock population dynamics in Nkayi District, Zimbabwe // *Applied Sciences*, v. 10(7). – P. 2330. <https://doi.org/10.3390/app10072330>
- Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T. D., Castel V., de Haan C. (2006) *Livestock's long shadow: environmental issues and options*. The Livestock EADI, editor. Rome: FAO.
- Suleimenov, M., Saparov, A., Akshalov, K., & Kaskarbayev, Z. (2012) Land degradation issues in Kazakhstan and measures to address them: research and adoption // *Pedologist*, v. 55. – №. 3. – pp. 373-381. https://doi.org/10.18920/pedologist.55.3_373

- Sun, Z., Mao, Z., Yang, L., Liu, Z., Han, J., Wanag, H., & He, W. (2021) Impacts of climate change and afforestation on vegetation dynamic in the Mu Us Desert, China // *Ecological Indicators*, v. 129. – P. 108020. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108020>
- Svodnyy analiticheskiy otchet o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' v Respublike Kazakhstan za 2022 god – g. Nur-Sultan: Komitet po upravleniyu zemel'nyimi resursami Ministerstva sel'skogo khozyaystva Respubliki Kazakhstan, p. 321
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., & Befort, B. L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture // *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 108. – №. 50. – P. 20260-20264. <https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108>
- Yin, G., Hu, Z., Chen, X., & Tiyyip, T. (2016) Vegetation dynamics and its response to climate change in Central Asia // *Journal of Arid Land*, v. 8. – P. 375-388. <https://doi.org/10.1007/s40333-016-0043-6>

Авторлар туралы мәлімет:

- Зұлпыхаров Канат Базарбаевич (корреспондент автор) – PhD candidate, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ Ғарыштық технологиялар және ЖҚЗ орталығының директоры (Алматы қ., Қазақстан, эл.пошта: kanat.zulpykharov@gmail.com);
- Токбергенова Айгул Абдугаппаровна – з.ғ.к., доцент, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ География, жерге орналастыру және кадастр кафедрасының меңгерушісі (Алматы қ., Қазақстан, эл.пошта: tokbergen@mail.ru);
- Каирова Шнар Галымовна – PhD, КЕАҚ «Торайғыров университеті» География және туризм кафедрасы (Павлодар қ., Қазақстан, эл.пошта: shynar_kairova@mail.ru);
- Таукебаев Омиржан Жалғасбекович – PhD candidate, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ Инжиниринг және жоғары технологиялар кластері бас директорының орынбасары, картография және геоинформатика кафедрасының аға оқытушысы (Алматы қ., Қазақстан, эл.пошта: omirzhan.taukebayev@kaznu.edu.kz);
- Салмурзаұлы Руслан – PhD, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Экология және биоресурстардың тұрақтылығы» ҒЗИ жетекші ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан, эл.пошта: ruslan.salmurzauli@gmail.com);
- Әлшериева Даная Ерланқызы – 1-курс докторанты, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ География, жерге орналастыру және кадастр кафедрасы (Алматы қ., Қазақстан, эл.пошта: alsheriyevad@gmail.com);
- Тұрымтаев Жанарыс Бақытжанұлы – әл-Фараби атындағы ҚазҰУ Ғарыштық технологиялар және ЖҚЗ орталығының маманы, Картография және геоинформатика кафедрасының 1-курс докторанты (Алматы қ., Қазақстан, эл.пошта: zhanarys131@gmail.com);
- Дүйсенбаев Салават Маратович – аға оқытушы, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ География, жерге орналастыру және кадастр кафедрасы (Алматы қ., Қазақстан, эл.пошта: duysenbaev@mail.ru);

Information about the authors:

- Zulpykharov Kanat (corresponding author) – PhD candidate, Director of the Center for Space Technologies and RAS of the Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: kanat.zulpykharov@gmail.com);
- Tokbergenova Aigul – Candidate of Geological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Geography, Land Management and Cadastre of the Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: tokbergen@mail.ru);
- Kairova Shnar – PhD, Department of Geography and Tourism, Toraigyrov University (Pavlodar, Kazakhstan, e-mail: shynar_kairova@mail.ru);
- Taukebayev Omirzhan – PhD candidate, Deputy Director General of the Engineering and High Technologies Cluster of Al-Farabi Kazakh National University, Senior Lecturer of the Department of Cartography and Geoinformatics (Almaty, Kazakhstan, e-mail: omirzhan.taukebayev@kaznu.edu.kz);
- Salmurzauli Ruslan – PhD, Leading Researcher of the Research Institute of Ecology and Sustainability of Bioresources, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: ruslan.salmurzauli@gmail.com);
- Alsherieva Danaya – 1st year doctoral student, Department of Geography, Land Management and Cadastre, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: alsheriyevad@gmail.com);
- Turymtaev Zhanarys – Specialist of the Center for Space Technologies and RAS, Al-Farabi Kazakh National University, 1st year doctoral student, Department of Cartography and Geoinformatics (Almaty, Kazakhstan, e-mail: zhanarys131@gmail.com);
- Duysenbaev Salavat – Senior Lecturer, Department of Geography, Land Management and Cadastre, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: duysenbaev@mail.ru);

Келіп түсті: 5 желтоқсан 2024 жыл
Қабылданды: 20 ақпан 2025 жыл