







Ғылыми мақала

## ЕРТІС МАҢЫ ОРМАНДАРЫНЫҢ 2000...2025 ЖЖ. АРАЛЫҒЫНДАҒЫ ДИНАМИКАСЫН ГЕОКЕҢІСТІКТІК ТАЛДАУ

Гульбаршын Е. Азимбаева <sup>1\*</sup> , Канат Б. Самарханов <sup>1</sup>  г.ғ.к, PhD., Аяжан Ұ. Шыныбек <sup>1,2</sup>   
Марина К. Булатова <sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан; [azimbayeva\\_gye@enu.kz](mailto:azimbayeva_gye@enu.kz) (ГЕА), [samarkhanov\\_kb@enu.kz](mailto:samarkhanov_kb@enu.kz) (КБС), [ayazhan\\_shynybek@mail.ru](mailto:ayazhan_shynybek@mail.ru) (АҰШ)

<sup>2</sup>РГП «Казгидромет», г. Астана, Қазақстан; [ayazhan\\_shynybek@mail.ru](mailto:ayazhan_shynybek@mail.ru)

<sup>3</sup> «Семей орманы» МОТР» мемлекеттік мекемесі, Семей, Қазақстан; [marsi.7@mail.ru](mailto:marsi.7@mail.ru) (МКБ)

\*Автор корреспондент: Гульбаршын Е. Азимбаева, ; [azimbayeva\\_gye@enu.kz](mailto:azimbayeva_gye@enu.kz) (ГЕА)

### ТҮЙІН СӨЗДЕР

Ертіс маңы орманы,  
Абай облысы,  
геоақпараттық жүйе,  
жерді қашықтықтан  
зондтау,  
NDVI,  
Манн-Кендалл тест,  
реликті қарағай  
ормандары

### АБСТРАКТ

Мақалада «Семей орманы» мемлекеттік орман табиғи резерватының (МОТР) аумағында орналасқан Абай облысының реликті қарағай ормандарының өсімдік жамылғысының динамикасы қарастырылады. Ормандардың қазіргі жағдайы мен өзгерістерді анықтау үшін жерді қашықтықтан зондтау мен геоақпараттық жүйелер қолданылды. Орман экожүйелерінің вегетациялық жай-күйін бағалау үшін 2000 жылдан 2025 жылға дейінгі кезең мен 5 жылдық қадамдармен есептелген медианалық NDVI картасы құрастырылды. Jenks алгоритмі негізінде өсімдік жамылғысы деградацияланған аймақтардан (-0.187...0.291) бастап, өте сирек (0.291...0.373), орташа (0.373...0.448), орташадан жоғары (0.448...0.522), жоғары (0.522...0.614) және максималды (0.614...0.862) биоөнімділік аймақтарына дейінгі 6 санатқа жіктелді. Анықталған үдерістердің статистикалық маңыздылығы Манн-Кендалл тесті мен Сен талдауы арқылы тексеріліп, дәлелденді. Тест нәтижесінде ормандардың барлық бөлімшелері оң динамика көрсетіп ( $p < 0.05$ ), ормандардың табиғи жаңару әлеуеті расталды. Алайда, 2023 жылы болған өрт салдары Жаңа Шүлбі бөлімшесінде өсімдік жамылғысының 24 %-ға (0.50...0.38 дейін) және Бородулихада 13 %-ға (0.61...0.53 дейін) төмендеуі экологиялық құлдыраудың орын алғанын көрсетеді. Өсім қарқыны мен тұрақтылық көрсеткіштері бойынша ең жоғары өсім – Бородулиха мен Бөкебайда, орташа өсім – Долон, Беген, Канонерка және баяу, тұрақты өсім – Жаңасемей мен Морозов бөлімшелерінде анықталды. Алынған нәтижелер аймақтағы аридтену үдерістері мен шекті температуралық ауытқулардың реликті қарағай ормандарының вегетациялық белсенділігіне тікелей әсерін айқындайды. Жүргізілген геокеңістіктік талдау нәтижелері Ертіс маңы ормандарының климаттың жаһандық жылыну жағдайындағы экологиялық тұрақтылығын бағалауға мүмкіндік береді. Зерттеу жұмысы аймақтық экологиялық саясатты қалыптастыруда, соның ішінде орманды қорғау және климаттық өзгерістерге бейімделу стратегияларын әзірлеуде маңызды практикалық маңызға ие.

### 1. КІРІСПЕ

Қазіргі таңда жаһандық климаттың өзгеруі аридті және субаридті аймақтардағы экожүйелерге, әсіресе Ертіс маңы реликті қарағайлы ормандарға айтарлықтай қауіп төндіруде. Бұл ормандар – мұз дәуірінен сақталған реликті нысандар болып табылады және Қазақстанның жалпы орман қорының небәрі 5 %-ын ғана құрайды [1].

Аймақтың экологиялық негізі мен биологиялық әралуандылығының тірегі саналатын реликті қарағай алқаптары – әлемде тек Канадада баламасы бар бірегей табиғи кешен. Бұл нысан өзінің климатты қалыптастырушы, топырақты эрозиядан қорғайтын және гидрологиялық режимді реттеуші функцияларына байланысты мемлекеттік маңызы бар стратегиялық нысан ретінде сипатталады [2].

**Мақала жайында:**

Жіберілді: 07.03.2026  
Қайта қаралды: 13.04.2026  
Қабылданды: 23.06.2026  
Жарияланды: 01.07.2026

**Дәйексөз үшін:**

Азимбаева Г., Самарханов К., Шыныбек А., Булатова М., Ертіс маңы ормандарының 2000...2025 жж. аралығындағы динамикасын геокеңістіктік талдау// Гидрометеорология және экология, 122 (2), 2026, 125-136.

Соңғы онжылдықта Ертіс алабында орташа жылдық температураның көтерілуі мен жауын-шашын диспропорциясы орман өрттерінің жиіленуіне, зиянкестердің таралуына және табиғи регенерацияны тежеуде [3]. Бұл жағдай ландшафттық құрылымның антропогендік трансформациясы мен климаттық экстремумдардың жиілеуі осы аймақтағы орман ресурстарын басқарудың жаңа ғылыми тәсілдерін қажет етеді.

Ертіс маңы ормандарының экологиялық және географиялық ерекшеліктері қазіргі С.В.Залесов, А.В.Данчева сияқты ғалымдардың зерттеулерінде кеңінен қарастырылған [4, 5]. Климаттың өзгеруі жағдайында Қазақстандағы ормандарды тұрақты басқару және биоәртүрлілікті сақтау тұрғысынан ормандардың климаттық реакцияларын түсіну ерекше маңызды болып келеді. Климаттың ауытқулары мен үрдістерінің ағаш өнімділігі мен орман экожүйесінің динамикасына әсерін түсінуге және болжауға көмектесетін зерттеулердің бір өзекті саласы - ағаш сақиналарына негізделген. Өкінішке орай елімізде дендроклиматологиялық зерттеулер жұмысы мен зерттеу жұмыстары туралы ақпарат жеткіліксіз болғанымен аймақтың дендроклиматологиясындағы осалдықты толтыру басымдыққа ие [6]. Сонымен қатар қазіргі кезеңдегі зерттеулер көбінесе климаттық мониторинг пен ГАЖ технологияларын қолдану арқылы ландшафттық динамиканы модельдеуге бағытталған.

Осы теориялық және әдістемелік негіздерді ескере отырып, бұл мақаланың мақсаты – жерді қашықтықтан зондтау арқылы аймақтың ландшафттық жағдайына ретроспективті талдау жасау және осы зерттеулер негізінде өсімдік жамылғысының өзгерістерін тренд талдауы ретінде көрсету. Осы мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды:

1. «Семей орманы» мемлекеттік орман табиғи резерваты» республикалық мемлекеттік мекемесінің бөлімшелер бойынша толық картасын әзірлеу;
2. Жерді қашықтықтан зондтау арқылы территорияның ландшафттық жағдайына ретроспективті талдау жасау;
3. 2000...2025 жж. аралығында аймақтың өсімдік жамылғысының өзгеру динамикасын график түрінде көрсетіп, Mann – Kendall [7] тесті негізінде трендті дәлелдеу.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы келесі нәтижелермен айқындалады:

- «Семей орманы» МОТР-ның барлық бөлімшелерін қамтитын шолу картасы әзірленді;
- 25 жылдық кезеңдегі өсімдік жамылғысының медианалық өзгерістерінің кеңістіктік-уақыттық динамикасы сандық тұрғыдан нақтыланды;
- Зерттеуде арнайы математикалық тренд тестті қолдану арқылы қарағайлы ормандардың деградация және регенерация үдерістері алғаш рет нақтыланып, сенімділігі дәлелденді.

## 2. ЗЕРТТЕУДІҢ НЫСАНЫ МЕН ӘДІСТЕРІ

Зерттеу нысаны – Ертіс маңы орман алқабының құрылымдық-тектоникалық негізін кейінгі каледон және герцин кезеңдерінің құрылымдық элементтері құрайды. Бұл қарағайлы ормандар Қазақстанның солтүстігі және Обь – Ертіс өзенаралық аумағының оңтүстік далаларындағы ежелгі аллювийлі құмдар мен гранитті жыныстардың элювийлі топырақтарында шоғырланған [8].

Солтүстік Қазақстан аумағына суықтың енуі мен маусымдық тоңның таралуы соңғы плейстоцен дәуірінің мұздық кезеңімен байланысты. Бұл кезең дала ландшафтарының қалыптасуына ал кей жерде орманды-далаға ауысуына алып келді [9, 11].

Климаты шұғыл континентальды, ылғалы тапшы, құрғақ дала зонасында орналасқан. Жазда ең құрғақ және ыстық ай шілдеде ауа температурасы +45 °С дейін көтерілсе, ал минималды ауа температурасы қаңтар айында – 38 °С. Осындай климаттық

жағдайда аймақтың құмды субстраттарында кәдімгі қарағай (*Pinus Sylvestris*) доминантты рөл атқарып, жусанды және селеулі қауымдастықтармен ұласатын біртұтас фитоценоз құрайды [3].

Геоботаникалық зерттеулерге сәйкес Семей – Ертіс өңірінің қарағай алқаптары жоғары флоралық алуантүрлілігімен ерекшеленетін реликті экожүйе болып табылады. Зерттелетін аумақта алты негізгі өсімдік түрі анықталды: далалық, шалғынды, батпақты, ағашты, бұталы және суға батқан су. Бұл түрлердің ішінде шоқ шөптер мен галофиттерден бастап қияқтарға, қарағай мен тоған шөптеріне дейін әртүрлі түзілімдер сипатталған. Аталған қауымдастықтар тек экологиялық және топырақ қорғау функцияларын ғана емес, бағалы дәрілік, балдық, жемдік өсімдіктердің бай қорын жинақтаған маңызды ресурстық нысан болып саналады. [12].

Табиғат жылнамасы есебін талдау барысында резерват аумағы Шығыс Қазақстан облысында орналасқан. Алайда, қазіргі таңда Қазақстан Республикасы Президентінің 2022 жылғы 3 мамырдағы № 887 Жарлығына сәйкес әкімшілік орталық Семей қаласында орналасқан жаңа Абай ауданы деп белгіленді [13].

Ертіс маңы ормандарының негізгі және құнды бөлігі «Семей орманы» мемлекеттік орман табиғи резерватының (МОТР) аумағында орналасқан. «Семей орманы» мемлекеттік орман табиғи резерваты» республикалық мемлекеттік мекемесінің бес жылдық (2018...2022 жж.) табиғат жылнамасының деректеріне сәйкес қазіргі таңда 656395 га және 10 бөлімшеден тұрады (кесте 1):

## Кесте 1

«Семей орманы» МОТР» РММ-нің бөлімшелердің құрылымы мен жер қорының сипаттамасы

№	Бөлімше атауы	Орманшылық саны	Жалпы ауданы, га	Үлесі, %
1	Беген	3	76843	11,7
2	Бородулиха	3	52757	8,0
3	Бөкебай	3	64541	9,8
4	Долон	4	96796	14,7
5	Жаңасемей	4	77746	11,8
6	Канонерка	3	45931	7,0
7	Морозов	2	30507	4,6
8	Жаңа Шүлбі	3	46616	7,1
9	Семей	6	103378	15,8
10	*Тау-Дала	3	61270	9,3
<b>БАРЛЫҒЫ</b>		<b>37</b>	<b>656395</b>	<b>100</b>

Ескерту: \* Ертіс маңы аумағынан тыс орналасқан, оқшауланған аймақ

### Зерттеу әдістері

Картографиялық негізді қалыптастыру және ГАЗ талдау.

Бөлімшелердің аумақтары мен шекараларын цифрландыру жұмыстары «Семей орманы» мемлекеттік орман табиғи резерватының орман екпелерінің 1:200000 масштабындағы бөлімшелердің жеке карта-сызбасы негізінде жүргізілді [14]. Зерттеу аумағы бойынша барлық бөлімшелерді қамтитын бірыңғай картаның болмауына

байланысты жеке карталарды біріктіру және жүйелеу арқылы авторлық шолу картасы ретінде қайта құрастырылды (сурет 1).



**Сурет 1.** «Семей орманы» мемлекеттік орман табиғи резерваты бөлімшелерінің әкімшілік-шекаралық карта-сызбасы

Деректерді картографиялық өңдеу және геоақпараттық модельдеу жұмыстары QGIS 3.40.5 – Bratislava бағдарламалық ортасында жүзеге асырылды [15]. Векторлау үдерісінің дәлдігін қамтамасыз ету үшін бастапқы кезеңде растрлық материалдар-EPSSG: 4326 (WGS 84) бірыңғай координаттар жүйесіне сәйкестендірілді.—Келесі кезеңде бөлімшелердің шекаралары векторлау арқылы цифрландырылды. Әрбір кеңістіктік нысан үшін құрылымдалған атрибуттық кесте жасалып, бөлімшелердің атауы беріліп, аумақтық көрсеткіштері жүйеленді. Карта-сызбаны безендіру және визуализациялау барысында шартты белгілер мен классификациялау әдістері қолданылып, зерттеу нысанының толыққанды кеңістіктік-деректер моделі қалыптастырылды.

*Ғарыштық мониторинг және вегетациялық индекстерді есептеу*

Орман алқаптарының динамикасын зерттеу үшін Google Earth Engine платформасының есептеу мүмкіндіктері пайдаланылды. Қашықтықтан зондтау мәліметтері ретінде кеңістіктік айырымдылығы 250 м болатын MODIS спутниктік деректер жиынтығы таңдап алынды [16]. Арнайы әзірленген алгоритм арқылы зерттеу аумағының шекарасы бойынша 2000...2005...2010...2015...2020 және 2025 жылдардың NDVI индексі есептелінді. 2000...2025 жылдардың әрбір уақыт кезеңі бойынша медианалық мәндер анықталды [17]. Алынған деректер CSV форматында экспортталып, кешенді статистикалық талдау жүргізу үшін Python кодын іске қосатын Google Colab ортасына импортталды.

*Статистикалық талдау және трендтерді бағалау*

Уақыттық қатарлар деректеріндегі вегетациялық өзгерістердің статистикалық сенімділігін анықтау мақсатында Манн-Кендалл бейпараметрлік тренд тесті қолданылды [7]. Тесттің негізгі көрсеткіші мына формула арқылы есептелінді (1):

$$\tau = \frac{S}{N(N - 1)/2} \tag{1}$$

Мұндағы S – Манн-Кендалл статистикасы барлық мүмкін жұптардың айырмашылықтары ретінде есептеледі (2):

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(x_i - x_j) \quad (2)$$

Мұндағы  $x_i$  және  $x_j$  уақыт қатарындағы деректердің мәндері ( $j > i$ ), ал  $n$  – деректер нүктелерінің саны. Статистикалық гипотезаны тексеру  $p$ -value көрсеткіші арқылы жүзеге асырылып, маңыздылық деңгейі бағаланды. Ол  $S$  статистикасының қалыпты таралуға негізделді.

Трендтің көлбеулігін бағалау үшін Сен көлбеуі [18] арқылы көлбеулердің медианасы ретінде есептелді (3).

$$b_{sen} = \text{median}\left(\frac{y_j - y_i}{x_j - x_i}\right) \quad (3)$$

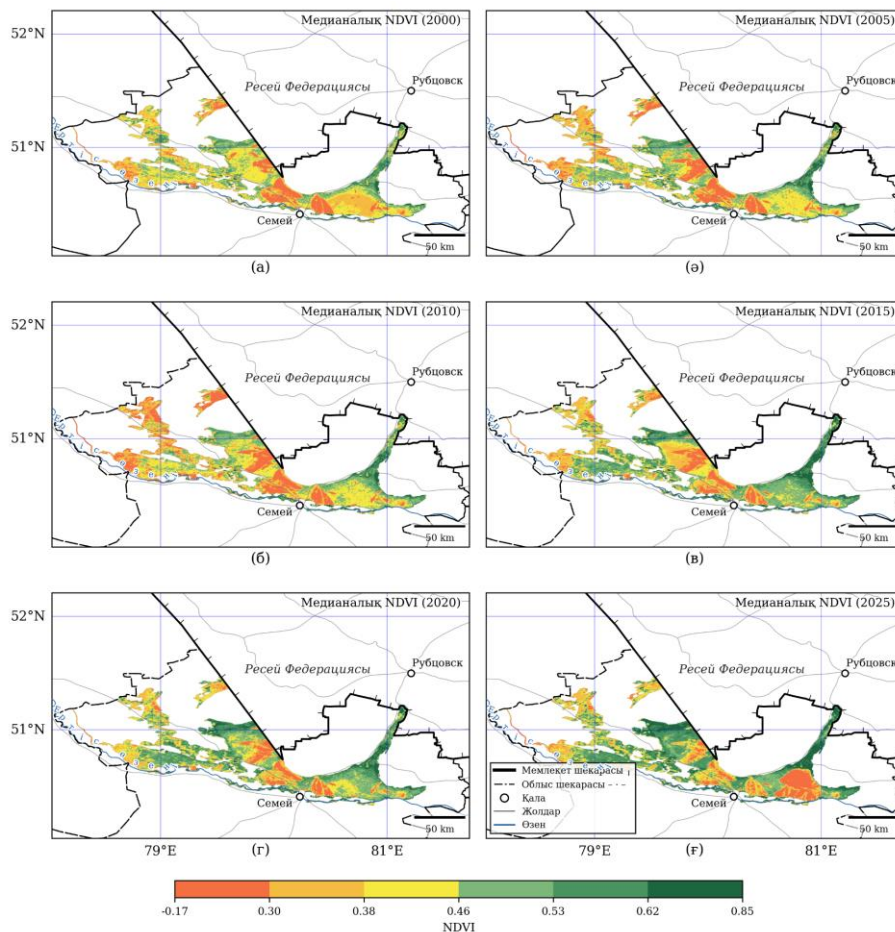
Мұндағы  $x_i$  және  $x_j$  – уақыт қатарындағы деректердің мәндері, ал  $y_j$  және  $y_i$  – сәйкес кезеңдегі NDVI мәндері. Бұл әдіс алынған деректердің таралу заңдылығына тәуелсіз және ауытқу мәндерге сезімтал емес болғандықтан талдау үшін сенімді әдіс ретінде таңдалынды. Орман алқаптарының деградациялану немесе регенерациялану үдерістерін объективті түрде пайымдауға мүмкіндік берді.

### 3. НӘТИЖЕЛЕР МЕН ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

Негізгі зерттеу жұмысы Жерді қашықтықтан зондтау арқылы территорияның ландшафттық динамикасын уақыт бойынша бағалауға бағытталды. 2000...2005...2010...2015...2020...2025 жылдарға сәйкес спутниктік деректер негізінде NDVI индексі есептеліп, пайымдау нәтижесінде картографиялық өңдеу жүргізілді (сурет 2).

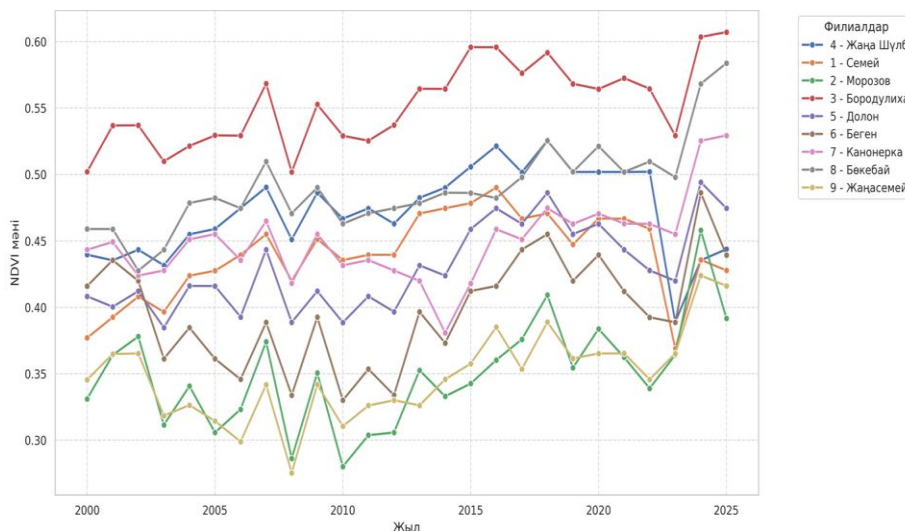
Резерваттың 2000...2005...2010...2015...2020 және 2025 жылдарында түсірілген ғарыштық суреттерден медианалық NDVI картасы құрастырылды. Картадағы NDVI айырмашылықтардың анық болуы үшін Jenks табиғи шектері бойынша алты жікке топтастырылды:

1. Деградацияланған аймақтар мен сирек өсімдіктер (-0.187...0.291): бұл санатқа ашық құмдар мен тұрақты өсімдіктері жоқ аумақтар жатады.
2. Өте сирек жамылғы (0.291...0.373): өсімдік жамылғысының төмен көрсеткіштеріне ие фитоценоздармен сипатталады.
3. Орташа тығыздық аймағы (0.373...0.448): сирек орман алқаптарын қамтитын өтпелі аймақ.
4. Орташадан жоғары тығыздық аймағы (0.448...0.522): тұрақты өсімдіктер мен жас екпелердің гүлденген аймақтарына сәйкес келеді.
5. Жоғары тығыздық аймағы (0.522...0.614): жетілген, тұрақты өсімі бар орман алқаптары.
6. Максималды биоөнімділік аймағы (0.614...0.862): фитомасса көрсеткіштері ең жоғары және ең тығыз орман алқаптары.



**Сурет 2.** 2000...2025 жылдар аралығындағы «Семей орманы» МОТР» РММ-нің өсімдік жамылғысының медианалық мәндерінің кеңістіктік-уақыттық динамикасы

Манн-Кендалл тестінің нәтижелері «Семей орманы» резерватының барлық аумағында NDVI тренді айқындалғанын және нәтиженің оң сипатқа ие екендігі дәлелденді (сурет 3).



**Сурет 3.** Семей орманы бөлімшелер бойынша өсімдік жамылғысының тренді

Талдау нәтижелері көрсеткендей барлық бөлімшелердегі 25 жылдық NDVI динамикасының статистикалық маңыздылығы Манн-Кендалл тесті арқылы расталып, келесі көрсеткіштермен сипатталды (кесте 2):

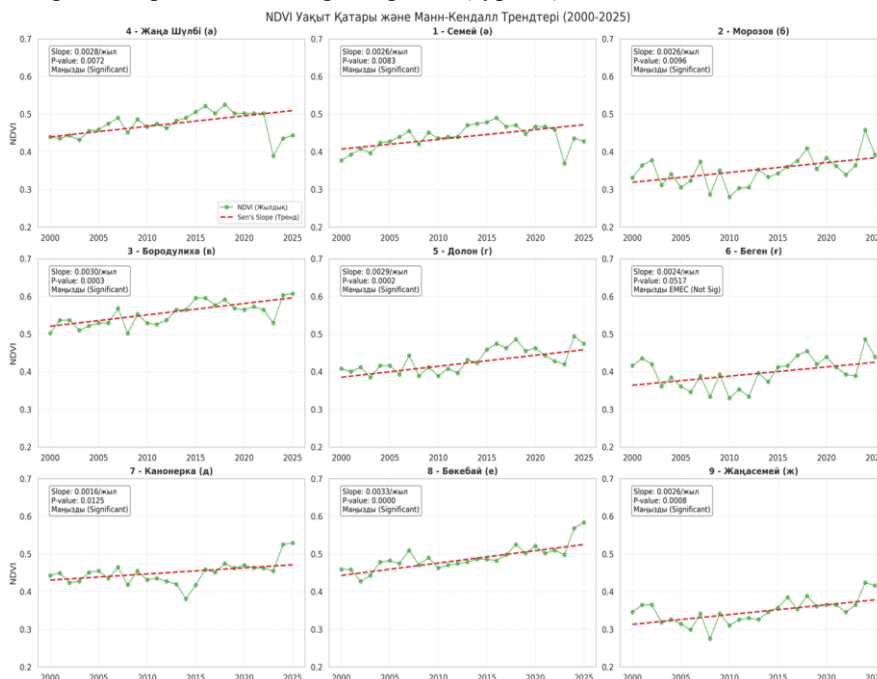
**Кесте 2**

Орман алқаптарының өсу қарқыны мен тұрақтылық көрсеткіштері

Ең жоғары өсім	Тұрақтылық өсім	Орташа өсім	Баяу, бірақ сенімді өсім
Бородулиха, Бөкебай	Жаңа Шүлбі, Семей	Долон, Беген, Канонерка	Жаңасемей, Морозов

Манн – Кендалл тестінің қорытындысы бойынша NDVI индексінің максимум көрсеткіші Бородулиха бөлімшесінде тіркелді. Бұл аумақта өсімдік жамылғысы өте тығыз және тұрақты дамуы байқалса, ең төменгі көрсеткіш Морозов және Жаңасемей бөлімшелерінде. Аймақтарда құмды топырақтардың басымдығы мен өткен кезеңдердегі өрттен кейінгі табиғи қалпына келу процесінің баяулығы себеп болады. Сонымен қатар 2023 жылы Семей, Жаңа Шүлбі және Бородулиха бөлімшелерінде орын алған ірі өрттің салдарынан 60000 га орман қорының жойылуы вегетациялық динамиканың тежелуіне алып келді. Бұл апат уақыттық қатарлар графигінде айқын көрінетін–теріс ауытқу ретінде көрініс табады (а, э, в графигі).

Морозов және Жаңасемей аймақтарында вегетациялық көрсеткіш бұрын төмен болғанымен 2024 жылы шекті көрсеткішке жетті (б, ж графигі). Бұл деградацияға ұшыраған жерлердің сәтті қалпына келуі мен жас екпелерді отырғызудың нәтижесі. Ал Долон және Беген бөлімшелеріндегі көрсеткіштердің ұқсастығы олардың климаттық жағдайларының ортақтығымен түсіндіріледі (сурет 4).



**Сурет 4.** «Семей орманы» МОТР» бөлімшелері бойынша NDVI көрсеткіштерінің көпжылдық уақыттық қатарлары мен олардың Манн-Кендалл тестіне сәйкестік графигі (2000...2025 жж.)

2024...2025 жылы Семей бөлімшесінде өртенген жерді қайта қалпына келтіру мақсатында орман ағаштарын отырғызу бойынша кешенді шаралар жүргізілді. 2024 жылы 13,5 га алқапқа 40587 кәдімгі қарағай көшеттері егілді. 2025 жылдың көктемгі ағаш отырғызу кезеңінде ауданы 10 га жер өртенген ағаштардың қалдықтары тазартылып, 29463 дана көшет отырғызылса, сол жылдың күзінде тағы 10 га жерге 29463 көшет егілді. Осылайша екі жыл ішінде жалпы ауданы 33,5 га алқапқа 99513 кәдімгі

қарағай көшеттері отырғызылып, орманды қалпына келтіру шаралары толық көлемде жүзеге асырылды [19]. Өртке оранған қалған екі бөлімшелер бойынша ағаш егу шараларына дайындық жұмыстары жүргізілуде.

Зерттеу мақсаттарына жету үшін барлық қойылған міндеттер орындалды. Манн-Кендалл тестін зерттеуде қолдану алынған ақпараттардың бар-жоғын математикалық тұрғыдан дәлелдеуге мүмкіндік берді. 2023 жылы резерваттың 3 бөлімшесінде: Бородулиха, Жаңа Шүлбі және Семейде орын алған өрт апаты ерекше назар аударуға тұрарлық. Құмды топырақ пен құрғақ климаттың салдарынан бұл аймақтар өртке өте сезімтал болып келеді. Дегенмен, 25 жылдық динамика оң көрсеткішті көрсетуі экожүйенің жоғары экологиялық тұрақтылығын дәлелдейді. Барлық бөлімшелердің ішінде ең төменгі көрсеткіш Жаңасемейге тән. Аталған аумақтағы вегетациялық деңгейдің төмендігі 1997...2000 жылдары болған ірі өрт апатының салдарымен байланысты. Бұл бөлімшеде өсімдіктер динамикасын талдау екінші реттік сукцессияның классикалық сценарийін көрсетеді.

Әдістемелік тұрғыдан алғанда, зерттеу жұмысымызда қолданылған MODIS деректері мен Манн-Кендалл тестінің үйлесімі халықаралық тәжірибеде өсімдік жамылғысының динамикасын бағалаудың ең сенімді тәсілдерінің бірі болып саналады. Дәл осындай кешенді тәсіл Қытай мемлекетіндегі Цзялин және Ханьцзян өзендерінің бассейніндегі вегетациялық өзгерістерді талдауда сәтті қолданған [20, 21]. Зерттеу жұмыстарында вегетациялық индекстің тұрақты өсуіне топографиялық факторлар мен топырақ типі әсер еткенін көрсеткен. Ертіс маңы қарағайлы ормандарының динамикасы да аймақтың рельефтік ерекшеліктеріне, топырақ жамылғысы мен климаттық факторларға тәуелділігі анықталды. Анықталған NDVI көрсеткіштерінің оң динамикасы Еуразия материгінің құрғақ аймақтарындағы жалпы «жасылдану» үрдісіне сәкес келеді [21]. Бұл әдістердің жиынтығы «Семей орманы» МОТР-да регенерациялық үдерістердің тек бағытын ғана емес, математикалық тұрғыдан негізделген статистикалық сенімділігін ашуға мүмкіндік берді.

#### 4. ҚОРЫТЫНДЫ

Жүргізілген зерттеу жұмыстары Абай облысының 2000... 2025 жылдар аралығындағы реликті қарағай ормандарының жағдайы мен динамикасын кешенді бағалауды қамтамасыз етті. Зерттеу жұмыс нәтижесінде келесі қорытындылар жасалынды:

- Картографиялау: алғаш рет «Семей орманы» мемлекеттік орман табиғи резерватының бөлімшелер бойынша жаңартылған сандық картасы жасалды.
- Өсімдік динамикасы: 25 жылдық кезеңдегі NDVI есептеулері циклдік өсімдік үлгісін анықтады, ол күрт антропогендік және табиғи факторлармен күрделене түседі. Бақылау жылдарына арналған NDVI карталары (2000... 2005...2010...2015...2020...2025) орман қорының кеңістіктік түрленуін анық көрсетті.
- Статистикалық талдау: Манн-Кендалл тесті үрдістердің болуының ғылыми дәлелдерін ұсынды. Анықталған барлық өзгерістер кездейсоқ ауытқулар емес, өзгермелі климаттағы экожүйе эволюциясының табиғи процесін білдіреді.
- Тәжірибелік маңыздылығы: Тіпті жойқын өрттерден кейін де 2000 жылға дейін де, 2023 жылы да, геологиялық негіз сақталып, қоршаған орта факторлары бақыланған кезде де оң қалпына келу динамикасы байқалатыны дәлелденген.

Бұл зерттеу Қазақстанның бірегей табиғи кешендерінің жедел басқаруы үшін ғарыштық мониторинг пен статистикалық талдауды пайдаланудың тиімділігін растайды.

Жүргізілген зерттеу жұмысының нәтижелері жоғары сенімділікке ие болғанымен, кейбір шектеулерді атап өту қажет. Пайдаланылған MODIS ғарыштық деректерінің кеңістіктік ажыратылымдығы (250 м) ауқымды аймақтардың динамикасын бағалауға мүмкіндік бергенімен, орманның тығыздығы мен құрамындағы микроөзгерістерді толық қамтуда белгілі бір қиындықтар тудыруы мүмкін. Сонымен қатар, NDVI көрсеткіштерінің ауытқуына тек климаттық факторлар ғана емес, сонымен бірге топырақ ылғалдылығы мен жерасты суларының деңгейі де әсер етеді. Бұл факторларды болашақ зерттеулерде кешенді түрде қарастыру жоспарлануда.

Зерттеу барысында «Ертіс маңы ормандары», «геоақпараттық жүйе» кілт сөздері бойынша жарияланған ғылыми мақалаларға ретроспективті талдау жүргізілді.

#### ДЕРЕКТЕРДІҢ ҚОЛЖЕТІМДІЛІГІ

Осы зерттеуде пайдаланылған деректерді авторлар «Семей орманы» МОТР» РММ табиғат жылнамасы, 2024 жылғы ресми орман қорының есебі дереккөздерінен алынып, орманды молықтыру мен табиғи кешендер өндірістік бөлімі тарапынан ұсынылды. Картографиялық талдаудың ақпараттық негізі ретінде «Қазақ орман орналастыру кәсіпорны» РМҚК ұсынған «Семей орманы» МОТР-ның 2024 жылғы ресми орман орналастыру материалдары пайдаланылды.

#### АВТОРЛАРДЫҢ ҚОСҚАН ҮЛЕСІ

Тұжырымдамалау - ГЕА; деректерді басқару - ГЕА; Ресми талдау - ГЕА, КБС; Әдістеме – КБС, МКБ; Қадағалау - КБС; Визуализация - ГЕА; Бастапқы жобаны жазу - ГЕА; Шолу жазу және редакциялау - ГЕА, АҰШ.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Данчева А. В., Залесов С. В. Районирование сосновых лесов Республики Казахстан // Леса России и хозяйство в них. - 2023. - № 1 (88). - С. 4–28.
2. Mazbayev O.B., Belgibaev M.E., Demeuov A.B. The Preservation of the Relict Irtysh Pine Forests // Journal of Ecology and Natural Resources, – 2020. – Vol. 4, Issue 3. – URL: <https://doi.org/10.23880/jenr-16000196>
3. Табиғат жылнама (2018–2022 жж.) / РММ «Семей орманы» мемлекеттік орман табиғи резерваты. – Семей, [2023]. – 51 б.
4. Данчева А.В., Залесов С.В. Экологический мониторинг лесных насаждений рекреационного назначения. - Екатеринбург: УГЛУТУ, 2015. - 152 с.
5. Данчева А.В., Залесов С.В., Муқанов Б.М. Влияние климатических факторов на радиальный прирост сосны в ленточных борах Прииртышья // Лесной вестник / Forestry Bulletin, - 2020. - Т. 24. - № 2. - С. 5–10.
6. Maripov, N.B.; Belokopytova, L.V.; Zhirnova, D.F.; Abilova, S.B.; Ualiyeva, R.M.; Bitkeyeva, A.A.; Babushkina, E.A.; Vaganov, E.A. Factors Limiting Radial Growth of Conifers on Their Semiarid Borders across Kazakhstan. Biology – 2023.- Vol. 12. – Art. 604. <https://doi.org/10.3390/biology12040604>
7. Mann H.B. Nonparametric tests against trend [Электронный ресурс] // Econometrica. – 1945. – Vol. 13. – P. 245–259. – URL: <https://doi.org/10.2307/1907187>
8. Gribanov L. N. Steppe forests of the Altai Territory and Kazakhstan.- М.: Goslesbumizdat, 1960. - 156 p.
9. Грибанов Л. Н. Степные боры Казахстана и пути их восстановления // Труды Института леса АН КазССР. — Алма-Ата, 1957. — Т. 1. — С. 15–40.
10. Грибанов Л. Н. Типы ленточных боров Прииртышья // Лесное хозяйство. — 1965. — № 5. — С. 10–14.
11. Гвоздецкий Н. А., Николаев В. А. Казахстан: Очерк природы. — М.: Мысль, 1971. — 330 с.
12. Елькенова Б.З., Бейсенова Р.Р., Карипбаева Н.Ш., Полевик В.В. Типы растительности и основные формации соснового бора Семипалатинского Прииртышья. Вестник Университета Шакарима. Серия: технические науки. - 2020; – № 4 (92). – С. 232–237.
13. Қазақстан Республикасы Президентінің 2022 жылғы 3 мамырдағы № 887 Жарлығы «Қазақстан Республикасының әкімшілік-аумақтық құрылысының кейбір мәселелері туралы». // Қазақстан Республикасы Президенті мен Үкіметінің актілер жинағы. – 2022. – № 25–26. – 160-құжат.

14. Материалы государственного лесоустройства ГЛПП «Семей орманы» [Картографический материал] / РГКП «Казакское лесостроительное предприятие». – Семей, 2024.
15. QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System. Version 3.40.5-Bratislava [Электронный ресурс]. – QGIS Association, 2024. – Режим доступа: <https://www.qgis.org>.
16. Google Earth Engine Cloud Computing Platform [Software]. – Mountain View, CA : Google, 2024. – URL: <https://earthengine.google.com>.
17. MOD13Q1.061 Terra Vegetation Indices 16-Day Global 250m [Data set]. – NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC), 2024. – DOI: 10.5067/MODIS/MOD13Q1.061. – URL: <https://lpdaac.usgs.gov/products/mod13q1v061/>
18. Sen, P. K. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, – 1968. – Vol. 63, № 324. – P. 1379–1389.
19. Учет лесного фонда РГУ ГЛПП «Семей орманы» по состоянию на 01.01.2024 г. в разрезе районов [Ведомственный материал]. – Семей : ГЛПП «Семей орманы», 2024.
20. Liu, Y., Tan, M. L., Yaseen, Z. M., & Zhang, F.. Spatiotemporal analysis of long-term vegetation dynamics using KNDVI and machine learning-based multifactor analysis. // *Ecological Informatics*. – 2026. – Vol. 93. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2025.103559>
21. Zhang, Z., Liang, S., & Xiong, Y. Vegetation Dynamics and Their Response to Climate Changes and Human Activities: A Case Study in the Hanjiang River Basin, China. // *Forests*. – 2023. – Vol. 14, № 3. – URL: <https://doi.org/10.3390/f14030509>

## REFERENCES

1. Dancheva, A. V., & Zalesov, S. V. (2023). Raionirovanie osnovnykh lesov Respubliki Kazakhstan [Zoning of pine forests of the Republic of Kazakhstan]. *Les Rossii i khozyaistvo v nikh*, (1), 4–28. [in Russian]
2. Mazbayev, O. B., Belgibaev, M. E., & Demeuov, A. B. (2020). The preservation of the relict Irtysh pine forests. *Journal of Ecology and Natural Resources*, 4(3). <https://doi.org/10.23880/jenr-16000196>
3. Tabiğat jylnama (2018–2022 jj.) / RMM «Semei ormany» memlekettik orman tabiği rezervaty. – Semei, [2023]. – 51 b. [in Kazakh]
4. Dancheva, A. V., & Zalesov, S. V. (2015). Ekologicheskii monitoring lesnykh nasazhdenii rekreatsionnogo naznacheniya [Ecological monitoring of recreational forest stands]. 152 s. [in Russian]
5. Dancheva, A. V., Zalesov, S. V., & Mukanov, B. M. (2020). Vliyanie klimaticheskikh faktorov na radialnyi prirost sosny v lentochnykh borakh Priirtyshya [Influence of climatic factors on radial growth of pine in ribbon forests of the Irtysh region]. *Lesnoi Vestnik*, 24(2), 5–10. [in Russian]
6. Mapitov, N. B., Belokopytova, L. V., Zhirnova, D. F., Abilova, S. B., Ualiyeva, R. M., Bitkeyeva, A. A., Babushkina, E. A., & Vaganov, E. A. (2023). Factors limiting radial growth of conifers on their semiarid borders across Kazakhstan. *Biology*, 12, 604. <https://doi.org/10.3390/biology12040604>
7. Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13, 245–259. <https://doi.org/10.2307/1907187>
8. Griбанov L. N. (1960) Steppe forests of the Altai Territory and Kazakhstan. M.: Goslesbumizdat, 1960. 156 p.
9. Griбанov L. N. (1957) Stepnye bory Kazahstana i puti ih vosstanovleniya // *Trudy İnstitutа lesа AN KazSSR*. – Alma-Ata., – T. 1. – S. 15–40. [in Russian]
10. Griбанov, L. N. (1965). Tipy lentochnykh borov Priirtyshya [Types of ribbon forests of the Irtysh region]. *Lesnoe Khozyaistvo*, (5), 10–14. [in Russian]
11. Gvozdetskii, N. A., & Nikolaev, V. A. (1971). Kazakhstan: Ocherk prirody [Kazakhstan: A natural overview]. – M.: Mysl, 1971. – 330 s. [in Russian]
12. Elkenova, B. Z., Beisenova, R. R., Karipbaeva, N. Sh., & Polevik, V. V. (2020). Tipy rastitelnosti i osnovnye formatsii osnovnogo bora Semipalatinskogo Priirtyshya [Vegetation types and main formations of pine forests of the Semipalatinsk Irtysh region]. *Vestnik Universiteta Shakarima. Seriya tekhnicheskie nauki*, (4), 232–237. [in Russian]
13. Qazaqstan Respublikasy Prezidentiniñ 2022 jylğy 3 мамырдағы № 887 Jarlyғы «Qazaqstan Respublikasyniñ әkimshilik-aumaqtyq qurylysyniñ keibir мәseleleri туралы». // *Qazaqstan Respublikasy Prezidenti men Ükimetiniñ aktiler jinaғы*. – 2022. – № 25–26. – 160-qūjat. [in Kazakh]
14. Materialy gosudarstvennogo lesoustroistva GLPR «Semei ormany» [Kartograficheski material] / RGKP «Kazahskoe lesoustroitelnoe predpriatie». – Semei, 2024. [in Russian]
15. QGIS Development Team. (2024). QGIS Geographic Information System. Version 3.40.5-Bratislava [Электронный ресурс]. – QGIS Association, – Режим доступа: <https://www.qgis.org>.
16. Google Earth Engine Cloud Computing Platform [Software]. (2024) – Mountain View, CA : Google, – URL: <https://earthengine.google.com>.
17. MOD13Q1.061 Terra Vegetation Indices 16-Day Global 250m [Data set]. – NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC), 2024. – DOI: 10.5067/MODIS/MOD13Q1.061. – URL: <https://lpdaac.usgs.gov/products/mod13q1v061/>
18. Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1379–1389.
19. Uchet lesnogo fonda RGU GLPR «Semei ormany» po sostoiyaniu na 01.01.2024 g. v razreze raionov [Vedomstvennyi material]. – Semei : GLPR «Semei ormany», 2024. [in Russian]

20. Liu, Y., Tan, M. L., Yaseen, Z. M., & Zhang, F. (2026). Spatiotemporal analysis of long-term vegetation dynamics using KNDVI and machine learning-based multifactor analysis. *Ecological Informatics*, 93. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2025.103559>
21. Zhang, Z., Liang, S., & Xiong, Y. (2023). Vegetation Dynamics and Their Response to Climate Changes and Human Activities: A Case Study in the Hanjiang River Basin, China. *Forests*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/f14030509>

## ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЛЕСОВ ПРИИРТЫШЬЯ В ПЕРИОД 2000...2025 ГГ.

Гульбаршын Е. Азимбаева<sup>1\*</sup>, Канат Б. Самарханов<sup>1</sup> к.г.н, PhD, Аяжан Ұ. Шыныбек<sup>1,2</sup>, Марина К. Булатова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан; [azimbayeva\\_gye@enu.kz](mailto:azimbayeva_gye@enu.kz), [samarkhanov\\_kb@enu.kz](mailto:samarkhanov_kb@enu.kz), [ayazhan\\_shynybek@mail.ru](mailto:ayazhan_shynybek@mail.ru)

<sup>2</sup>РМК «Қазгидромет», Астана қ., Қазақстан; [ayazhan\\_shynybek@mail.ru](mailto:ayazhan_shynybek@mail.ru)

<sup>3</sup> РГУ ГЛПР «Семей орманы», Семей, Казахстан; [marsi.7@mail.ru](mailto:marsi.7@mail.ru)

\*Автор корреспонденции: Гульбаршын Е. Азимбаева, [azimbayeva\\_gye@enu.kz](mailto:azimbayeva_gye@enu.kz)

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Леса Прииртышья, Абайская область, геоинформационная система, дистанционное зондирование Земли, NDVI, тест Манна – Кендалла, реликтовые сосновые боры

#### По статье:

Получено: 07.03.2026

Пересмотрено: 13.04.2026

Принято: 23.06.2026

Опубликовано: 01.07.2026

### АБСТРАКТ

В статье рассматривается динамика растительного покрова реликтовых сосновых боров Абайской области, расположенных на территории государственного лесного природного резервата ГЛПР «Семей орманы». Для определения современного состояния и анализа изменений лесных массивов использовались методы дистанционного зондирования Земли и геоинформационные системы. Для оценки вегетационного состояния лесных экосистем за период с 2000 по 2025 гг. с 5-летним шагом были рассчитаны и построены карты медианного индекса NDVI. На основе алгоритма Jenks растительный покров был классифицирован на 6 категорий: от зон деградации (-0.187...0.291) до зон максимальной биопродуктивности (0.614...0.862). Статистическая значимость выявленных процессов подтверждена с помощью теста Манна-Кендалла и анализа наклона Сена. Результаты теста показали положительную динамику во всех лесничествах ( $p < 0.05$ ), что подтверждает регенерационный потенциал лесов. Однако последствия пожаров 2023 года привели к снижению вегетационной активности в филиале Новошуйба на 24 % (с 0.50 до 0.38) и в Бородулихе на 13 % (с 0.61 до 0.53), что свидетельствует о локальной экологической регрессии. По темпам роста и показателям устойчивости максимальный прирост зафиксирован в Бородулихинском и Букебаевском филиалах; средний рост — в Долонском, Бегенском и Канонерском; медленный, но стабильный рост — в Жанасемейском и Морозовском филиалах. Полученные результаты подчеркивают прямое влияние процессов аридизации и экстремальных температурных колебаний на вегетационную активность реликтовых боров. Геопространственный анализ позволяет оценить экологическую устойчивость лесов Прииртышья в условиях глобального потепления. Работа имеет практическую значимость для формирования региональной экологической политики, включая разработку стратегий по защите лесов и адаптации к изменениям климата.

## GEOSPATIAL ANALYSIS OF FOREST DYNAMICS IN THE IRTYSH REGION FOR THE PERIOD 2000...2025

Gulbarshyn Azimbayeva<sup>1\*</sup>, Kanat Samarkhanov<sup>1</sup>, Cand. Geogr. Sc., PhD, Ayazhan Shynybek<sup>1,2</sup>, Marina Bulatova<sup>3</sup>

<sup>1</sup> L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; azimbayeva\_gye@enu.kz, samarkhanov\_kb@enu.kz, ayazhan\_shynybek@mail.ru

<sup>2</sup> RSE «Kazhydromet», Astana, Kazakhstan; ayazhan\_shynybek@mail.ru

<sup>3</sup> Republican State Institution "Semey Ormany" State Forest Nature Reserve, Semey, Kazakhstan; marsi.7@mail.ru

\*Author correspondent: Gulbarshyn Ye. Azimbayeva, ; azimbayeva\_gye@enu.kz

---

## KEY WORDS

Irtys region forests,  
Abai region,  
Geographic Information System  
(GIS),  
Remote Sensing,  
NDVI,  
Mann – Kendall test,  
relic pine forests

### About article:

Received: 07.03.2026

Revised: 13.04.2026

Accepted: 23.06.2026

Published: 01.07.2026

---

## ABSTRACT

The article examines the vegetation dynamics of relic pine forests in the Abai region, located within the "Semey Ormany" State Forest Nature Reserve (SFNR). Remote sensing data and Geographic Information Systems (GIS) were employed to assess the current state and analyze temporal changes in the forest massifs. To evaluate the vegetative condition of the forest ecosystems, median NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) maps were calculated and constructed for the period from 2000 to 2025 in 5-year increments. Based on the Jenks natural breaks algorithm, the vegetation cover was classified into six categories: ranging from degraded zones (-0.187...0.291) to zones of maximum bioproductivity (0.614...0.862). The statistical significance of the identified trends was verified and confirmed using the Mann-Kendall test and Sen's slope estimator. The test results revealed a positive dynamic across all forest units ( $p < 0.05$ ), confirming the high regenerative potential of the forests. However, the impact of the 2023 wildfires led to a significant decline in vegetative activity, with a 24% decrease (from 0.50 to 0.38) in the Novoshulba branch and a 13% decrease (from 0.61 to 0.53) in the Borodulikha branch, indicating a localized ecological regression. Regarding growth rates and stability indicators, the highest growth was observed in the Borodulikha and Bukebay branches; average growth was recorded in the Dolon, Begen, and Kanonerka branches; while slow but stable growth was identified in the Zhanasemey and Morozov branches. The findings highlight the direct impact of aridization processes and extreme temperature fluctuations on the vegetative activity of relic pine forests. This geospatial analysis provides a framework for assessing the ecological resilience of Irtys region forests under global warming conditions. The study holds practical significance for the formulation of regional environmental policies, including the development of forest conservation strategies and climate change adaptation plans.

---

**Баспагердің ескертпесі:** барлық жарияланымдардағы мәлімдемелер, пікірлер мен деректер «Гидрометеорология и экология» журналына және/немесе редакторға(ларға) емес, тек авторға(ларға) тиесілі.