



ХҒТАР 38.31.25

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2024-149-4-134-147>

Ғылыми мақала

## Қиын-Керіш флорасы негізінде ерте олигоцен климатының реконструкциясын жасауда Coexistence Approach әдісін қолдану

Ш.Б. Ақмағамбет <sup>1\*</sup> , А.Қ. Жаманғара <sup>2</sup> , С.А. Нигматова <sup>3</sup> ,

Ж.А. Адамжанова<sup>4</sup> 

<sup>1,2,4</sup> Астана Халықаралық университеті, Астана, Қазақстан

<sup>3</sup> Қ.И. Сәтбаев атындағы Геологиялық ғылымдар институты, Алматы, Қазақстан

(E-mail: <sup>1</sup>ashakhizada@gmail.com, <sup>2</sup>kashagankizi@mail.ru, <sup>3</sup>nigmatova@mail.ru,  
<sup>4</sup>adamzhanova@mail.ru

**Аңдатпа.** Бұл зерттеу Шығыс Қазақстандағы Қиын-Керіш аймағындағы «Кораблик» қимасының ерте олигоцен дәуіріндегі флорасына негізделген палеоклиматтық реконструкцияға арналған. Зерттеудің мақсаты – Coexistence Approach (CA) әдісін қолданып, сол кезеңдегі климаттық жағдайларды анықтап, аймақтық экологиялық өзгерістердің өсімдік жамылғысына әсерін бағалау. Нәтижелер аймақта ерте олигоценде жылы және ылғалды климат басым болғанын және бұл жағдайлардың флора құрамындағы түрлі таксондар арқылы көрініс тапқанын көрсетті. Жұмыстың ғылыми маңызы – аймақтың климаттық тарихы туралы деректерді байытуында, ал практикалық маңызы – осы реконструкция әдісін Қазақстанның басқа қималарын зерттеуге қолдану мүмкіндігін қамтамасыз ету.

**Түйін сөздер:** ерте олигоцен, Қиын-Керіш, палеоклиматтық реконструкция, Coexistence Approach, өсімдік қалдықтары, климаттық өзгерістер, палеофлористикалық талдау.

Түсті: 16.10.2024. Мақұлданды: 22.11.2024. Онлайн қолжетімді: 31.12.2024.

\* - автор-корреспондент

### Кіріспе

Палеоклиматты реконструкциялау – палеоботаникалық зерттеулердің маңызды аспектісі, өйткені ол өткен дәуірдегі климаттық өзгерістер мен олардың өсімдіктер және экожүйелерге әсерін түсінуге мүмкіндік береді. Осындай зерттеулердің ерекше объектілерінің бірі – Шығыс Қазақстанның Зайсан ойпатында орналасқан Қиын-Керіш шатқалы (Сурет 1). Алматы қаласынан солтүстік-шығысқа қарай 800 км және Зайсан қаласынан оңтүстікке қарай 120 км қашықтықта орналасқан бұл аймақ ерекше геологиялық және палеонтологиялық қасиеттерімен ерекшеленеді, сондықтан ғылыми зерттеулер үшін аса құнды. Қиын-Керіш шатқалындағы

«Кораблик» қимасы аймақтың ежелгі климаттық жағдайлары мен экожүйелерін түсінуге мүмкіндік беретін бай өсімдік қалдықтарымен белгілі. Ерте олигоцен дәуіріне жататын бұл қима, өзінің флорасының алуан түрлілігі арқылы, сол кезеңнің экологиялық және климаттық жағдайларын реконструкциялауға айрықша мүмкіндік береді [1, 4].



Сурет 1. Қиын-Керіш шатқалындағы «Кораблик» қимасы аймағының зерттеу орнының картасы [21]

Зерттеу объектісі ретінде «Кораблик» қимасы аймақтың флоралық және климаттық тарихын зерттеу үшін баға жетпес дерек көзі болып табылады. Қиын-Керіш флорасы Орталық Азияның экожүйелері мен климаттық өзгерістерінің қалай дамығанын айқындайтын мәліметтерді ұсынады, себебі бұл флора эоцен дәуірінің субтропикалық ормандары мен кеш олигоценнің қоңыржай орман экожүйелері арасындағы өтпелі кезеңді сипаттайды [5, 6]. Осы зерттеуде Coexistence Approach (CA) әдісі қолданылды, бұл әдіс флоралық қалдықтарды олардың қазіргі аналогтарымен салыстырып, ежелгі климатты дәлірек реконструкциялауға мүмкіндік береді [3, 15]. Қиын-Керіш флорасынан табылған өсімдіктердің қазіргі аналогтарын анықтай отырып, олардың климаттық диапазондарын зерттеу арқылы эволюциялық өзгерістердің климаттық жағдайларға қалай бейімделгенін түсінуге болады.

Зерттеудің мақсаты – Қиын-Керіш шатқалындағы «Кораблик» қимасының ерте олигоцен кезеңіндегі климаттық жағдайларын Coexistence Approach әдісі арқылы реконструкциялау. Бұл зерттеу аймақтың климаттық динамикасын және өсімдік

жамылғысының сол кезеңдегі эволюциялық процестерін тереңірек түсінуге мүмкіндік береді [1].

## Әдеби шолу

### Қиын-Керіш аймағын зерттеу тарихы

Қиын-Керіш шатқалындағы өсімдік қалдықтарын зерттеу ХХ ғасырдың ортасында басталып, алғашқы деректерді Б. А. Борисов жинақтаған. Ол «Кораблик» қимасынан өсімдік коллекцияларын жинап, бірнеше таксонның ғылыми сипаттамасын жасады, бұл кейінгі зерттеулерге маңызды негіз қалады [6]. Одан әрі бұл жұмыстарды жалғастырған И. А. Ильинская жиналған материалдарды терең талдады және болашақ зерттеулер үшін іргетас қалады [9, 10]. Зерттеулерге қосылған келесі ғалымдардың бірі – М. А. Ахметьев, ол Қиын-Керіш флорасының жүйелілігі мен географиялық таралуын айқындауда елеулі үлес қосты [1, 4, 5].

Қиын-Керіш шатқалындағы «Кораблик» қимасы – эоцен субтропикалық флорасы мен кеш олигоценнің қоңыржай флорасы арасындағы өтпелі кезеңді сипаттайтын ерекше дерек көзі. Бұл флора климаттық өзгерістердің аймақтың экожүйелеріне әсерін зерттеу үшін баға жетпес ақпарат ұсынады. Қиын-Керіш аймағында жүргізілген далалық зерттеулер барысында флораның 60-тан астам өсімдік түрі анықталып, аймақтың олигоцен дәуірінде бай өсімдік жамылғысы болғанын көрсетті [7, 8, 13]. Қазіргі уақытта «Кораблик» флорасына қатысты зерттеулер жалғасып, оның климаттық жағдайларын анықтау үшін заманауи әдістер, оның ішінде Coexistence Approach, қолданылады [15].

### Материалдар мен әдістер

Қазіргі уақытта Қиын-Керіш шатқалында континентальды климат басым, ол маусымдық температураның күрт өзгерістері мен жауын-шашынның салыстырмалы түрде төмен деңгейімен сипатталады. Орташа жылдық температура шамамен 3-4°C құрайды, қыста -18°C-қа дейін төмендеп, жазда 21-25°C-қа дейін көтеріледі. Жылдық жауын-шашын мөлшері 300-400 мм шамасында, бұл көрсеткіштер қазіргі климаттық жағдайлар ерте олигоцен кезеңімен салыстырғанда әлдеқайда қатал екенін көрсетеді [2].

Coexistence Approach (CA) әдісі Мосбруггер мен Утешердің 1997 жылғы жұмысынан бері кеңінен қолданылып келеді. Бұл әдістің мақсаты – қазба өсімдіктердің қазіргі аналогтарымен бірге тіршілік еткен климаттық жағдайларын анықтау, осылайша өткен кезеңнің климатын дәлірек реконструкциялау. Бұл әдіс бойынша өсімдіктердің қазба қалдықтарына сәйкес ең жақын қазіргі аналогтар (NLR) таңдалып, олардың климаттық параметрлері анықталады [3].

CA әдісінің негізгі кезеңдеріне барлық макрофоссилиялар үшін NLR анықтау және қазіргі метеорологиялық базалардан NLR үшін климаттық деректерді жинау кіреді. Бұл деректер орташа жылдық температура (MAT), ең суық және ең жылы айлардың температурасы (CMT және WMT), жылдық жауын-шашын мөлшері (MAP), сондай-ақ ең ылғалды және ең құрғақ айлардағы жауын-шашын мөлшері (MPWET және MPDRY) сияқты көрсеткіштерден тұрады [15, 18].

Бұл әдіс түрлі географиялық және климаттық жағдайларда ежелгі климатты реконструкциялауда жоғары нәтижелер көрсетіп келеді, бұл оның сенімділігін растайды. Мысалы, Цинхай-Тибет үстіртінде бұл әдіс аймақтың күрделі тау климатының қоңыржайдан бастап суыққа дейінгі кезеңдері үшін қолданылып, сол арқылы муссондық ағындар мен топографиялық ерекшеліктердің климатқа әсерін

жан-жақты зерттеуге мүмкіндік берді [2, 16]. Шығыс Гималайдағы жоғарғы Сивалик субжотасын зерттеу барысында бұл әдіс жоғары муссондық жауын-шашын деңгейін көрсететін тропикалық және субтропикалық климаттық кезеңдерді анықтау үшін тиімді болды [17]. Сол сияқты, Солтүстік Якутияда бұл әдіс ерте плиоцен дәуіріндегі жылы және ылғалды климатты сенімді түрде реконструкциялауға көмектесті, ал Шығыс Испанияда ерте миоцен кезеңін зерттеуде бұл әдіс басқа әдістермен салыстырғанда нақты әрі жүйелі деректер ұсынды [18, 19]. Осы зерттеулер көрсеткендей, Coexistence Approach әдісі әртүрлі экологиялық және климаттық жағдайларда жақсы нәтиже көрсеткендіктен, ол Қиын-Керіш шатқалының флорасын зерттеуде және ерте олигоцен кезеңінің климаттық ерекшеліктерін анықтауда таптырмас құрал болып табылады.

Coexistence Approach әдісі ежелгі климатты сандық тұрғыда реконструкциялаудың маңызды құралы болып табылады, әсіресе өсімдік қалдықтары жақсы сақталған және таксономиялық сипаттамасы анық аймақтарда. Дегенмен, әдістің кейбір шектеулері бар. Оларға ең жақын аналогтарды анықтау кезіндегі сәйкессіздіктер және тозаңның алыс қашықтықтарға таралуының әсері жатады. Бұл факторлар кейде температура мен жауын-шашын көрсеткіштерін реконструкциялаудың дәлдігіне ықпал етуі мүмкін [3, 20].

Зерттеу барысында Coexistence Approach әдісі қолданылып, өсімдік таксондарының климаттық көрсеткіштері талданды. Алдымен, зерттеліп отырған аймақтың флоралық құрамын анықтау үшін алдын ала жүргізілген жұмыстар негізге алынды. Осы мақсатта Ахметьев М.А. және Ильинская И.А. еңбектеріндегі Қиын-Керіш флорасына арналған деректер пайдаланылды. Ахметьевтің еңбегі ерте олигоцен флорасын басқа олигоцендік флоралармен салыстыруға арналған, ал Ильинскаяның жұмысы Қиын-Керіш шатқалының флорасын егжей-тегжейлі сипаттаған. Осы еңбектерден алынған таксондар тізімі зерттеудің бастапқы дереккөзі ретінде қолданылды [1, 2].

Әрі қарай, Coexistence Approach әдісін қолдану арқылы алынған таксондар тізімі қазіргі аналогтары (NLR) бойынша сәйкестендірілді. NLR анықтауда Palaeoflora Database базасындағы деректер қолданылды (Utescher, Bruch, & Mosbrugger, 2024). Бұл дерекқор өсімдік қалдықтарының қазіргі аналогтарын табу үшін кең көлемді мәліметтер ұсынады. Палеофлора дерекқорында әр таксонның климаттық параметрлері көрсетілген, соның ішінде температура, жауын-шашын және маусымдық көрсеткіштер сияқты негізгі параметрлер бар.

Palaeoflora Database базасы арқылы NLR сәйкестендіруі жүргізілген соң, әр таксонға қатысты палеоклиматтық деректер алынды. Бұл мәліметтер орташа жылдық температура (MAT), ең суық және ең жылы айлардағы орташа температуралар (CMT және WMT), сондай-ақ жылдық жауын-шашын мөлшері (MAP) және ең құрғақ/ылғалды айлардағы жауын-шашын көрсеткіштері (MPWET және MPDRY) секілді параметрлерді қамтыды. Осы деректер әр таксонның климаттық диапазонын анықтауға және ерте олигоцен кезеңінің климатын сандық түрде реконструкциялауға мүмкіндік берді [3].

Алынған нәтижелер Қиын-Керіш флорасының қазіргі аналогтары негізінде климаттық көрсеткіштердің қайталану аралығын анықтап, ерте олигоцен кезеңіндегі аймақтың климаттық жағдайларын сипаттауға септігін тигізді.

## **Нәтижелер мен талқылау**

Қиын-Керіш шатқалындағы «Кораблик» қимасы - бұл кезеңнің флоралық құрамын зерттеуге мүмкіндік беретін бірегей орын. Мұнда сақталған өсімдіктердің қазіргі тірі

аналогтары (NLRs) арқылы климатты қайта құруға болады. Coexistence Approach әдісін қолдана отырып, ерте олигоцендегі экожүйелердің дамуындағы климаттық жағдайларды егжей-тегжейлі анықтауға қол жеткізілді. Бұл әдіс NLR түрлерін пайдалана отырып, олардың қазіргі климаттық талаптары негізінде өткен дәуірдің температуралық және ылғалдылық көрсеткіштерін бағалауға мүмкіндік береді.

1-кесте «Кораблик» қимасында табылған өсімдік түрлерін және олардың қазіргі тірі аналогтарын (NLRs), сондай-ақ тиісті тұқымдастар мен таксондарды көрсетеді.

**Кесте 1. «Кораблик» қимасында табылған өсімдік түрлерін және олардың қазіргі тірі аналогтарын (NLRs)**

MACRO_NAME	NLR_TAXON	NLR_FAMILY
Acer sp.	Acer sp.	Aceraceae
Acer tartaricum	Acer sp.	Aceraceae
Ailanthus confucii UNGER 1851	Ailanthus altissima	Simaroubaceae
Ailanthus sp.	Ailanthus sp.	Simaroubaceae
Alnus neuburgae (БАИК.) ILJINSKAJA	Alnus trabeculosa, Alnus japonica	Betulaceae
Alnus schalhausenii Grubov	Alnus serrulata	Betulaceae
Alnus sp.	Alnus sp.	Betulaceae
Ampelopsis schischkini Iljinskaya	Ampelopsis sp.	Vitaceae
Ampelopsis sp.	Ampelopsis sp.	Vitaceae
Asclepias zaissanica Iljinskaya	Asclepiadaceae	Asclepiadaceae
Astronium ninae Akhmet. et Iljinskaja	Astronium sp.	Anacardiaceae
Betula sect. Costatae	Betula sect. Costatae	Betulaceae
Carex scheuchteri Heer	Carex sp.	Cyperaceae
Carpinus lanceolata Akhmet.	Carpinus henryana	Betulaceae
Castanea protocrenata Iljinskaja	Castanea crenata	Fagaceae
Castanea zaisanica Iljinskaja	Castanea sp.	Fagaceae
Cedrela sp.	Meliaceae (Melia, Cedrela)	Meliaceae
Cercidiphyllum sp.	Cercidiphyllum japonicum	Cercidiphyllaceae
Comptonia acutiloba	Comptonia peregrina	Myricaceae
Cyperacites angustifolia A.Br.	Cyperaceae	Cyperaceae
Diospyros kryshtofovichii Iljinskaja	Diospyros sp.	Ebenaceae
eucalyptus borissovii iljinskaja	Eucalyptus sp.	Myrtaceae
Eucommia borissovii Akhmet.	Eucommia ulmoides	Eucommiaceae
Eucommia palaeoulmoides Baikovskaja	Eucommia ulmoides	Eucommiaceae
Firmiana sp.	Firmiana sp.	Sterculiaceae
Fraxinus sp. 1	Fraxinus americana	Oleaceae
Fraxinus sp. 2	Fraxinus mandshurica, rhyndophylla	Oleaceae
Hemiptelea kryshtofovichii Iljinskaja	Hemiptelea davidii	Ulmaceae
Leguminosites sp.	Fabaceae	Fabaceae
Lindera vassilenkoi ILJINSKAYA	Lindera sp.	Lauraceae
Liquidambar manucoica Akhmet.	Liquidambar sp.	Hamamelidaceae
Mimosites sp.	Momosoideae	Mimosoideae
Myrica lignitum (UNGER) SAPORTA	Myrica sp.	Myricaceae
Nyssa sp.	Nyssa sp.	Nyssaceae
Phragmites oeningensis HEER 1855	Phragmites sp.	Gramineae
Pistacia zaisanica Iljinskaja	Pistacia sp.	Anacardiaceae
Platanus vasiljevii Iljinskaja	Platanus sp.	Platanaceae
Populus arnaudii (SAPORTA) ILJINSKAYA	Populus sp.	Salicaceae
Quercus borissovii Iljinskaja	Quercus sp.	Fagaceae
Quercus kiinkerishica Iljinskaja	Quercus sp.	Fagaceae
Quercus paleoserrata Iljinskaja	Quercus sp.	Fagaceae
Quercus parazaisanica Iljinskaja	Quercus sp.	Fagaceae

Quercus protopontica Iljinskaja	Quercus pontica	Fagaceae
Quercus zaisanica Iljinskaja	Quercus sp.	Fagaceae
Rhus kiinkerishica Akhmetjev	Rhus sp.	Anacardiaceae
Spiraea danibekii Akhmet.	Spiraea sp.	Rosaceae
Taxodium dubium complex	Taxodium sp.	Cupressaceae
Taxus palaeocuspadata Akmet.	Taxus cuspidata	Taxaceae
Ulmus schischkinii Iljinskaja	Ulmus sp	Ulmaceae
Ulmus sp.	Ulmus sp	Ulmaceae
Vitis sp. cf. vulpina	Vitis sp.	Vitaceae

Ескерту: деректер негізінде құрастырылған [1]

1- кестеде көрсетілген деректерді талдау нәтижесінде «Кораблик» қимасындағы флораның түрлік әртүрлілігі және оның қоңыржай және субтропикалық климаттық аймақтарға тән өкілдерінің ерекше үйлесімі байқалады. Acer sp., Alnus sp., Betula sect. Costatae сияқты таксондардың болуы ерте олигоцен кезеңіндегі климаттың қазіргіге қарағанда жылы әрі ылғалды болғанын, әртүрлі экожүйелердің қолайлы дамуына жағдай жасағанын көрсетеді.

Осы кестеде берілген осы таксондардың қазіргі аналогтары Coexistence Approach әдісі мен Palaeoflora деректер базасының көмегімен анықталды, бұл ерте олигоцен кезеңіндегі климаттық параметрлерді дәлірек анықтауға мүмкіндік берілуі 2, 3-кестелерде көрсетілген.

Бұл зерттеуде Қиын-Керіш шатқалындағы «Кораблик» қимасынан табылған қазба өсімдіктердің қазіргі тірі аналогтары (NLR) арқылы климаттық параметрлерді анықтауға мүмкіндік берілді. Coexistence Approach әдісінің және Palaeoflora деректер базасының көмегімен ерте олигоцен кезеңінің климаттық ерекшеліктері дәл анықталды. Бұл әдіс әрбір NLR үшін негізгі температуралық және ылғалдылық көрсеткіштерін жинап, өткен кезеңдегі климатты реконструкциялауға негіз болды.

## Кесте 2. Coaxistance approach әдісі бойынша климаттық (температуралық) нәтижелер

	MATmin	MATmax	MATmean	СМТmin	СМТmax	СМТmean	WMTmin	WMTmax	WMTmean
t° C	13,3	14,0	13,65	1	1,7	1,35	24,9	26,3	25,6
taxa coexistence (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Ескерту: MATmin-Орташа жылдық минималды температура; MATmax-Орташа жылдық максималды температура; MATmean-Орташа жылдық температура; СМТmin-Ең суық айдың минималды температурасы; СМТmax-Ең суық айдың максималды температурасы; СМТmean-Ең суық айдың орташа температурасы; WMTmin-Ең жылы айдың минималды температурасы; WMTmax-Ең жылы айдың максималды температурасы; WMTmean-Ең жылы айдың орташа температурасы

1-кесте көрсеткендей, «Кораблик» қимасында табылған өсімдік түрлері және олардың тірі аналогтары түрлі тұқымдастар мен таксондарды қамтиды. Анықталған

флора құрамында *Acer* sp., *Ailanthus* sp., *Alnus* sp., *Betula* sect. *Costatae* және басқа да таксондар бар, олардың тіршілік ортасы мен климатқа қоятын талаптары негізінде климаттық жағдайларды сипаттауға болады.

Температуралық көрсеткіштер 2-кестеде әрбір NLR үшін орташа жылдық температура (MAT), ең суық айдағы температура (CMT) және ең жылы айдағы температура (WMT) көрсеткіштері берілген. Орташа жылдық температура 13,65°C, ең суық айдың орташа температурасы шамамен 1,35°C, ал ең жылы айдың орташа температурасы 25,6°C болған. Бұл көрсеткіштер ерте олигоцен кезеңіндегі климаттың қазіргі жағдайдан әлдеқайда жылы болғанын көрсетеді. Ең суық айдағы жоғары температура өсімдіктердің жұмсақ қысты және қысқы кезеңде өсімдіктің тіршілігін сақтауға мүмкіндік беретін қоңыржай климатты талап еткенін көрсетеді.

Осындай климаттық жағдайлардың маңызы анықталған климаттық параметрлер Қиын-Керіш шатқалындағы ерте олигоцен кезеңінің жылы әрі ылғалды болғанын дәлелдейді, бұл қазіргі континентальдық климаттан айтарлықтай ерекшеленеді. Жылдық орташа жауын-шашын мөлшерінің жоғарылығы және ең құрғақ айдағы салыстырмалы түрде жоғары ылғалдылық көрсеткіштері әр мезгілде тұрақты өсімдік жамылғысының тіршілігін қолдаған. Сонымен қатар, *Betula* секілді *Betulaceae* тұқымдасына жататын өсімдіктердің кең таралғаны, бұл климаттық жағдайдың олардың өсуіне қолайлы екенін дәлелдейді.

Осы зерттеуде Coexistence Approach әдісін және Palaeoflora деректер базасын қолдану арқылы реконструкцияланған ерте олигоцен кезеңінің климаттық жағдайлары аймақтың флоралық және экологиялық эволюциясына айтарлықтай ықпал еткенін көрсетеді. «Кораблик» қимасындағы өсімдік түрлерінің флоралық құрамы мен климаттық көрсеткіштері Қиын-Керіш шатқалында жылы және ылғалды климат басым болғанын растайды, бұл аймақтағы қазба флораның алуан түрлілігіне және сақталуына себеп болған.

**Кесте 3. Coaxistence approach әдісі бойынша климаттық (температуралық) нәтижелер**

	MAPmin	MAPmax	MAP mean	MPWETmin	MPWETmax	MPWETmean	MPDRYmin	MPDRYmax	MPDRYmean	MPWARMmin	MPWARMmax	MPWARM mean
mm	1134	1360,0	1247	152	153,0	152,5	49	55,0	52	118	142,0	130
taxa coexistence (%)	100	100	100	99	100	100	91.43	100	100	100	100	100

Ескерту: деректер негізінде құрастырылған [3]

Ерте олигоцен дәуіріндегі жауын-шашынның параметрлерін (3-кесте) талдау бұл кезеңнің қазіргі климатпен салыстырғанда анағұрлым ылғалды болғанын көрсетеді. Кестеде берілген деректерден байқалғандай, зерттелген аймақтағы жалпы жауын-шашын мөлшері қазіргі климатқа қарағанда айтарлықтай жоғары. Орташа жылдық жауын-шашын (MAPmean) көрсеткіштері көптеген NLR түрлері үшін 1000 мм-ден астам, ал кейбіреулері үшін бұл көрсеткіш 5000 мм-ден асқан. Бұл, өз кезегінде, ерте олигоцен кезеңінде Қиын-Керіш шатқалында тұрақты және жоғары ылғалдылықтың басым болғанын көрсетеді.

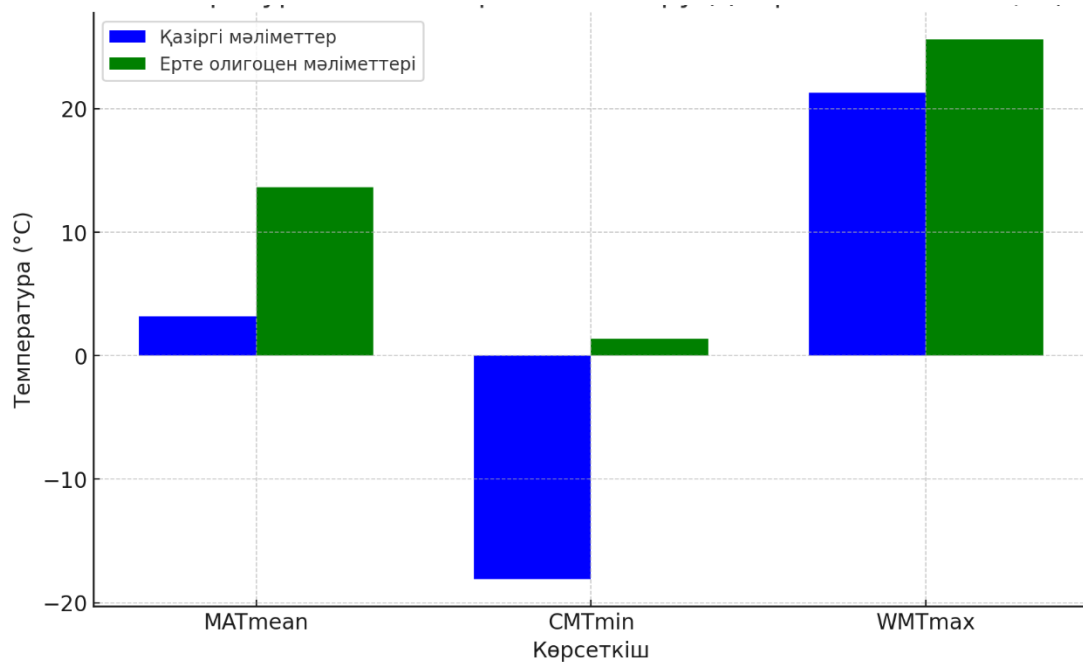
Сонымен қатар, ең ылғалды айдағы жауын-шашын деңгейі (MPWETmean) көрсеткіштері 365 мм-ден асатын параметрлерді көрсетеді, бұл маусымдық жауын-шашынның қарқындылығын білдіреді. Мысалы, *Ailanthus altissima* және *Lindera* sp.

сияқты түрлер үшін ең ылғалды айдағы жауын-шашын көрсеткіштері сәйкесінше 198 мм және 1268 мм шамасында анықталған, бұл муссондық әсердің болуы мүмкін екенін көрсетеді.

Құрғақ кезеңдерде де айтарлықтай ылғалдылық сақталғаны байқалады, себебі ең құрғақ айдағы жауын-шашын (MPDRYmean) көпшілік түрлер үшін 50 мм-ден жоғары. Мұндай көрсеткіштер субтропикалық аймақтарға тән тұрақты ылғалдылықты қамтамасыз етеді, ол флораның түрлілігі мен биомассасының жоғары деңгейін қолдап отырған. Бұл жағдай, әсіресе, Betulaceae тұқымдасының өкілдерінде көрініс табады, себебі олардың қазіргі аналогтары қоңыржай және субтропикалық климаттарда мекендейді.

Осылайша, алынған мәліметтер ерте олигоцен кезеңіндегі климаттың тұрақты ылғалды әрі жылы болғанын және мұндай климаттық жағдайлар аймақтың өсімдіктер әлемінің дамуына оң әсер еткенін көрсетеді.

Бұл зерттеу ерте олигоцен кезеңіндегі климаттық жағдайларды заманауи көрсеткіштермен салыстыру арқылы өткен мен қазіргі климаттық айырмашылықтарды ашып көрсетеді. «Кораблик» қимасының флоралық құрамына негізделген реконструкция нәтижелері көрсеткендей, олигоцен дәуіріндегі климат қазіргі жағдайлармен салыстырғанда айтарлықтай жұмсақ әрі ылғалды болған.



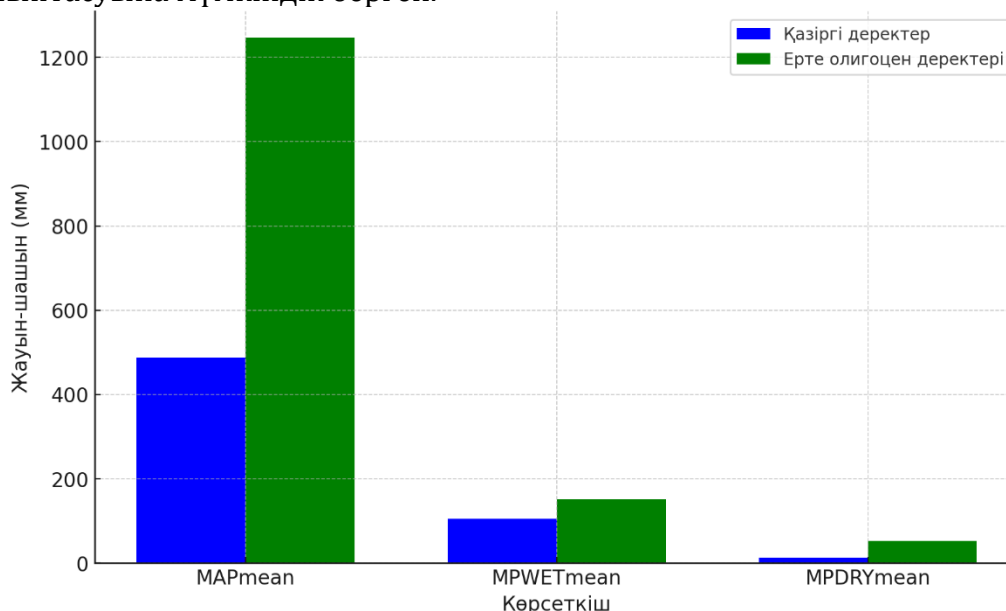
Сурет 2. Заманауи және ерте олигоцен уақытындағы температуралық көрсеткіштер

Ескерту: деректер негізінде құрастырылған [2, 3]

Ерте олигоцен кезеңіндегі орташа жылдық температура (MATmean) 13,65°C болған, бұл қазіргі климатпен салыстырғанда айтарлықтай жоғары (графикке орын қалдыр). Қазіргі климаттық деректерге сәйкес, Курчум ауданында бұл көрсеткіш 3,2°C шамасында екені белгілі. Ерте олигоценнің жылылығы, әсіресе қыстың суық айларында байқалады. Ең суық айдағы орташа температура (CMTmin) 1,35°C деңгейінде болған, ал қазіргі уақытта бұл көрсеткіш -18,1°C-ге дейін төмендейді. Жоғары қысқы температуралар сол кезеңдегі климаттың жұмсақ болғанын және қатаң қыс мезгілінің болмауын көрсетеді, бұл өсімдіктердің қолайлы қыстау және көктемде өсіп-өнуіне мүмкіндік берді.



Жазғы температураға келетін болсақ, ерте олигоценде ең жылы айдың температурасы ( $WMT_{max}$ )  $25,6^{\circ}C$  болып, қазіргі кезеңмен салыстырғанда ( $21,3^{\circ}C$ ) біршама жоғары болған. Бұл жаз айларында өсімдіктердің белсенді өсіп-өніп, фотосинтез процесінің қарқынды өтуіне жағдай жасады. Жалпы алғанда, температуралық көрсеткіштердің салыстырмалы түрде жоғары және тұрақты болуы өсімдіктер қауымдастығының әртараптануына және тұрақты экожүйелердің қалыптасуына мүмкіндік берген.



**Сурет 3. Заманауи және ерте олигоцен уақытындағы жауын-шашын мөлшері және оның маусымдық таралуы бойынша көрсеткіштер**  
Ескерту: деректер негізінде құрастырылған [2, 3]

Жауын-шашын көрсеткіштері де ерте олигоцен кезеңінің қазіргі кезеңге қарағанда анағұрлым ылғалды болғанын көрсетеді. Орташа жылдық жауын-шашын мөлшері (MAPmean) шамамен 1247 мм-ді құрады, бұл қазіргі көрсеткіштен (488,4 мм) екі есе көп. Бұл жауын-шашынның маусымдық өзгерістері, яғни ең ылғалды айлардағы (MPWETmean) және ең құрғақ айлардағы (MPDRYmean) жауын-шашынның жоғары деңгейде сақталуы, сол кезеңде тұрақты және теңдестірілген ылғалдылық режимінің болғанын көрсетеді.

Ерте олигоценде ең ылғалды айда жауын-шашын мөлшері (MPWETmean) 152,5 мм-ді құраған, ал қазіргі уақытта бұл көрсеткіш 104,9 мм шамасында ғана. Құрғақ айларда да айырмашылық байқалады: ерте олигоценде ең құрғақ айдағы жауын-шашын мөлшері (MPDRYmean) 52 мм-ге тең болса, қазіргі кезде тек 13,6 мм ғана жауын-шашын түседі. Бұл жауын-шашын көрсеткіштері сол кезеңде жауын-шашынның біршама тұрақты болғанын, тіпті құрғақ кезеңдерде де ылғалдылықтың өсімдіктердің өсіп-өнуіне жеткілікті болғанын дәлелдейді.

### Coexistence Approach әдісін қолданып алынған басқа зерттеу нәтижелері

Зерттеу барысында қолданылған Coexistence Approach әдісі әртүрлі аймақтарда палеоклиматтық параметрлерді реконструкциялау үшін сәтті қолданылған. Мысалы, Цинхай-Тибет үстіртіндегі зерттеулерде бұл әдіс күрделі тау климатын зерттеуде, муссондық әсерлер мен топографиялық ерекшеліктердің климатқа ықпалын анықтауда қолданылған [4, 16]. Сол сияқты, Шығыс Гималайдағы жоғарғы Сивалик

субжотасының климатын зерттеу кезінде де Coexistence Approach әдісі жауын-шашынның маусымдық өзгерістерін дәл анықтауда сәтті қолданылған [17].

Солтүстік Якутия мен Лена өзенінің бойында жүргізілген зерттеулер бұл әдісті ерте плиоцен кезеңіндегі климаттық көрсеткіштерді анықтау үшін пайдаланды. Мұнда климаттық деректер ерте плиоценде салыстырмалы жылы және ылғалды болғанын көрсетті, бұл қазіргі қатал континенттік климатпен салыстырғанда айтарлықтай ерекшеленеді [18]. Сондай-ақ, Шығыс Испаниядағы зерттеулерде Coexistence Approach әдісі ерте миоцен кезеңінің климатын сипаттауда қолданылған және ол кезде аймақта жылы әрі ылғалды климаттың басым болғанын көрсетті [19].

Ерте олигоцен кезеңіндегі тұрақты ылғалдылық пен жұмсақ климат жағдайлары өсімдіктердің әртүрлілігі мен тұрақтылығына қолайлы әсер еткені анықталды. Алынған климаттық көрсеткіштер арқылы сол кезеңде қоңыржай және субтропикалық сипаттағы өсімдіктердің таралуына қолайлы жағдай жасалғанын байқауға болады. Бұл ерте олигоцен кезеңінде аймақтың бай флоралық құрамын және оның алуан түрлі экожүйелерін қолдап, биоалуантүрліліктің жоғары деңгейде болуына септігін тигізген.

## Қорытынды

Қиын-Керіш шатқалындағы «Кораблик» қимасының ерте олигоцен кезеңіндегі климаттық жағдайларын зерттеу нәтижелері аймақтың сол уақыттағы жылы әрі жұмсақ климатта болғанын көрсетеді. Ерте олигоцен кезеңіндегі орташа жылдық температура қазіргі жағдаймен салыстырғанда едәуір жоғары болған, бұл жылы климат жағдайында өсімдіктердің әртүрлілігі мен таралуына ықпал еткен.

Сол кезеңдегі қыстың жұмсақтығы аймақтың қазіргіге қарағанда қысқы климаттық стресстен аз зардап шеккенін көрсетеді. Ең суық айдағы орташа температураның жоғары болуы өсімдіктерге қысқы кезеңде де тіршілік етуге қолайлы жағдай туғызды.

Ерте олигоценде жауын-шашын мөлшері қазіргі көрсеткіштермен салыстырғанда айтарлықтай мол болған, бұл тұрақты ылғалдылықтың және бай өсімдік жамылғысының сақталуына ықпал етті. Сонымен қатар, маусымдық ылғалдылықтың жыл бойы біркелкі бөлінуі экожүйенің тұрақтылығына оң әсер етіп, өсімдіктердің тіршілігін қамтамасыз етті.

Жалпы алғанда, бұл зерттеу ерте олигоцен кезеңіндегі климаттың қазіргі заманғы жағдайлардан айтарлықтай ерекшеленгенін және сол кезеңде бай өсімдік жамылғысының дамуына қолайлы жағдай болғанын дәлелдейді.

**Алғыс айту:** Бұл мақала ИРН AP22686786 «Олигоцен-миоцен шекарасындағы Қазақстан аумағындағы палеоклиматты реконструкциялауда палеофлористикалық талдау және сандық әдістерді қолдану» гранттық жобасы аясында дайындалды.

**Мүдделер қақтығысы:** мүдделер қақтығысы жоқ.

**Авторлардың қосқан үлесі:** Ақмағамбет Ш.Б. - зерттеу жұмысының тұжырымдамасы, Coexistence Approach әдісін қолдану арқылы алынған мәліметтерді статистикалық өңдеу және интерпретациялау, сондай-ақ алынған нәтижелерді графикалық түрде визуализациялау жасап мақаланы жазды, Жаманғара А.Қ. - мақаланы сыни тұрғыдан қарап және талдады. Нигматова С.А. - әдеби шолу және палеоботаникалық деректердің жинақталуына жәрдемдесу, сонымен қатар зерттеудің бастапқы кезеңдеріндегі материалдар мен мәліметтерді жинауға қатысты. Адамжанова Ж.А. - Қиын-Керіш аумағы бойынша мәліметтер жинап және оларды талдады.

## Әдебиеттер тізімі

1. Ахметьев М.А. Сравнение раннеолигоценовой флоры Киин-Кериша с другими олигоценовыми флорами // Формирование эоценово-миоценовой флоры Казахстана и Русской равнины: Криштофовичские чтения. - Вып. 2. - Л.: БИН АН СССР, 1991. - С. 37–56.
2. Обычная погода в Курчум, Казахстан, весь год [Электронный ресурс]. WeatherSpark. URL: <https://ru.weatherspark.com/y/110801/Обычная-погода-в-Курчум-Казахстан-весь-год#Figures-Summary> (дата обращения: 18.10.2024).
3. Utescher T., Bruch A.A., Mosbrugger V. The Palaeoflora Database - Documentation and Data (Version 2024) [Electronic resource]. Zenodo, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10881069>
4. Zhang Z.-Y., Cheng D.-M., Li C.-S., Hu W., Zhan X.-H., Ji H.-L. The complexity of climate reconstructions using the coexistence approach on Qinghai-Tibetan Plateau // Journal of Palaeogeography. - 2019. - Vol. 8, № 1. - P. 5. <https://doi.org/10.1186/s42501-018-0016-0>.
5. Utescher T., Bruch A.A., Erdei B., François L., Ivanov D., Jacques F.M.B., Kern A.K., Liu Y.-S. (C.), Mosbrugger V., Spicer R.A. The Coexistence Approach—Theoretical background and practical considerations of using plant fossils for climate quantification // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. - 2014. - Vol. 410. - P. 58–73. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2014.05.031>.
6. Ахметьев М.А. Флора Зайсанской впадины на рубеже эоцена и олигоцена // Изв. АН СССР. Сер. геол. - 1985. - № 11. - С. 76–85.
7. Ахметьев М.А., Ильинская И.А. Виды семейства Anacardiaceae из нижнеолигоценовых отложений гряды Киин-Кериш Зайсанской впадины // Палеонтол. журн. - 1989. - № 2. - С. 79–88.
8. Борисов Б.А. Биостратиграфия континентальных палеогеновых отложений Зайсанской впадины // Тр. ВСЕГЕИ. Нов. сер. - 1983. - Т. 322. - С. 89–98.
9. Жилин С.Г. Основные этапы формирования умеренной лесной флоры в олигоцене-раннем миоцене Казахстана. - Л.: Наука, 1984. - 112 с.
10. Жилин С.Г. О методах стратиграфической палеофлористики // Вопросы палеофлористики и стратиграфии. - Л.: Наука, 1989. - С. 40–44.
11. Ильинская И.А. Ископаемая флора горы Киин-Кериш Зайсанского бассейна. Ч. 2 // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. Сер. 8. - 1963. - Вып. 4. - С. 146–187.
12. Ильинская И.А. Изменение флоры Зайсанской впадины с начала мела по миоцен // Проблемы палеоботаники. - Л.: Наука, 1986. - С. 84–112.
13. Ильинская И.А. Палеогеновые флоры горы Киин-Кериш и их новые виды // Вопросы палеофлористики и стратиграфии. - Л.: Наука, 1989. - С. 44–60.
14. Ильинская И.А., Кянсеп-Ромашкина Н.П., Панова Л.А., Борисов Б.А. Палеогеновая флора Зайсанской впадины // Тр. ВСЕГЕИ. Нов. сер. - 1983. - Т. 322. - С. 115–127.
15. Bondarenko O.V., Utescher T., Blokhina N.I., Evstigneeva T.A., Kezina T.V. Temporal climate and vegetation gradient of the Paleocene in the Amur Region (Far East of Russia) // Botanica Pacifica. - 2020. - Vol. 9, No. 2. - P. 13–35. DOI: 10.17581/bp.2020.09209
16. Zhang Z.Y., Cheng D.M., Hu W., и др. The complexity of climate reconstructions using the Coexistence Approach on the Qinghai-Tibetan Plateau // Journal of Palaeogeography. - 2019. - Vol. 8, No. 1. - P. 5–10. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42501-018-0016-0>
17. Srivastava G., Bhatia H., Mehrotra R.C., и др. Climate and vegetation change during the Upper Siwalik—a study based on the palaeobotanical record of the eastern Himalaya // Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments. - 2021. - Vol. 101, No. 1. - P. 103–121. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12549-020-00457-w>
18. Bondarenko O.V., Utescher T. Quantitative dynamics of the early Pliocene climate and vegetation in the Lena River Delta (northern Yakutia, Eastern Siberia) // Botanica Pacifica. - 2022. - Vol. 11, No. 2. - P. 3–17.
19. Postigo-Mijarra J.M., Barrón E., и др. Climatic reconstruction at the early Miocene La Rinconada mine (Ribesalbes-Alcora Basin, eastern Spain) based on Coexistence Approach, CLAMP,

and LMA analysis // Review of Palaeobotany and Palynology. - 2022. - Vol. 304. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2022.104714>

20. Ivanov D., и др. Climate reconstructions based on Miocene leaf flora from NW Bulgaria: Comparing leaf physiognomy and nearest living relative approach // Phytologia Balcanica. - 2019. - Vol. 25, No. 2.

21. Google Earth. Қиын-Керіш шатқалындағы «Кораблик» қимасы аймағы [Электронный ресурс]. URL: <https://earth.google.com/web/search/48.13424,+84.49215/@48.1072,84.3969,452.02603565a,2174.9.11190139d,30y,0h,0t,0r/data=CiwjlgokCQFvZWFdcEhAEeaMLIm02EdAGbnxcFeChlVAIQozxiCowlRAQgIIATIpCickIjQohMTU5S002d3ZESnVoNIZCZ3p5eUJEbjlSQWJkNE12enIXIAE6AwoBMEICCAKCAi25ZTXBhAB> (дата обращения: 10.11.2024)

Ш.Б. Акмагамбет<sup>1\*</sup>, А.К. Жамангара<sup>2</sup>, С.А. Нигматова<sup>3</sup>,  
Ж.А. Адамжанова<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 4</sup> *Международный университет Астана, Астана, Казахстан*

<sup>3</sup> *Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан*

(E-mail: <sup>1</sup>[ashakhizada@gmail.com](mailto:ashakhizada@gmail.com), <sup>2</sup>[kashagankizi@mail.ru](mailto:kashagankizi@mail.ru), <sup>3</sup>[nigmatova@mail.ru](mailto:nigmatova@mail.ru),  
<sup>4</sup>[adamzhanova@mail.ru](mailto:adamzhanova@mail.ru),

### Использование метода Coexistence Approach для реконструкции климата раннего олигоцена на основе палеофлористических данных останца Киин-Кериш

**Аннотация.** Данное исследование посвящено палеоклиматической реконструкции раннего олигоцена на основе флоры разреза «Кораблик» в районе Киин-Кериш в Восточном Казахстане. Цель исследования – определить климатические условия того периода с использованием метода Coexistence Approach (CA) и оценить влияние региональных экологических изменений на растительный покров. Результаты показали, что в раннем олигоцене в этом районе преобладал теплый и влажный климат, что отразилось в разнообразии таксонов флоры. Научная значимость работы заключается в обогащении данных о климатической истории региона, а практическая значимость – в возможности применения данного метода реконструкции для изучения других разрезов Казахстана.

**Ключевые слова:** ранний олигоцен, Киин-Кериш, палеоклиматическая реконструкция, Coexistence Approach, растительные остатки, климатические изменения, палеофлористический анализ.

Sh. B. Akmagambet<sup>1\*</sup>, A.K. Zhamangara<sup>2</sup>, S.A. Nigmatova<sup>3</sup>,  
Zh.A. Adamzhanova<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 4</sup> *Astana International University, Astana, Kazakhstan*

<sup>3</sup> *Satpayev Institute of Geological Sciences, Almaty, Kazakhstan*

(E-mail: <sup>1</sup>[ashakhizada@gmail.com](mailto:ashakhizada@gmail.com), <sup>2</sup>[kashagankizi@mail.ru](mailto:kashagankizi@mail.ru), <sup>3</sup>[nigmatova@mail.ru](mailto:nigmatova@mail.ru),  
<sup>4</sup>[adamzhanova@mail.ru](mailto:adamzhanova@mail.ru)

### Application of the Coexistence Approach Method for Early Oligocene Climate Reconstruction Based on Paleofloristic Data from the Kiin-Kerish Outcrop

**Abstract.** This study focuses on the paleoclimate reconstruction of the early Oligocene based on the flora of the "Korablik" outcrop in the Kiin-Kerish area of Eastern Kazakhstan. The aim of the research is to determine the climatic conditions of that period using the Coexistence Approach (CA) method and to assess the impact of regional ecological changes on vegetation cover. The results showed that a warm and humid climate prevailed in this area during the early Oligocene, reflected in the diversity of floral taxa. The scientific significance of this work lies in enriching data on the region's

climatic history, while its practical significance is in enabling the application of this reconstruction method for studying other outcrops in Kazakhstan.

**Keywords:** early Oligocene, Kiin-Kerish, paleoclimate reconstruction, Coexistence Approach, plant remains, climate change, paleofloristic analysis

## References

1. Akhmet'yev M.A. Sravneniye ranneoligotsenovoy flory Kiin-Kerisha s drugimi oligotsenovymi florami [Comparison of the Early Oligocene Flora of Kiin-Kerish with Other Oligocene Floras] // Formirovaniye eotsenovo-miotsenovoy flory Kazakhstana i Russkoy ravniny: Krishtofovichskiy chteniya. [Formation of the Eocene-Miocene Flora of Kazakhstan and the Russian Plain: Krishtofovich Readings] Issue 2. Leningrad: BIN AS USSR, 1991. P. 37–56.
2. Normal Weather in Kurchum, Kazakhstan, All Year Round [Electronic resource]. WeatherSpark. URL: <https://ru.weatherspark.com/y/110801/Usual-weather-in-Kurchum-Kazakhstan-all-year#Figures-Summary> (Accessed: 18.10.2024).
3. Utescher T., Bruch A.A., Mosbrugger V. The Palaeoflora Database - Documentation and Data (Version 2024) [Electronic resource]. Zenodo, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10881069>
4. Zhang Z.-Y., Cheng D.-M., Li C.-S., Hu W., Zhan X.-H., Ji H.-L. The complexity of climate reconstructions using the coexistence approach on Qinghai-Tibetan Plateau // Journal of Palaeogeography. - 2019. - Vol. 8, № 1. - P. 5. <https://doi.org/10.1186/s42501-018-0016-0>.
5. Utescher T., Bruch A.A., Erdei B., François L., Ivanov D., Jacques F.M.B., Kern A.K., Liu Y.-S. (C.), Mosbrugger V., Spicer R.A. The Coexistence Approach—Theoretical background and practical considerations of using plant fossils for climate quantification // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. - 2014. - Vol. 410. - P. 58–73. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2014.05.031>.
6. Akhmet'yev M.A. Flora Zaysanskoy vpadiny na rubezhe eotsena i oligotsena [Flora of the Zaysan Depression at the Eocene-Oligocene boundary] // Izv. AN SSSR. Ser. geol. [Bulletin of the USSR Academy of Sciences. Geological Series]. 1985. No. 11. P. 76–85.
7. Akhmet'yev M.A., Il'inskaya I.A. Vidy semeystva Anacardiaceae iz nizhneoligotsenovoykh otlozheniy gryady Kiin-Kerish Zaysanskoy vpadiny [Species of the family Anacardiaceae from the Lower Oligocene deposits of the Kiin-Kerish ridge of the Zaysan Depression] // Paleontol. zhurn. 1989. № 2. P. 79–88.
8. Borisov B.A. Biostratigrafiya kontinental'nykh paleogenovykh otlozheniy Zaysanskoy vpadiny [Biostratigraphy of continental Paleogene deposits of the Zaysan Depression] // Proceedings of VSEGEI New Series 1983. Vol. 322. P. 89–98.
9. Zhilin S.G. Osnovnyye etapy formirovaniya umerennoy lesnoy flory v oligotsene-rannem miotsene Kazakhstana [Main stages of formation of temperate forest flora in Oligocene-Early Miocene of Kazakhstan]. L.: Nauka, 1984. 112 p.
10. Zhilin S.G. O metodakh stratigraficheskoy paleofloristiki [On methods of stratigraphic paleofloristics] // Voprosy paleofloristiki i stratigrafii [Questions of paleofloristics and stratigraphy]. L.: Nauka, 1989. P. 40–44.
11. Il'inskaya I.A. Iskopyemaya flora gory Kiin-Kerish Zaysanskogo basseyna. CH. 2 [Fossil flora of Mount Kiin-Kerish of Zaisan basin. Part 2] // Transactions of Botanical Institute of USSR Academy of Sciences. Ser. 8. 1963. Issue 4. P. 146–187.
12. Il'inskaya I.A. Izmeneniye flory Zaysanskoy vpadiny s nachala mela po miotsen [Changes in flora of Zaisan depression from the beginning of Cretaceous to Miocene] // Problemy paleobotaniki [Problems of paleobotany]. L.: Nauka, 1986a. P. 84–112.
13. Il'inskaya I.A. Paleogenovyye flory gory Kiin-Kerish i ikh novyye vidy [Paleogene floras of Mount Kiin-Kerish and their new species] // Voprosy paleofloristiki i stratigrafii [Questions of paleofloristics and stratigraphy]. L.: Nauka, 1989. P. 44–60.
14. Il'inskaya I.A., Kyansep-Romashkina N.P., Panova L.A., Borisov B.A. Paleogenovaya flora Zaysanskoy vpadiny [Paleogene flora of the Zaisan Depression] // Proceedings of VSEGEI. Nov. series. 1983. Vol. 322. P. 115–127.

15. Bondarenko O.V., Utescher T., Blokhina N.I., Evstigneeva T.A., Kezina T.V. Temporal climate and vegetation gradient of the Paleocene in the Amur Region (Far East of Russia) // *Botanica Pacifica*. - 2020. - Vol. 9, No. 2. - P. 13–35. DOI: 10.17581/bp.2020.09209
16. Zhang Z.Y., Cheng D.M., Hu W., и др. The complexity of climate reconstructions using the Coexistence Approach on the Qinghai-Tibetan Plateau // *Journal of Palaeogeography*. - 2019. - Vol. 8, No. 1. - P. 5–10. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42501-018-0016-0>
17. Srivastava G., Bhatia H., Mehrotra R.C., и др. Climate and vegetation change during the Upper Siwalik—a study based on the palaeobotanical record of the eastern Himalaya // *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*. - 2021. - Vol. 101, No. 1. - P. 103–121. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12549-020-00457-w>
18. Bondarenko O.V., Utescher T. Quantitative dynamics of the early Pliocene climate and vegetation in the Lena River Delta (northern Yakutia, Eastern Siberia) // *Botanica Pacifica*. - 2022. - Vol. 11, No. 2. - P. 3–17.
19. Postigo-Mijarra J.M., Barrón E., и др. Climatic reconstruction at the early Miocene La Rinconada mine (Ribesalbes-Alcora Basin, eastern Spain) based on Coexistence Approach, CLAMP, and LMA analysis // *Review of Palaeobotany and Palynology*. - 2022. - Vol. 304. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2022.104714>
20. Ivanov D., и др. Climate reconstructions based on Miocene leaf flora from NW Bulgaria: Comparing leaf physiognomy and nearest living relative approach // *Phytologia Balcanica*. - 2019. - Vol. 25, No. 2.
21. Google Earth. Қиын-Керіш шатқалындағы «Кораблик» қимасы аймағы [Электронный ресурс]. URL: <https://earth.google.com/web/search/48.13424,+84.49215/@48.1072,84.3969,452.02603565a,2174.9.11190139d,30y,0h,0t,0r/data=CiwijgokCQFvZWfdehAEeaMLIm02EdAGbnxcFeChIVAIQozxiCowlRAQgIIATIpCickIQohMTU5S002d3ZESnVoNIZCZ3p5eUJEbjlSQWJkNE12enIXIAE6AwoBMEICABKCAi25ZTXBhAB> (дата обращения: 10.11.2024)

#### Авторлар туралы мәлімет:

**Ақмағамбет Ш.Б.** – хат-хабар авторы, жаратылыстану ғылымдары магистрі, Астана халықаралық университеті, Қабанбай батыр, 8, 010000, Астана, Қазақстан.

**Жаманғара А.Қ.** – биология ғылымдарының кандидаты, профессор м.а, Астана халықаралық университеті, Қабанбай батыр, 8, 010000, Астана, Қазақстан.

**Нигматова С.А.** – геология-минералогия ғылымдарының докторы, доцент, Қ.И. Сәтпаев атындағы Геологиялық ғылымдар институты, Сәтпаев көшесі, 22а, 050000, Алматы, Қазақстан.

**Сағатбаев Е.Н.** - PhD, Қауымдастырылған профессор м.а, Астана халықаралық университеті, Қабанбай батыр, 8, 010000, Астана, Қазақстан.

**Akmagambet Sh.B.** – Corresponding author, Master of Natural Sciences, Astana International University, 8 Kabanbay Batyr Avenue, 010000, Astana, Kazakhstan.

**Zhamangara A.K.** – Candidate of Biological Sciences, Acting Professor, Astana International University, 8 Kabanbay Batyr Avenue, 010000, Astana, Kazakhstan.

**Nigmatova S.A.** – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor, K.I. Satpayev Institute of Geological Sciences, 22a Satpayev Street, 050000, Almaty, Kazakhstan.

**Sagatbaev E.N.** – PhD, Acting Associate Professor, Astana International University, 8 Kabanbay Batyr Avenue, 010000, Astana, Kazakhstan.



**Copyright:** © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).