

Солтүстік Қазақстан облысының орманды дала ландшафттарындағы *Betula* тұқымдасының бейімделуі мен антропогендік әсеріне интегративті талдау

Нұртілеу Оспан*, Жасхайыр Қарағойшин

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан; nurtileuospanov@gmail.com, k.zhashaiyr@mail.ru
*Корреспонденция: nurtileuospanov@gmail.com

Аңдатпа. Бұл мақала далалық барлаулар мен ландшафттық деректерге сүйене отырып, Солтүстік Қазақстан облысының қатал континенталды климат жағдайына бейімделген қайың ағашының физиологиялық және экологиялық атрибуттарын ашады. Солтүстік Қазақстан облысының ландшафттары негізінен орманды дала мен дала аймақтарынан тұрады. Аймақтың солтүстігі шалғынды-орманды, орталығы қайыңды орманды дала, ал оңтүстігі нағыз далалық сипатта айқын бөлінеді. Ең жоғары ормандылық деңгейі (шамамен 20% дейін) облыстың солтүстігіндегі сортаңды жазықтарда байқалады. Бұл көрсеткіш өңірдің экологиялық тепе-теңдігін сақтауда өте маңызды рөл атқарады.

Облыс аумағында ландшафттың 20 түрі анықталды, оның 13-і орманды далаға, ал 7-сі дала ландшафтысына жатады. Аккумуляциялық жазықтарда құнарлы қара топырақтар және қайың шоқтары кең таралған. Денудациялық сәл толқынды жазықтарда оңтүстік қара топырақтар мен сорлар көбірек кездеседі, мұнда бетегелі-қызғылт өсімдіктер тобы басым болып келеді.

Қайыңның *Betula pendula* (қотыр қайың) және *Betula pubescens* (үлпек қайың) түрлері осы аймақ фитоценоздарының орталық өзегі болып келеді және фрагменттелген «орман шоқтары» түрінде кездеседі. Оның физиологиялық-экологиялық бейімделу ерекшеліктері күрделі континенталдық климатта тұрақты тіршілік етуге мүмкіндік береді. Қайың популяцияларын топырақ-су теңгерімін реттеу, биоалуантүрлілікті сақтау және әлеуметтік-экономикалық маңыздылығын арттыру үшін жан-жақты зерттеу және сақтау өте маңызды. Олардың экологиялық тұрақтылығын қамтамасыз ету заманауи геоақпараттық технологияларды қолдануды қамтитын арнайы қорғау шараларын талап етеді. Бұл зерттеу аймақтың табиғи ресурстарын тиімді басқаруға және деградация процестерін азайтуға тікелей бағытталған маңызды қадам болып саналады.

Түйін сөздер: ландшафт; антропогендік қысым; климаттық ауыспалық; *Betula pendula* (қотыр қайың); *Betula pubescens* (үлпек қайың); экожүйе тұрақтылығы; геоақпараттық технологиялар.

Дәйексөз: Оспан, Н., Қарағойшин, Ж. Солтүстік Қазақстан облысының орманды дала ландшафттарындағы *Betula* тұқымдасының бейімделуі мен антропогендік әсеріне интегративті талдау (2025). Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ-нің хабаршысы. Химия. География сериясы, 153(4), 133-147.
<https://doi.org/10.32523/2616-6771-2025-153-4-133-147>

Академиялық редактор:
Н.Е. Рамазанова

Редакцияға түсті: 17.10.2025
Түзетілді: 16.12.2025
Қабылданды: 18.12.2025
Басылымға шықты: 24.12.2025



Copyright: © 2025 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/>).

1. Кіріспе

Солтүстік Қазақстан облысы физикалық-географиялық тұрғыдан - Батыс Сібір жазығының оңтүстік шетінде және ішінара Қазақ ұсақ шоқысы (Сарыарқа) аумағында жатыр. Облыстың ең солтүстік нүктесінің координаттары: 55°26' с.е. (Мәскеу ендігімен шамалас) және 68°59' ш.б.; ең оңтүстік нүктесі - 52°13' с.е. және 67°19' ш.б.; ең батыс нүктесі - 54°00' с.е. және 65°57' ш.б.; ал ең шығыс нүктесі - 52°50' с.е. және 74°02' ш.б. Ендік бағытындағы шеткі нүктелер арасындағы айырмашылық 3°13', ал бойлық бойынша - 8°05'. Солтүстіктен оңтүстікке қарай ең алыс нүктелер арасындағы түзу қашықтық 375 км, батыстан шығысқа қарай - 602 км. Облыс Калуга, Тула, Тамбов облыстарымен бір ендікте орналасқан.

Облыс территориясы солтүстігінде Ресей Федерациясының Қорған, Түмен және Омбы облыстарымен, оңтүстігінде - Қазақстан Республикасының Ақмола облысымен, батысында - Қостанай, шығысында - Павлодар облыстарымен шектеседі. Облыс аумағында 13 әкімшілік аудандар бар. Облыс аумағы 97 993 км²-ге тең және Қазақстан аумағының 3,6% - құрайды.

Солтүстік Қазақстан облысы еуразиялық орманды дала мен даланың шекарасында орналасқан, айқын континенталдық климатпен сипатталады: қыста температура -45°C-тан жазда +35°C-қа дейін, жылдық жауын-шашын мөлшері 280-420 мм, негізінен вегетациялық кезеңде (Abaturov et al., 1982).

Аймақтың ландшафттық ерекшелігі оның екі негізгі морфологиялық бірлігі - аккумуляциялық жазықтар мен денудациялық сәл толқынды үстірттер арасындағы күрделі өзара әрекеттесуден туындайды. Белгіленген 20 ландшафт түрлерінде орман жамылғысы солтүстіктен оңтүстік шығысқа қарай азайып кішкене шоғырланған шоқылар түрінде кездеседі. Бұл жағдай орманды даланың фрагменттелген сипатын — қайың шоқтарының далалық жерде орналасуын анықтайды, сонымен қатар топырақ-өсімдік жамылғысының жоғары деңгейдегі мозаикалығын түсіндіреді.

Қайың, пионерлік сукцессиялық элемент ретінде, осы аумақтарда басым болып, бетеге (*Populus tremula*), кәдімгі қарағай (*Pinus sylvestris*) және бұта түрлерімен (*Salix* spp), кәдімгі мойыл (*Prunus padus*) бірге монодоминантты немесе аралас ассоциациялар құрайды (Galitskii, 2001; Grigor'ev, 2012; Kozlovskii, 1985).

Петропавл, Мамлютка және Тайынша аудандарында *Betula* spp. Криотермиялық стресс және мерзімді құрғақшылықты қоса алғанда, экстремалды факторларға жоғары резистенттілік танытатыны анықталды, бұл бұзылған экожүйелерді регенерациялаудағы олардың рөлін айқындайды (Amosova & Feklistov, 2009; Oksanen et al., 2019).

Мақала онтогенетикалық ерекшеліктерден антропогендік әсерге дейін жан-жақты қамту үшін құрылымдалған, аналитикалық тереңдікті арттыру үшін кестелік және графикалық иллюстрациялар енгізілген.

2. Материалдар мен әдістер

Зерттеу нысаны ретінде Солтүстік Қазақстан облысының орманды дала аймағында таралған қайыңды ормандар (*Betula pendula*, *B. pubescens*) алынды. Географиялық ауқымы облыстың негізгі орманды аудандарын (Қызылжар, Айыртау, Булаев, Мамлютка, Тайынша, Есіл, Тимирязев) қамтиды.

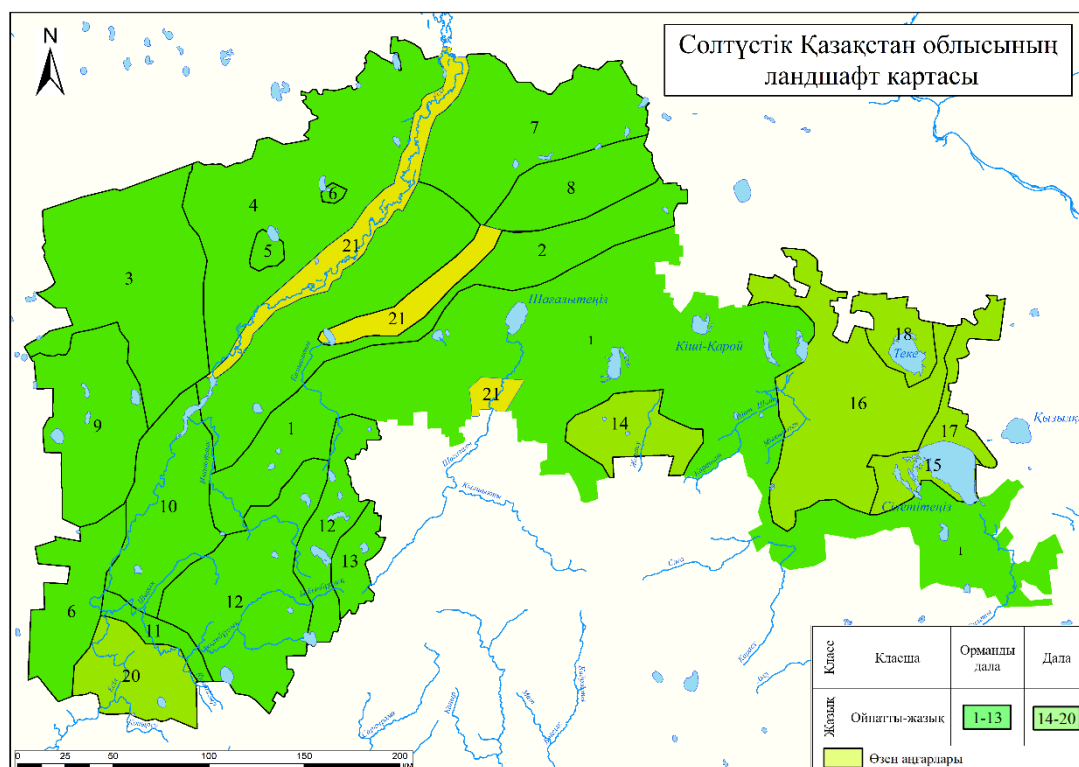
- Ғарыштық қашықтықтан зондтау деректері (Sentinel-2 S2A, Landsat-8, 9 OLI) және Google Earth Engine (GEE) платформасы негізінде алынған NDVI индексі (Gorelick et al., 2017);
- Жаһандық жер жамылғысының карталары (ESA WorldCover, GlobeLand30) (Zanaga et al., 2021);
- Топографиялық негіздер мен OpenStreetMap (OSM) қабаттары;
- Ландшафттық және геоморфологиялық карталар деректері
- USGS сайты арқылы SRTM 1 Arc-Second Global ғарыштық суреттер;
- Қазақстан орман шаруашылығының статистикалық мәліметтері (Tileuberdi, 2022);

- Далалық бақылаулары мен жеке шолу бағалары (жеке маршруттар бойынша) (Grigor'ev, 2012).

3. Нәтижелер

3.1. Ландшафт сипаттамасы

Солтүстік Қазақстан облысының ландшафттық ерекшелігі оның негізінен екі негізгі кластан – орманды дала және дала жазықтарынан тұратындығын көрсетеді (Сурет 1). Бұл кең аймақ аккумулятивті және денудациялық үрдістердің нәтижесінде пайда болған аллювийлі-көлдік ойпаттар, делювийлі-пролювийлі жазықтар және пенепленді сәл толқынды жазықтар сияқты әртүрлі жер бедерімен сипатталады. Топырақ жамылғысы негізінен қара және оңтүстік қара топырақтардың әртүрлі түрлерінен (кәдімгі, карбонатты, сортаңды, сортаңданған) тұрады. Өсімдік жамылғысының мозаикалық сипаты аймақтың ерекше белгісі болып келеді, мұнда әртүрлі шөпті-қызғылт қаулы, бетегелі және жусанды далалық ассоциациялар көктерек-қайыңды ормандармен, шоқтармен және талды тоғайлармен бір-біріне сіңісіп жатыр. Ландшафттардың аралас сипаты, әсіресе көптеген көлдер мен ойпаңдардың болуы, өсімдіктер мен топырақтардың кешенді үйлесімін қалыптастырады, бірақ кең аумақтардың жыртылуы антропогендік әсердің өсу тенденциясын көрсетеді.



Сурет 1. Солтүстік Қазақстан облысының ландшафт картасы

Облыстың ландшафт картасында орман алқаптарының таралуы ландшафт негіздемесіне анық бекітілген, яғни, орманды дала ландшафттарындағы 13 ландшафты топырақтардың кәдімгі қара топырақ және карбонатты сортаңдалған қара топырақтарда қайыңның кең таралуы байқалады, және олар 1-13-ші ландшафт аралығында таралған. Далалы, кең жазық аймақтарда орман жолақтары біртіндеп сиректенеді, яғни олар негізінен шоқылы шоғырланған немесе жалғыз өскен екпелер түрінде кездеседі. Мұндай орман жолақтары 14-шіден 20-ші ландшафт аралығында анық көрініс табады және олардың таралу аймағы әртүрлі

жер бедері элементтері мен топырақ сипаттарына тікелей байланысты. Әр ландшафт түрлерінің сипаттамасы:

Жазықтық:

Орманды дала

Аккумуляциялық

1-ші ландшафт – Кәдімгі карбонатталған қара, сортаңданған кәдімгі қара сорлы топырақтар. Әртүрлі-өсімдіктер өскен көлді аллювилі қазаншұңқырлы жазық.

2-ші ландшафт – Кәдімгі карбонатталған қара, сортаңданған кәдімгі қара сорлы топырақта әртүрлі-өсімдікті ойпаңдар мен көл маңайындағы қазаншұңқырларда кездесетін көктеректі-қайыңды орманшалар мен шоқ ормандар және әртүрлі-өсімдікті астық тұқымдастар өскен көлді аллювилі қазаншұңқырлы жазық.

3-ші ландшафт – Кәдімгі карбонатталған, сортаңданған қара топырақта әртүрлі-өсімдікті астық тұқымдас псаммофитті элементтері бар далалар, көктеректі-қайыңды шоғыр ормандар мен тал тоғайлар және шалғындармен аралас өсімдіктер өскен көлді аллювилі қазаншұңқырлы жазық.

4-ші ландшафт – Кәдімгі карбонатталған, сортаңданған қара топырақта шалғындық дақылдық әртүрлі-өсімдікті және астық тұқымдасты өсімдіктер, кейбір жерлерде кешенді далалар көктеректі қайыңды шоқтармен және ормандармен аралас өсімдіктері өскен көлді аллювилі қазаншұңқырлы жазық.

5-ші ландшафт – Сортаңданған кәдімгі қара сорлы топырақта әртүрлі шөптесін-бетегелі астық тұқымдасты өсімдіктері өскен көлді аллювилі қазаншұңқырлы жазық.

6-ші ландшафт – Карбонатты сортаңдаған қара топырақта бетеге боз, астық тұқымдасты өсімдіктер өскен көлді аллювилі қазаншұңқырлы жазық.

7-ші ландшафт – Кәдімгі сортаңданған қара сорлы топырақта шалғындық дақылдық әртүрлі-өсімдікті және әртүрлі-дақылды кейбір жерлерде кешенді далалар, көктеректі қайыңды шоқтар және ормандармен аралас, әртүрлі-өсімдікті астық тұқымдастар, көктеректі-қайыңды орманшалар мен шоқ ормандарда әртүрлі өсімдіктер өскен көлді аллювилі қазаншұңқырлы жазық.

8-ші ландшафт – Кәдімгі қара топырақта астық тұқымдасты ойпаңдар мен көл маңайындағы қазаншұңқырларда кездесетін көктеректі-қайыңды орманшалар өскен көлді аллювилі қазаншұңқырлы жазық.

9-ші ландшафт – Кәдімгі қара карбонатталған, сортаңданған қара топырақта кешенді әртүрлі астық тұқымдастар өскен бетегелі, төскейлі-бетегелі және жусанды-бетегелі жыртылған жерлерде өскен көлді аллювилі қазаншұңқырлы жазық.

10-ші ландшафт – Кәдімгі карбонатталған, сортаңданған қара сорлы топырақта шалғындықтар орнындағы жыртылған жерлер және бай әртүрлі-өсімдікті –дақылды далалар, көктеректі-қайыңды және қарағайлы ормандармен аралас өскен делювийлі-пролювилі жазық.

11-ші ландшафт – Карбонатталған, сортаңданған кәдімгі қара топырақта бетеге боз, және астық тұқымдасты бетеге боз далалардың орнындағы жыртылған жерлерде өскен делювийлі-пролювилі жазық.

12-ші ландшафт - Кәдімгі карбонатталған қара топырақта шалғындық орнындағы жыртылған жерлер және бай әртүрлі-өсімдікті, астық тұқымдастылар өскен далалар, көктеректі-қайыңды және қарағайлы ормандармен аралас делювийлі-пролювилі жазық.

13-ші ландшафт – Сортаңданған кәдімгі қара топырақта шалғындық орнындағы жыртылған жерлер және бай әртүрлі-өсімдікті астық тұқымдасты далалар, көктеректі-қайыңды және қарағайлы ормандармен аралас өскен делювийлі-пролювилі жазық.

Дала

Денудациялық

14-ші ландшафт – Сортандаған оңтүстік қара топырақта әртүрлі-өсімдікті астық тұқымдасты және төскейлі-бетегелі, бетегелі-кебір жусанды өсімдіктер өскен сәл толқынды жазық.

15-ші ландшафт – Сорларда кешенді бетегелі-қылқанбозды, жусанды-бетегелі шалғындармен аралас, кейбір жерлерде тал-тоғайлы және талды-қайыңды ормандар өскен сәл толқынды жазық.

16-ші ландшафт – Карбонатты және сортандаған оңтүстік қара топырақта әртүрлі-өсімдікті астық тұқымдасты, бетеге боз өскен далалардың орнындағы жыртылған жерлердегі сәл толқынды жазық.

17-ші ландшафт – Сортанданған кәдімгі және оңтүстік қара сорлы топырақта әртүрлі-өсімдікті астық тұқымдастар өскен далалардың орнындағы жыртылған жерлердегі сәл толқынды жазық.

18-ші ландшафт – Кәдімгі қара және сортанданған топырақта біржылдық соранды кейде сарсазанды бірлестіктер және төскейшөпті-бетегелі кешендер, кейбір жусанды-астық тұқымдасты-бетегелі бірлестіктер, шалғындармен аралас көлдер жағалауында өскен терассалық кешендер мен көлдердің беткейлері.

19-ші ландшафт – Сорларда біржылдық соранды кейде сарсазанды бірлестіктер және төскейшөпті-бетегелі кешендер, кейбір жусанды, астық тұқымдасты-бетегелі бірлестіктер, шалғындармен аралас көлдер жағалауында өскен терассалық кешендер мен көлдердің беткейлері.

Аккумулятивті

20-ші ландшафт – Карбонатты оңтүстік қара топырақта бетеге боз, астық тұқымдасты далалардың орнындағы жыртылған жерлерде өскен делювийлі-пролювийлі жазық.

Солтүстік Қазақстан облысы аумағы Батыс Сібір ойпатының құрамына кіреді. Аймақтың жер бедері ұзаққа созылған мүсіндік-аккумулятивті және эрозиялық процестердің нәтижесі (Zavalishin, 1995). Эпейрогендік қозғалыстар өзен аңғарлары мен жалдар сияқты сызықтық жер бедері элементтерінің солтүстік-шығыс бағытын анықтауда шешуші рөл атқарған. Облыстың көп бөлігін абсолюттік биіктігі оңтүстікте 180–185 м-ден солтүстік және солтүстік-шығыста 115–120 м-ге дейін төмендейтін жазықтар алып жатыр. Қиыр оңтүстікте, Ақжар және Шал ақын аудандарының шегінде биіктігі 221 м-ге дейін жететін шағын гранитті төбелер кездеседі. Жер бедеріне тән ерекшелігі – көбінесе көлдер алып жатқан табақша тәрізді кішігірім батпақтар сияқты микроформалардың көптігі. Физикалық картада жер бедерінің үш морфологиялық түрі ажыратылады: Есіл өзенінің сол жағалауындағы қырқалы-ойпатты жазық; оң жағалауындағы Есіл-Ертіс суайрығының жазығы; және олардың арасындағы Есіл өзенінің аңғары. Солтүстік-батыс бөлігі бассейндердің ауысуымен және параллель созылған жалдармен сипатталатын қырқалы-бассейндік жазықпен ұсынылған.

3.2. Морфогенетикалық және физиологиялық сипаттамалары

Жер бедерінің, топырақ түзуші жыныстардың және ылғал режимінің әртүрлілігіне байланысты қарастырылып отырған орман өсіретін аймақтардың топырақ жамылғысы да алуан түрлі.

Орташа қарашіріктері бар қарапайым қара топырақтар. Морфологиялық тұрғыдан қара топырақтардың профилі келесі көрсеткіштермен сипатталады: қарашірік беткейінің қалыңдығы 60-80 см, жіңішкелері үшін 35-40 см, көпіршікті 30-50 см тереңдікте байқалады, карбонаттардың бөлінуі 70-100 см тереңдікте екінші гипс кездеседі.

Қарашірік беткейі ұсақ түйірлі құрылымға ие және қара сұр немесе қара дерлік түсті. Қарашірік мөлшері 7-10% аралығында. 80-90 см тереңдікте оның пайызы 1,2-ге дейін төмендейді. Өсімдіктерге жететін азот пен фосфордың мөлшері салыстырмалы түрде аз, бұл топырақтағы мәдени өсімдіктер белгілі бір дәрежеде азотқа және ішінара фосфор тыңайтқыштарына жауап береді. Қара топырақтың жоғарғы бөлігі орман дақылдарының тұқымдарының өсуіне және көшеттерін өсіруге қолайлы бейтарап реакцияға ие. Механикалық

құрамы бойынша бұл топырақтар ауыр сазды және жеңіл сазды сорттарға жатады (Baisholanov, 2017).

Қара топырақтардың жоғары агрегациясын атап өту қажет. Қарашірік беткейіндегі суға төзімді микроагрегаттар саны 40-50%-ға жетеді, бұл топырақтың эрозияға төзімділігінің жоғарылығын көрсетеді. Орташа қарашірікті қара топырақтар аймақтағы ең жақсы құнарлы және егістік топырақ болып табылады. Тың күйінде олар тек шекараларда және орман жолақтарының бойындағы тар таспаларда кездеседі. Далада және жапырақты ормандардың астында сортаң немесе шайылған қара топырақтар түзіледі, олар негізгі түрдің морфологиялық сипаттамаларын қайталайды, бірақ құрылымы азырақ және дефляцияға бейімділігімен ерекшеленеді. Бұл топырақтардың су режимі шайылмайды. Орман түзілуде және топырақ түзілуде жер асты сулары маңызды рөл атқармайды.

Шайылған қара топырақты жерлерде орман дақылдарын өсіруге болады. Қолқаның буферлік аймағында (30-50 м жолақ) сілтілі қара топырақтар басым, олардың қарашірік беткейі қалыңдығы шамамен 40 см, 30-50 см-ден бастап тұз қышқылынан бөлінген карбонаттар 70-100 см тереңдікте жатыр. Орман дақылдарын құрудың қиындығы қара топырақтардың тұздануы болып табылады. Әлсіз және орташа сортаң қара топырақтарда таза қайың дақылдарын жасауға болады деп саналады. Сілтілік қара топырақтар көң мен гипсті бір мезгілде енгізу арқылы егістік көкжиегін тереңдетуді талап етеді.

Сұр орман топырағының қалыңдығы 40-50 см, 50-80 см-ден бөлінген бос карбонаттар 80 см-ден астам тереңдікте кездеседі, әсіресе жоғарғы 10-15 см-ге жетеді 8-13%. Бұл топырақтар тұзданбаған. Сұр орман топырағы әлсіз құрылымды, сондықтан жыртқанда оңай шашылады, жел және су эрозиясына ұшырайды, қоректену режимінің нашарлығымен сипатталады. Ауыл шаруашылығы тұрғысынан сұр орман топырақтары қызығушылық тудырмайды. Алайда, орман шаруашылығы жағынан олар айтарлықтай өнімді. Сұр орман топырақтарының алуан түрі қара сұр және ашық сұр топырақтары. Қайыңның регенерациясы қанағаттанарлық.

Шалғынды-қара топырақтар белдеулік автоморфты қара топырақтар мен шалғынды топырақтар арасында өтпелі болып табылады. Қарашірік беткейінің қалыңдығы 70-80 см, қара сұр реңкте біркелкі боялған. Көпіршікті 50 см-ден, карбонаттардың бөлінуі 54 см-ден, гипстің бөлінуі 110 см-ден топырақтың механикалық құрамы бойынша орташа сазды және жеңіл сазды сорттар кең таралған (Baisholanov, 2017).

Шалғынды қара топырақтарда қоректік заттардың қоры жоғары, қарашірік мөлшері 12 пайызға жетеді, азот мөлшері де жоғары. Бұл топырақтар егістікке жарамды. Осы типтегі алуан, шалғынды-қара топырақты сортаңданған топырақтар үстіңгі қабаттағы қарашірікпен ерекшеленеді.

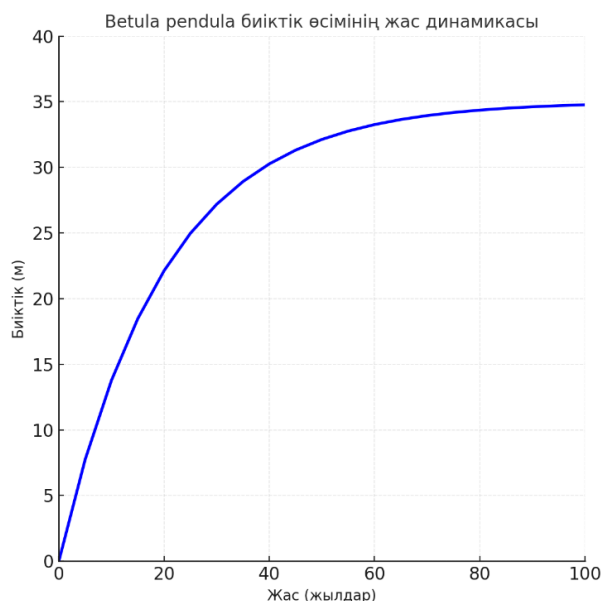
Шалғынды топырақтар гидроморфтық қатардың дербес топырақ түрін білдіреді. Олар дренаждық жағдай жақсарған кезде шалғынды-батпақты топырақтардан, сондай-ақ ойпаңдар 1,5 м және одан да көп тереңдегенде шалғынды-қара топырақтардан түзіледі.

Шалғынды топырақтар, шалғынды-қара топырақтан қарқынды күңгірт түсімен, профильдің жоғарғы 10 см қабатында кремнийлі ұнтақтың едәуір жинақталуымен, иллювиальды беткейдегі құрылымымен ерекшеленеді. Қарашірік горизонтының қалыңдығы 30-дан 60 см-ге дейін, жоғарғы горизонттарда қарашірік мөлшері 6-11% құрайды және 1-3% дейін күрт төмендейді. Дегенмен, шалғынды топырақтардың көпшілігінің тұздылығы жоғары екенін ескере отырып, оларды шабындық пен жайылымға қолайлы деп санау керек.

Аллювиалды-шалғынды топырақтар тек Есілдің жайылмасында және Иманбұрлықтың өзен арнасының жекелеген учаскелерінде қалыптасқан. Олардың қарашірік горизонты 90 см шамасында (Baisholanov, 2017).

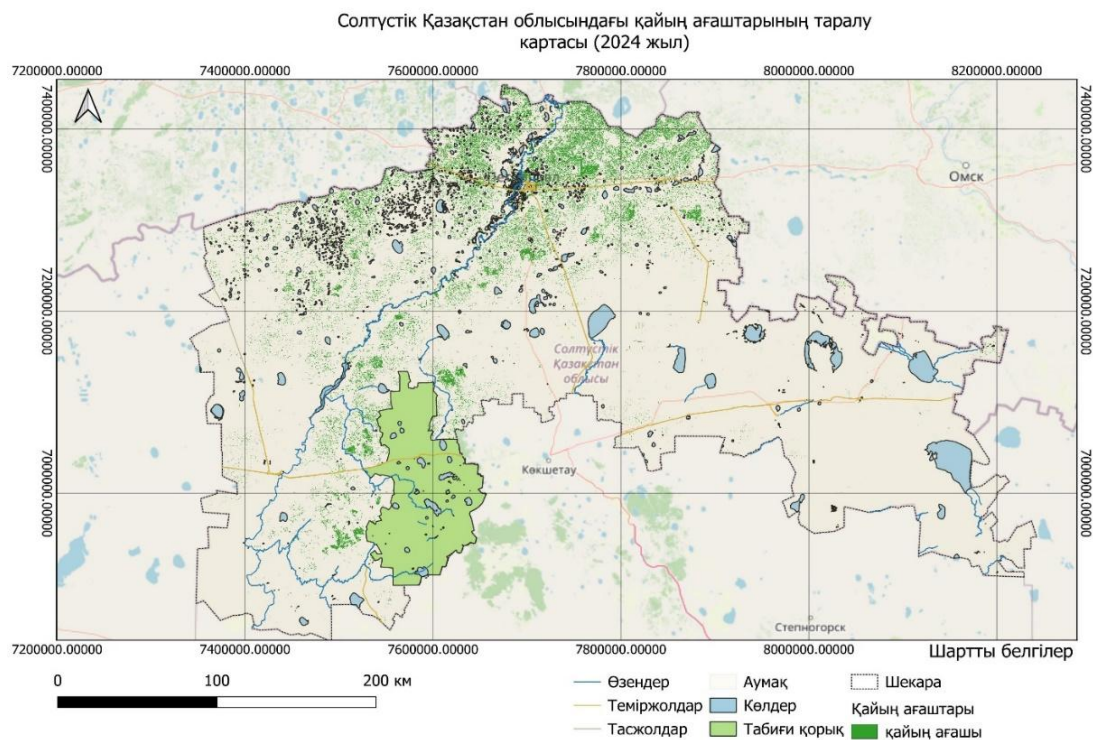
Қотыр қайың (*Betula pendula*) мен үлпек қайың (*Betula pubescens*) түрлерінің морфологиялық бейімділігі Солтүстік Қазақстанның орманды дала аймақтарындағы әртүрлі экологиялық жағдайларға жақсы икемделген. *B. Pendula* биіктігі 25–35 метрге, ал діңінің диаметрі 90 см-ге дейін жететін, сымбатты әрі салбыраған тәжі бар ағаш (Сурет 2). Оның қабығы бетулин деп аталатын майда еритін табиғи затқа бай, бұл зат өсімдікті күн сәулесінің

зиянды әсерінен қорғап, патогендерге қарсы тосқауыл қызметін атқарады (Borovikov & Ugolev, 1989; Vavilov, 1975).



Сурет 2. Қайыңның биіктік өсуінің жас динамикасы – 20 жасқа дейін экспоненциалды, кейін 40–50 жылдан кейін бәсеңдеп, 80–100 жаста асимптотаға жетеді

Жапырақтары ромб тәрізді сопақша, жиегі тісті, ұзындығы 4–8 см. және олар маусымдық өзгерістерге бейім: көктемде (сәуір-мамыр) бүршік жарып, күзде (қыркүйек-қазан) жапырағын түсіріп, топыраққа органикалық заттардың жиналуына ықпал етеді (Zimin, 1980) (Сурет 3).



Сурет 3. Солтүстік Қазақстан облысындағы қайың ағаштарының таралу картасы

Оған қарағанда, *Betula pubescens* түрі 18–25 метрге дейінгі биіктікте өсіп, бұтақтарының құрылымы тығыздау, ал жас өркендері түкті келеді. Бұл оны ылғалды ортаға жақсы бейімделген етеді (Abaturov et al., 1982) (Кесте 1).

Екі түрдің де тамыр жүйесі негізінен таяз, радиусы 12–18 метрге дейін таралады. Мұндай құрылым оларды Солтүстік Қазақстанда басым кездесетін қара және сұр топырақтардың жоғарғы қабаттарындағы ылғалды тиімді пайдалануға бейімдейді (Zavalishin, 1995).

Кесте 1. *Betula pendula* мен *Betula pubescens* сипаттамалары

Көрсеткіш	<i>Betula pendula</i>	<i>Betula pubescens</i>
Ересек ағаш биіктігі	25–35 м	18–25 м
Тәжі архитектурасы	Салбыраған, ажарлы	Тік, тығыз
Қабық	Ақ, тегіс, қабыршақтанғыш	Ақ, аз қабыршақтанатын
Жапырақ	Ромб тәріздес, 4–8 см	Дөңгелек-овальді, 3–6 см
Өркендер	Түксіз	Жас өркендері түкті
Тамыр жүйесі	Үстірт, радиус 12–18 м	Үстірт, гидротропты

Физиологиялық тұрғыдан алғанда, қайың - С3 фотосинтез жолы бойынша жұмыс істейтін өсімдік, яғни ол күнделікті 250–350 литрге дейін суды буландыру арқылы қоршаған ортаның микроклиматын жұмсартады (Kozlovskii, 1985). Көмірқышқыл газын (CO_2) сіңіру деңгейі маусым–шілде айларында ең жоғары шегіне жетеді - 12–18 мг/дм²/сағ, бұл күн ұзақтығымен тығыз байланысты (Zimin, 1980; Hetherington & Woodward, 2003).

Қайыңның аязға төзімділігі оның жасушаларында криопротектор (қанттар мен ақуыздар) жинақталуы арқылы қамтамасыз етіледі. Бұл ағашқа – 48°C дейінгі температурада құрылымдық зақымсыз өмір сүруге мүмкіндік береді (Beck et al., 2004; Oksanen et al., 2019).

Деректер ағаш жолақтары мен қаумал аумағындағы ағаштардың негізінде Айыртау және Қызылжар аудандарында жиналған.

3.3. Экологиялық орны және сукцессиондық рөлі

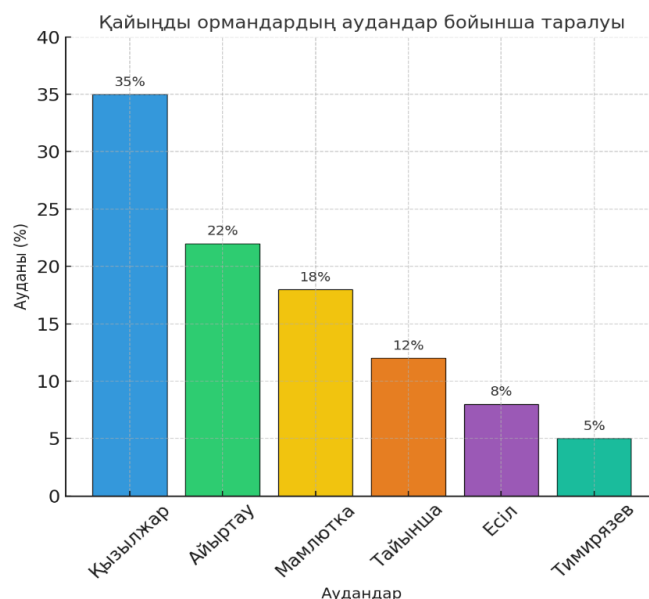
Солтүстік Қазақстанның орманды дала экожүйелерінде қайың эвритопты пионер ретінде постдистурбациялық аумақтарды (өрттен кейін, кесуден кейін) игереді (Alekseev, 1997; Vasilevich, 1983; Angelstam, 1998).

- *B. pendula* – эвтрофты, дренажды топырақтарда.

- *B. pubescens* – гидроморфты, мезотрофты субстраттарда, маусымдық су басуларға төзімді (Abaturov et al., 1982; Galitskii, 2001; Zavalishin, 1995; Goncharov, 2010).

Фитоценотикалық бірігуі симбиотикалық өзара әрекеттесулерді қамтиды: саңырауқұлақтармен окжаңбырық (*Boletus*) обабка (*Leccinum*) микориза азотфиксацияны күшейтіп, өнімділікті 15–25%-ға арттырады (Smith & Read, 2008).

Топырақтағы қарашірік мөлшері он жылда 1.5–2.5%-ға артады, ал тамыр жүйесі жылына 50 т/га топырақты эрозиядан сақтайды (Zavalishin, 1995) (Сурет 4).



Сурет 4. Гистограмма – Солтүстік Қазақстан облысы аудандары бойынша қайың ормандарының таралуы

3.4. Шаруашылық-экономикалық маңызы

Солтүстік Қазақстан облысында қайыңның шаруашылық қолданылуы көпқырлы:

Ағаш өнеркәсібі: тығыздығы 620–680 кг/м³, композит, жиһаз, биоэнергетика өндірісі. Жылдық дайындау көлемі – 80 – 120 мың м³ (Borovikov & Ugolev, 1989).

Шипалы маңызы: қабығынан алынатын бетулин, тритерпендер – иммуномодуляторлар (Borovikov & Ugolev, 1989).

Шырын: 1.5–2.5 л бір ағаштан, деструктивті әдістерге тыйым салынған (Borovikov & Ugolev, 1989; Kataev, 1978).

Агроорман мелорациясы: жылына 4–8 млн көшет отырғызылады, көміртекті секвестрация – 1.2–1.8 т CO₂/га/жыл (Nilsson et al., 2011).

Орман секторы өңірдің табиғатты пайдалану бойынша ЖӨӨ-нің 25–35%-ын береді, экотуризм де маңызды үлес қосады (Tileuberdi, 2022).

Антропогендік қауіптер мен консервациялық стратегиялар (Кесте 2):

Заңсыз пайдалану: шырын алу, кесу, 20–30% құрып кетуі қауіпін төндіреді (Alekseev, 1997;).

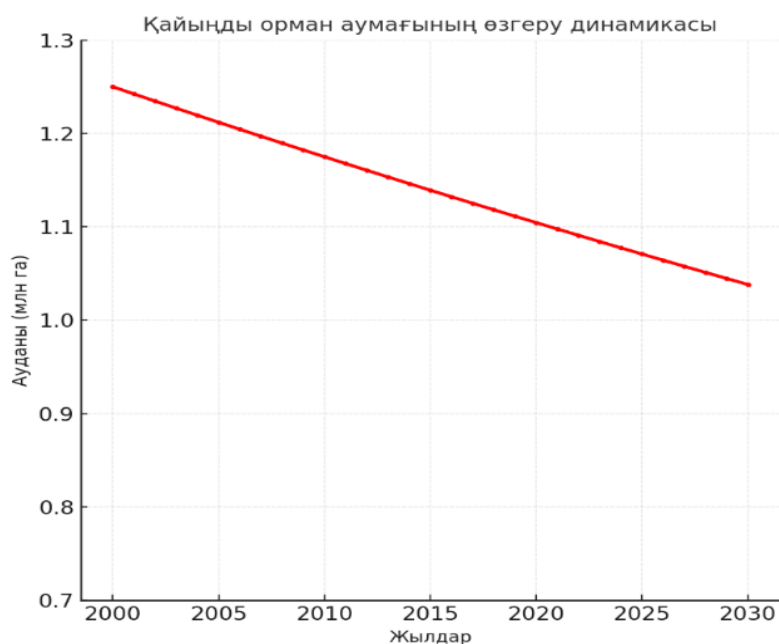
Өрт: жылына 200–300 га. (Galitskii, 2001).

Климаттық өзгерістер: құрғақшылық, өсу қарқыны 30–40%-ға азаяды (Oksanen et al., 2019; Lindner et al., 2010), (Сурет 5).

Зиянкестер: Scolytus ratzeburgi (рус. заболонник берёзовый) (Wermelinger, 2004).

Кесте 2. Betula spp. үшін антропогендік қауіптер мен консервациялық шаралар

Қауіп	Сипаттама	Консервация шаралары
Заңсыз пайдалану	Шырын алу, кесу	Реттеу, айыппұлдар
Өрттер	200–300 га/жыл	Мониторинг, ГАЖ, профилактика
Климаттық өзгерістер	Құрғақшылық, өсудің төмендеуі	Аффорестация, селекция
Зиянкестер	Энтомопатогендер, дефолиация	Биоконтроль, пестицидтер



Сурет 5. Солтүстік Қазақстан облысындағы қайың ормандары ауданының динамикасы, 2000–2024 жж. – онжылдықта 5–7%-ға азаю, 2030 жылғы болжамы да төмендеуде

3.5. Шетелдік қайың зерттеулерінің Солтүстік Қазақстанның орманды далаларының жағдайына қолданылуы

Шетелдік зерттеулерге сәйкес, қотыр қайың (*Betula pendula*) солтүстік ормандардың өзгермелі климаттық жағдайларға бейімделу үдерістерін зерттеуде индикаторлық түр ретінде қарастырылады (Oksanen et al., 2019). Еуропаның бореалды геожүйелерінде климаттың жылынуы мен CO₂ концентрациясының өсуі қайыңның биомассасы мен фотосинтетикалық белсенділігін арттыратыны, алайда зиянкестерге осалдықты күшейтіп, басқа ағаш түрлерімен бәсекелестікті ұлғайтып және орман жамылғысының құрылымын өзгертетіні анықталған (Silfver et al., 2020). Швецияда климаттық факторлар мен орман шаруашылығын жүргізу әсерінен қайың екпелерінің таралуы мен құрамындағы өзгерістер анықталған (Dubois et al., 2020).

Ұқсас үдерістер Солтүстік Қазақстанның орманды дала аймағында да байқалады, мұнда қайың геожүйелердің орнықтылығының негізгі элементі болып табылады. Фенноскандиямен салыстырғанда, Қазақстандағы екпелер климаттың айқын континенталдығына, температураның жоғары амплитудасына және мерзімдік құрғақшылықтарға ұшырайды. Соған қарамастан, қотыр қайың популяцияларының жоғары бейімделгіштігі мен генетикалық әртүрлілігі оның сәтті бейімделуіне мүмкіндік береді (Bolte et al., 2009). Қазақстандағы қайың ормандарын басқарудың қарқынды бағыттары түрлік әртүрлілікті сақтау, генетикалық ресурстарды қорғау және климаттық өзгерістердің әсерін жұмсарту шараларын енгізу болып табылады (Messier et al., 2013).

Бұл зерттеулердің салыстырмалы нәтижелері Солтүстік Қазақстан облысы жағдайында қайың популяцияларының геожүйелік тұрақтылығын тереңірек бағалауға мүмкіндік беріп, адаптациялық ерекшеліктерді орнықты орман басқару тәжірибесіне енгізу қажеттілігін нақты көрсетеді.

4. Талдау

Зерттеу нәтижелері Солтүстік Қазақстан облысының геожүйелеріндегі орманды дала *Betula pendula* мен *B. pubescens* түрлерінің морфологиялық (биіктігі 25–35 м, таяз тамыр

жүйесі), физиологиялық (СЗ фотосинтез, тәулігіне 250–350 л су буландыру, – 48 °С аязға төзімділік) және экологиялық (пионерлік сукцессия, микориза арқылы өнімділікті 15–25%-ға арттыру) бейімділіктерін растайды. Бұл түрлердің таралуы және адаптациялық стратегиялары тікелей аймақтың ландшафттық құрылымына байланысты. Есіл өзенінің асимметриялық аңғары мен көптеген ойпаң-көлдік қазаншұңқырлардың болуы ылғалды жинақтап, микроклиматтық тұрғыдан қолайлы шоқыларды құрайды, бұл қайың популяцияларының тіршілік етуі үшін қажетті экологиялық орнын қалыптастырады. Аккумуляциялық жазықтардың шалғынды-орманды алқаптарынан денудациялық үстірттердің құрғақ далаларына дейінгі ландшафттық түрлердің фенотиптік икемділігі мен популяциялық дифференциациясының негізгі драйвері болып табылады. Негізінен орманды дала ландшафттарындағы (1-13) топырақ жамылғылары өте қолайлы келеді. Айтылған түрлердің таралуы облыстың жер бедері ерекшеліктерімен тығыз байланысты. Есіл өзенінің кең (10–15 км) асимметриялық аңғары мен оның террасалары (жоғарғы терраса жайылмадан 40–50 м биік) қайың ормандарының шоғырлануына қолайлы ылғалды жағдай қалыптастырады. Дәл осы шағын жер бедері элементтері – ойпаттар, батпақшалар мен өзен жағалаулары қайыңның топырақ-гидрологиялық тепе-теңдікті тұрақтандырудағы рөлін күшейтеді. Бұл түрлер биоалуантүрлілікті сақтауда, ағаш өнеркәсібі мен агроорманмелиорациясында маңызды. Алайда 2000–2024 жылдардың мәліметтері бойынша антропогендік қауіптер қайыңның таралу ауданын 5–7%-ға қысқартты. Шетелдік зерттеулермен салыстырғанда, Солтүстік Қазақстан облысы қайыңдарының континенталды климаттағы жоғары резистенттілігі генетикалық әртүрлілікке байланысты екені расталады. Болашақта ГАЖ-мониторингі, селекция және жасанды орман отырғызуды күшейту ұсынылады.

5. Қорытынды

Солтүстік Қазақстан облысының аймақтық ландшафттарының негізгі ерекшелігі оның орманды дала мен дала ландшафттарының күрделі өзара әрекеттесуінде көрінді. Зерттеу барысында анықталғандай облыстың көп бөлігін орманды дала ландшафттары алып жатыр (1-13 ландшафттар), карта негізінде олардың орналасуы облыстың солтүстік, орталық, батыс, оңтүстігінің басым бөлігін алып жатыр. Ал далалық ландшафт түрлері көбіне оңтүстік шығыс бөлігін қамтиды (14-20 ландшафттар). Бұл өз кезегінде аккумуляциялық жазықтардың шалғынды-орманды алқаптары мен денудациялық сәл толқынды үстірттердің құрғақ далалары арасында топырақ-ылғалдық градиенттер мен микроклиматтық шоқыларды қалыптастырады. Бұл ландшафттық мозаиканың табиғи салдары ретінде облыс аумағында орман жамылғысы фрагменттелген күйде – негізінен қайың шоқылары түрінде таралған. Бұл континенталды климаттың қатты амплитудалы температурасы мен шектеулі жауын-шашын мөлшерімен бірге орманды дала геожүйелерінің өзіндік тұрақтылығын анықтайды. Мұндай климаттық-ландшафттық жағдайға *Betula pendula* (қотыр қайың) және *Betula pubescens* (үлпек қайың) түрлері морфо-физиологиялық (таяз тамыр жүйесі, СЗ фотосинтезі, криотолеранттылық) және экологиялық (пионерлік сипат, микоризалық симбиоз) жоғары бейімделу дәрежесі арқасында сәтті бейімделіп, аймақтың фитоценоздарында басым орын алады, топырақтың құнарлылығын сақтауға, эрозияға қарсы тұруға және биоалуантүрлілікті қолдауға белсенді үлес қосады. Алайда, антропогендік қысымның өсуі және климаттың өзгеруінің әсері орман алқабын тарылтуда, бұл жергілікті экожүйелердің тұрақтылығын қамтамасыз ету мәселесін өзекті етеді. Осыған байланысты, облыстағы қайың ормандарын ұтымды пайдалану және қалпына келтіру үшін келесі іс-шараларды жүзеге асыру қажет: 1) ГАЖ негізінде орман жамылғысының күйін, деградация процестерін және өрт қаупін жүйелі мониторингілеу; 2) ландшафттық жағдайларға бейімделген жергілікті *Betula* тұқымдасының экотиптерін іріктеп, олардың генетикалық әртүрлілігін сақтай отырып, аумақтық аффорестация бағдарламаларын әзірлеу; 3) деградацияланған жерлерде, әсіресе эрозияға ұшыраған беткейлер мен шағын өзен аңғарларында, қайыңды мелиоративтік отырғызуларды кеңейту; 4) орман шаруашылығын геожүйелік тәсілге негіздеп, орман қорын заңсыз кесуге

жол бермеу, сонымен қатар орманды пайдалануды агроорманшылық жүйелермен үйлестіру. Осы шаралардың кешенді іске асырылуы Солтүстік Қазақстан облысының орманды дала ландшафттарының экологиялық тұрақтылығын сақтауға, сондай-ақ өңірдің әлеуметтік-экономикалық дамуына үлес қосуға мүмкіндік береді.

6. Қосымша материалдар: жоқ.

7. Авторлардың үлестер

Жұмыстың тұжырымдамасын жазу және оны сыни тұрғыдан қарау, жұмыс нәтижелерін жинау, талдау және түсіндіру, мақала мәтінін өңдеу, картографиялық мәліметтерді жинақтау және өңдеу - О.Н.; мақала мазмұнын сыни тұрғыдан тексеру, мақаланың соңғы нұсқасын жариялауға бекіту – Қ.Ж.

8. Авторлар туралы ақпарат

Оспан, Нұртілеу – зерттеуші, магистр студенті, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан көш., 13, Астана, Қазақстан, 010000; nurtileuospanov@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0004-4481-2286>

Қарагойшин, Жасқайыр - биология ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан көш., 13, Астана, Қазақстан, 010000; k.zhashaiyr@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7166-4483>

9. Қаржыландыру: Бұл зерттеу сыртқы қаржыландыруды алған жоқ.

10. Алғыстар: жоқ.

11. Мүдделер қақтығыстары: Мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейміз.

12. Әдебиеттер тізімі

1. Abaturon, Y. D., Zvorykina, K. V., & Ilyushchenko, A. F. (1982). Types of birch forests in the central part of the southern taiga (Tipy berezovykh lesov tsentralnoi chasti yuzhnoi taigi in Russian). <https://juu.finna.fi/Record/vaari.2113588?lng=en-gb>
2. Alekseev, P. V. (1997). Reshaping felling and management basics in pyrogenic birch forests of the Middle Volga region (Rubki pereformirovaniya i osnovy khozyaistva v pirogennykh bereznyakakh Srednego Povolzhya in Russian). *Forest Bulletin (Lesnoe khozyaistvo)*, 6, 19–22.
3. Amosova, I. B., & Feklistov, P. A. (2009). Analysis of the anatomical structure of birch wood (Analiz anatomicheskogo stroeniya drevesiny berezy in Russian). *Forest bulletin (Lesnoi vestnik)*, 2(65), 16–19.
4. Angelstam, P. K. (1998). Maintaining and restoring biodiversity in European boreal forests by developing natural disturbance regimes. *Journal of Vegetation Science*, 9(4), 593–602. <https://doi.org/10.2307/3237276>
5. Baisholanov, S. S. (2017). Agro-climatic resources of the North Kazakhstan region: Scientific and applied handbook (Agroklimaticheskie resursy Severo-Kazakhstanskoi oblasti: Nauchno-prikladnoi spravochnik in Russian). <https://ingeo.kz/wp-content/uploads/2017/11.pdf>
6. Beck, E. H., Heim, R., & Hansen, J. (2004). Plant resistance to cold stress: Mechanisms and environmental signals triggering frost hardening and dehardening. *Journal of Biosciences*, 29(4), 449–459. <https://doi.org/10.1007/BF02712118>
7. Bolte, A., Ammer, C., Löf, M., Madsen, P., Nabuurs, G. J., Schall, P., Seidel, D., & Rock, J. (2009). Adaptive forest management in central Europe: Climate change impacts, strategies and integrative concept. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 24(6), 473–482. <https://doi.org/10.1080/02827580903418224>

8. Borovikov, A. M., & Ugolev, B. N. (1989). Wood handbook (Spravochnik po drevesine in Russian). Forest industry (Lesnaya promyshlennost). <https://www.booksite.ru/rusles/29.html>
9. Dubois, M., Lindbladh, M., & Felton, A. (2020). Birch distribution and changes in stand structure in Sweden. *Forest Ecology and Management*, 478, 118517. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118517>
10. Galitskii, V. V. (2001). *Types of final felling in the forests of the North-West of the European part of Russia* (Tipy rubok glavnogo polzovaniya v lesakh Severo-Zapada Evropeiskoi chasti Rossii in Russian) (pp. 115–128), Nauka.
11. Goncharov, V. F. (2010). *Pine forests of the North-West of Russia: Structure, productivity, dynamics* (Sosnovye lesa Severo-Zapada Rossii: Struktura, produktivnost, dinamika in Russian) (pp. 142–155), Arkhangelsk.
12. Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
13. Grigorev, I. V. (2012). Features of growth and development of silver birch seedlings in pine plantations (Osobennosti rosta i razvitiya podrostka berezy ponikloy v kulturakh sosny in Russian). *Bulletin of the Volga State University of Technology. Series: Forest. Ecology. Nature Management* (Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie), 1, 5–11.
14. Hetherington, A. M., & Woodward, F. I. (2003). The role of stomata in sensing and driving environmental change. *Nature*, 424(6951), 901–908. <https://doi.org/10.1038/nature01843>
15. Kozlovskii, B. I. (1985). *Physiology of woody plants* (Fiziologiya drevesnykh rastenii in Russian). (pp. 88–102), Lesnaya promyshlennost.
16. Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J., & Marchetti, M. (2010). Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 259(4), 698–709. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.023>
17. Messier, C., Puettmann, K. J., & Coates, K. D. (Eds.). (2013). *A guide to the ecosystem management of complex forests* (pp. 156–170), Routledge.
18. Nilsson, U., Fahlvik, N., Johansson, U., Lundström, A., & Rosvall, O. (2011). Simulation of the effect of intensive forest management on forest production in Sweden. *Forests*, 2(1), 373–393. <https://doi.org/10.3390/f2010373>
19. Oksanen, E., Kontunen-Soppela, S., Riikonen, J., & Rousi, M. (2019). Birch as a model species for the acclimation and adaptation of northern forest ecosystems to changing environment. *Forest Ecology and Management*, 437, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.01.045>
20. Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). *Mycorrhizal symbiosis* (3rd ed., pp. 189–205), Academic Press.
21. Tileuberdi, B. (2022). Modern technologies of forestry (Orman sharuashylygynyn zamanaui tekhnologiyalary in Kazakh). Ministry of Agriculture of Kazakhstan.
22. Vasilevich, V. I. (1983). *Essays on theoretical phytocenology* (Ocherki teoreticheskoi fitotsenologii) (pp. 62–75), Nauka.
23. Wermelinger, B. (2004). Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus*: A review of recent research. *Forest Ecology and Management*, 202(1–3), 67–82. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.07.018>
24. Zanaga, D., Van De Kerchove, R., De Keersmaecker, W., Souverijns, N., Brockmann, C., Quast, R., & Arino, O. (2021). *ESA WorldCover 10 m 2020 v100* [Dataset]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5571936>
25. Zavalishin, A. V. (1995). *Ecological bases of forest restoration* (Ekologicheskie osnovy vobnovleniya lesov in Russian) (pp. 104–118), Nauka.
26. Zimin, I. V. (1980). *Biological bases of birch cultivation* (Biologicheskie osnovy vyrashchivaniya berezy in Russian) (pp. 54–67), Lesnaya promyshlennost.

Integrative analysis of the adaptation of the genus *Betula* and anthropogenic impact in the forest-steppe landscapes of the North Kazakhstan region

Nurtileu Ospan, Zhaskhaiyr Karagoishin

Abstract. This article reveals the physiological and ecological attributes of birch trees adapted to the harsh continental climate of the North Kazakhstan region. The region's landscapes primarily consist of forest-steppe and steppe zones. The northern part is characterized by meadow-forest landscapes, the central part by typical birch forest-steppes, and the southern part by a distinct steppe character. The highest level of forest cover (up to 20%) is observed in the saline plains of the north. This indicator plays a crucial role in maintaining the ecological balance of the region.

Twenty types of landscapes have been identified in the region, 13 of which belong to the forest-steppe and 7 to the steppe landscape. Fertile chernozems and birch groves (kolks) are widespread in the accumulative plains. In the denudational, slightly undulating plains, southern chernozems and salt marshes are more common, dominated by fescue-feather grass plant communities.

The birch species *Betula pendula* (silver birch) and *Betula pubescens* (downy birch) form the central core of the region's phytocenoses and appear in the form of fragmented "forest groves." Their physiological and ecological adaptation features allow them to exist sustainably within the complex continental climate. Comprehensive study and conservation of birch populations are essential for regulating soil-water balance, preserving biodiversity, and increasing socio-economic importance. Ensuring their ecological stability requires special protection measures, including the use of modern geoinformation technologies. This research is considered a vital step toward effective natural resource management and the minimization of degradation processes.

Keywords: landscape; anthropogenic pressure; climate variability; *Betula pendula* (silver birch); *Betula pubescens* (downy birch); ecosystem resilience; geoinformation technologies.

Интегративный анализ адаптации рода *Betula* и антропогенного воздействия в лесостепных ландшафтах Северо-Казахстанской области

Нуртилеу Оспан, Жасхайыр Карагойшин

Аннотация. В данной статье на основании полевых исследований и ландшафтных данных раскрываются физиологические и экологические атрибуты березы, адаптированной к суровым условиям континентального климата Северо-Казахстанской области. Ландшафты региона в основном состоят из лесостепных и степных зон. Северная часть области характеризуется лугово-лесным ландшафтом, центральная - типичной березовой лесостепью, а южная - выраженным степным характером. Самый высокий уровень лесистости (до 20%) наблюдается на солончаковых равнинах севера области. Этот показатель играет критически важную роль в поддержании экологического баланса региона.

На территории области выявлено 20 типов ландшафтов, 13 из которых относятся к лесостепным, а 7 - к степным. На аккумулятивных равнинах широко распространены плодородные черноземы и березовые колки. На денудационных слабовсхолмленных равнинах чаще встречаются южные черноземы и солончаки, где преобладают типчаково-ковыльные растительные сообщества.

Виды березы *Betula pendula* (береза повислая) и *Betula pubescens* (береза пушистая) являются центральным ядром фитоценозов региона и встречаются в виде фрагментированных «лесных

колков». Их физиолого-экологические адаптационные особенности позволяют им стабильно существовать в условиях сложного континентального климата. Всестороннее изучение и сохранение популяций березы крайне важно для регулирования почвенно-водного баланса, сохранения биоразнообразия и повышения социально-экономической значимости. Обеспечение их экологической устойчивости требует специальных мер защиты, включая использование современных геоинформационных технологий. Данное исследование считается важным шагом, направленным на эффективное управление природными ресурсами региона и минимизацию процессов деградации.

Ключевые слова: ландшафт; антропогенная нагрузка; изменчивость климата; *Betula pendula* (береза повислая); *Betula pubescens* (береза пушистая); устойчивость экосистем; геоинформационные технологии.