





Б.С. Керімбай¹ , Н.Н. Керімбай¹ ,
К.М. Баймырзаев¹ , М.Б. Бахыт^{2*} 

¹І. Жансүгіров атындағы Жетісу университеті, Талдықорған, Қазақстан

² «Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті» (КЕАҚ), Алматы, Қазақстан

*e-mail: m.bakhyt66@gmail.com

ГЕОЖҮЙЕЛЕРДІҢ ФУНКЦИОНАЛДЫҒЫНЫҢ ҚАРҚЫНДЫЛЫҚ ДӘРЕЖЕСІН БАҒАЛАУДАҒЫ ТАБИҒИ-ГЕОГРАФИЯЛЫҚ ФАКТОРЛАР

Қазақстан Республикасында геожүйелердің трансформациясы қарқынды шаруашылық қызметпен тікелей байланысты антропогендік факторлардың, сонымен қатар климаттың ғаламдық жылыну үрдісіне сәйкес жүретін табиғи үдерістердің бірлескен және кешенді ықпалымен айқындалады. Бұл факторлар өзара әрекеттесе отырып, табиғи кешендердің құрылымы мен қызметіне, олардың тұрақтылығы мен бейімделу мүмкіндіктеріне елеулі өзгерістер енгізеді.

Зерттеудің негізгі мақсаты – Қазақстан аумағындағы өзен алабы геожүйелерінің функционалдығының қарқындылық дәрежесіне әсер ететін табиғи-географиялық факторларды жан-жақты анықтау және сол факторлардың маусымдық ырғақтылығын сандық тұрғыдан бағалау. Осы мақсатта «ландшафттың биологиялық тиімділігінің көрсеткіші» әдісі қолданылып, ол Шарын өзені алабының геожүйелерінің мысалында егжей-тегжейлі қарастырылады. Жылумен және ылғалмен қамтамасыз етілу коэффициенттері негізінде геожүйелердің функционалдығы 10°C-тан жоғары ауа температурасының жылдық қосындысы мен жылдық ылғалдылық коэффициентіне сүйене отырып есептелді, бұл табиғи жағдайлардың өнімділік әлеуетін сипаттауға мүмкіндік береді.

Геожүйелердің функционалдығына LandViewer EOSDA цифрлық мониторинг платформасы мен «Қазгидромет» РММ ұзақ мерзімді бақылау деректерінің көрсеткіштері бойынша кешенді талдау жасалды. NDVI және NDWI қашықтықтан зондтау индекстері, сондай-ақ негізгі климаттық параметрлердің жинақталған мәндері арқылы геожүйелердің жылдық циклдің суық-қарлы және вегетациялық кезеңдеріндегі табиғи үдерістерінің ырғақтылығы анықталып, типологиялық тұрғыдан жіктелді. Зерттеу нәтижесінде Шарын өзені алабының әртүрлі физика-географиялық зоналарында орналасқан геожүйелер үшін жылдық циклдің суық-қарлы кезеңі мен вегетациялық кезеңіндегі табиғи үдерістердің маусымдық ырғақтылығының кеңістіктік айырмашылықтары айқындалып, олар функционалдық белсенділік дәрежесі бойынша топтастырылды.

Түйін сөздер: геожүйе, ландшафттардың функционалдығы, температура және ылғалдылық коэффициенті, NDVI, NDWI, жылдық цикл, маусымдық ырғақтылық.

B.S. Kerimbay¹, N.N. Kerimbay¹, K.M. Baimyrzaev¹, M. Bakhyt²

¹Zhansugurov Zhetysu University, Taldykorgan, Kazakhstan

²Non-profit Joint Stock Company «Al-Farabi Kazakh National University», Almaty, Kazakhstan

*e-mail: m.bakhyt66@gmail.com

Natural-Geographical Factors for Assessing the Degree of Intensity of Geosystem Functioning

The transformation of geosystems in the Republic of Kazakhstan is determined by the combined influence of anthropogenic factors associated with intensive economic activity and natural processes driven by global climate warming. Acting together, these drivers substantially modify the structure and functioning of natural complexes, affect their stability, and alter their capacity to adapt to ongoing environmental change.

The aim of this study is to identify the physical and geographical factors that affect the intensity of the functional performance of river-basin geosystems across Kazakhstan and to quantitatively assess the seasonal rhythmicity of these factors. To achieve this aim, the “indicator of landscape biological efficiency” method is applied and examined in detail using the geosystems of the Sharyn River basin as a case study. The functional state of geosystems is evaluated on the basis of heat and moisture supply and is calculated from the annual sum of air temperatures above 10 °C and the annual humidity coefficient, which together characterize the potential productivity of the natural conditions.

The functional dynamics of the geosystems are analysed using indicators derived from the Land-Viewer EOSDA digital monitoring platform and long-term observational data provided by Kazhydromet. By combining the NDVI and NDWI remote-sensing indices with integrated measures of key climatic parameters, the study identifies and classifies the rhythmicity of natural processes during the cold-snow and vegetation phases of the annual cycle. As a result, spatial differences in the seasonal rhythmicity of natural processes are revealed for geosystems located in various physico-geographical zones of the Sharyn River basin, and these geosystems are grouped according to the degree of their functional activity in the cold-snow and vegetation seasons.

Keywords: geosystem, landscape functionality, temperature and humidity coefficient, NDVI, NDWI, annual cycle, seasonal rhythmicity.

Б.С. Керімбай¹, Н.Н. Керімбай¹, К.М. Баймырзаев¹, М.Б. Бахыт^{2*}

¹Жетысуский университет им. И. Жансугурова, Талдыкорган, Казахстан

²НАО «Казахский национальный университет имени аль-Фараби», Алматы, Казахстан

*e-mail: m.bakhyt66@gmail.com

Природно-географические факторы оценивания степени интенсивности функционирования геосистем

Трансформация геосистем на территории Республики Казахстан определяется совместным воздействием антропогенных факторов, связанных с интенсивной хозяйственной деятельностью, а также природных процессов, протекающих в соответствии с глобальным потеплением климата. Эти факторы во взаимосвязи существенно изменяют структуру и функционирование природных комплексов, их устойчивость и способность адаптироваться к современным изменениям окружающей среды.

Цель исследования – выявить природно-географические факторы, влияющие на степень интенсивности функциональности геосистем речных бассейнов на территории Казахстана, и количественно оценить их сезонную ритмичность. Для достижения этой цели применяется метод «показателя биологической эффективности ландшафта», который подробно рассматривается на примере геосистем бассейна реки Чарын. Функциональность геосистем определяется на основе обеспеченности теплом и влагой и рассчитывается по сумме температур воздуха выше 10 °С и годовому коэффициенту увлажнения, что позволяет охарактеризовать потенциальную продуктивность природных условий.

Анализ функционального состояния геосистем выполнен по показателям цифрового мониторинга LandViewer EOSDA и данным наблюдений РГП «Казгидромет». С использованием индексов дистанционного зондирования NDVI и NDWI, а также комплексных характеристик основных климатических параметров определена и классифицирована ритмичность природных процессов в холодно-снежный и вегетационный периоды годового цикла. В результате установлены пространственные различия сезонной ритмичности природных процессов в геосистемах, расположенных в различных физико-географических зонах бассейна реки Чарын, и выполнено их группирование по степени функциональной активности в холодно-снежный и вегетационный сезоны.

Ключевые слова: геосистема, функциональность ландшафтов, коэффициент температуры и влажности, NDVI, NDWI, годовой цикл, сезонная ритмичность.

Кіріспе

Зерттеу жұмысының өзектілігі, климаттың ғаламдық жылыну үдерісінің аймақтық геожүйелерге әсерінің мониторинг мәселесінің маңыздылығымен байланысты. Ғаламдық климаттың өзгеруі жөніндегі үкіметаралық эксперттер тобының (МГЭИК) мәліметтеріне сәйкес, жер бетіндегі ауаның жылдық орташа температурасы 20-шы ғасырдың басынан бастап 0,74°C-қа жоғарылаған, дегенмен бұл кезеңде жылыну тұрақты болмаған. ҚР бойынша, климаттың жылыну қарқыны соңғы 50 жыл аралығында орта есеппен 0,31°C/10 жыл. Ең жоғары өсу қарқыны көктемде байқалады (0,60°C/10 жыл), ең төмені

– қыста (0,11°C/10 жыл). Осы кезең аралығындағы атмосфералық жауын-шашынның жылдық мөлшерінің ұлғаю тенденциясы 4,3 мм/10 жыл. Күзден басқа барлық маусымда атмосфералық жауын-шашын мөлшерінің артуы 1,9 – 3,2 мм/10 жыл (О состоянии окружающей среды РК: информ. бюл. / РГП «Казгидромет». 2019:354; Керімбай, 2023).

Табиғи-аумақтық кешеннің (ТАК) өзгеруінің үш деңгейі: функционалдығы, динамикасы және дамуы (эволюциясы). Осы үш деңгейдің бірі – функционалдығы, геожүйенің циклдік өзгерістері, яғни тәуліктік, маусымдық және жылдық ырғақтары, энергия мен зат алмасу, қозғалыс және өзгеру үдерістерінің жиынтығы. Геожүйелердің

функционалдығының маңызды үдерістері маусымдық динамикамен, ылғал айналымы, топырақ түзілуі, заттардың биологиялық айналымы – ең алдымен жылумен және ылғалмен қамтамасыз етілуімен, яғни геожүйелерге күн жылуы мен белсенді ылғалдың енуімен анықталады. Жылдық циклдің климаттық жағдайлары ландшафттардың бет-бейнесін, олардың маусымдық ырғағына сәйкес динамикасын құрайды. Демек, маусымдық климаттық ырғақ, әсіресе жылдық циклдің вегетациялық кезеңіндегі (ЖЦВК) ырғағы олардың дамуындағы жетекші үрдіс болып табылады (Сочава, 1978; Исаченко, 1991, Корытний, 2001).

Жылдық цикл дамудың толық шеңберін құрайтын өзара байланысты үдерістердің, құбылыстардың жиынтығын сипаттайды. Осыған сәйкес циклдік өзгергіштік дегеніміз – бұл геожүйенің күйінің өзгеруі, және кез келген уақыт аралығында бұрын болған күйге қайта оралуы. Ырғақ – климаттың, су мен биотаның тіршілігі мен әрекетінің, күйінің тәулікке және жыл маусымдарына сәйкес өзгергіштігі, кеңістіктік-уақыттық динамикасының негізгі сипаттамасы. Табиғи құбылыстардың белгілі бір уақыт кезеңінде кеңістікте кезектесіп ауысып отыруы (тыныс алу, биоөнімділік). Яғни, геожүйенің функционалдығы негізінен белгілі бір дәйектілікпен қайталанып отыратын, айрықша құрылымымен және тіршілігімен ерекшеленетін геожүйенің тәуліктік, маусымдық, жылдық өзгергіштігі (Возовик, 1970; Окишева, Филандышева, 2015). Жылдық циклдің кезеңдерінің құрылымы жыл құрамына кіретін маусымдардың саны, ал маусымның құрылымы – оған кіретін фазалар саны, әр маусымда үш фаза бар (Рутковская, Окишева, Филандышева, 1983).

Алынған нәтиже бойынша, Шарын өзені алабында ағындының әртүрлі зоналарында орналасқан геожүйелердің жылдық циклдің суық-қарлы кезеңі (ЖЦСҚК) мен ЖЦВК-дегі табиғи үдерістерінің маусымдық ырғағы анықталып, жіктелді.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Геожүйелердің функционалдық динамикасын зерттеулердің ажырамас бөлігі – өсімдік жамылғысының жай-күйін зерттеу болып табылады. LandViewer веб-шолғышында қолданылған NDVI (қалыпты жағдайдағы вегетация индексі) бүкіл әлемде кез-келген сәтте өсімдік жамыл-

ғысының салыстырмалы тығыздығын, NDWI (қалыпты жағдайдағы ылғал индексі) топырақтың беткі қабатының және тамырының түбірлік зонасының ылғалдылығы арқылы жай-күйін көрсету үшін қолданылады (Gu, Brown, Verdin, 2007; Horion, Fensholt, Tagesson, Ehammer, 2014). Басқа индекстермен салыстырғанда, NDVI өсу мен өсімдік жамылғысының ең жақсы көрсеткіші болып табылады және қоршаған орта мен климаттың өзгеруін зерттеуде кең ауқымды қолданбаларға ие. NDVI қашықтықтан зондтау кескіндерін талдау мен қоршаған ортаны зерттеуде маңызды және кеңінен қолданылатын көрсеткішке айналды (Liu, Zhang, Wang, & Li, 2023). Шарын өзені алабының геожүйелерінің 2016-2024 жж. аралығындағы функционалдық динамикасын анықтау, аталған модульде өңдеуден өтті (EOS Data Analytics <https://eos.com/landviewer/>). Геожүйелердің функционалдығының қарқындылық дәрежесін анықтау үшін қолданған әдіс-тәсілдер мен зерттеу кезеңдері 1-суретте көрсетілді.

Интегралды физикалық-географиялық үдерістерге тек жылу мен су балансының сыртқы үдерістері ғана емес, сонымен қатар геожүйелердің құрамдас бөліктері арасындағы кіріс және шығыс байланыстарымен байланысты биогендік және абиогендік айналымдардың ішкі үдерістері де жатады (Жучкова, Раковская, 2004; Мамай, 2005). Шарын өзені алабы геожүйелерінің функционалдық қарқындылық дәрежесін талдау барысында ағынның әртүрлі зоналарындағы ландшафттар арасындағы алмасу байланыстарының ағындары ескерілді.

Геожүйелердің функционалдығының қарқындылық дәрежесін анықтау үшін, ең алдымен, жылумен және ылғалмен қамтамасыз етілуінің бастапқы параметрлерін анықтау қажет. Мұндай параметрді іздеуге әр түрлі тәсілдер қолайлы, соның ішінде, 10°C-тан жоғары температураның (Т), жылдық ылғалдылық коэффициентіне (К) қосындысын «ландшафттың биологиялық тиімділігінің көрсеткіші» ретінде алынады. Мұнда К-ның шекті мәні 1,0 деп қабылданады, себебі ылғалданудың одан әрі артуы биологиялық өнімділікке және ландшафттың жалпы функционалдығына оң әсер етпейді. ТК-ның ең жоғарғы мүмкін мәні транзиттік ағын аймағында 100% құрайды, мұнда орманды және орманды-шалғынды ландшафттар басым. Сондықтан қалған барлық мәндер осы максимумға пайыздық қатынаста көрсетіледі (Иванов, 1962).

1-сурет

Геожүйелердің функционалдығының қарқындылық дәрежесін анықтау үшін қолданған әдіс-тәсілдер мен зерттеу кезеңдері



Ескерту: автор құрастырған.

ТК есептеулерінде Шарын өзені алабында орналасқан Қырғызсай, Кеген және Нарынқол метеостанцияларынан алынған орташа декадалық ауа температурасы және жауын-шашын мөлшерінің деректері пайдаланылды (О состоянии окружающей среды РК: информ. бюл. / РГП «Казгидромет», 2019).

Алынған нәтижелер 1–10-кестелерде беріліп, олар ірі таксономиялық бірліктер – гео-

жүйелер бойынша ТК мәндерінің кему ретімен жинақталды. Кестелер ТАК-дің табиғи үдерістерінің маусымдық ырғағын анықтау әдісіне сәйкес ЖЦСҚК және ЖЦВК фазалары бойынша құрылды. Геожүйелердің функционалдығының зерттеу деректері және олардың қарқындылығының ТК көрсеткіштерімен ағын зоналары бойынша маңызды жіктемесі құрылды.

1-кесте

Шарын өзені алабының ЖЦСҚК-нің қысалды, қоңыржай-аязды, аязды қыс фазаларының орташа декадалық ауа температурасы, °С

Станция	қараша			желтоқсан			қаңтар		
	декадалар			декадалар			декадалар		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Қырғызсай	2.7	0.4	-1.6	-2.0	-3.7	-5.0	-5.4	-5.6	-5.8
Кеген	-1.3	-3.8	-6.3	-7.0	-8.6	-10.4	-11.4	-11.3	-11.3
Нарынқол	-1.0	-3.7	-6.7	-8.1	-9.6	-11.4	-12.3	-12.5	-12.6

«Қазгидромет» РММ мәліметтері негізінде орындалды

Ескерту: автор құрастырған.

2-кесте

Шарын өзені алабының ЖЦСҚК-нің көктемалды, қар еру фазаларының орташа декадалық ауа температурасы, °C

Станция	ақпан			наурыз		
	декадалар			декадалар		
	I	II	III	I	II	III
Қырғызсай	-5,1	-4,7	3,4	-2,0	1.1	4.4
Кеген	-10.2	-9.7	-8.3	-5.8	-3.1	0.1
Нарынқол	-11.5	-10.6	-9.5	-6.7	-3.4	0.4
«Қазгидромет» РММ мәліметтері негізінде орындалды						

Ескерту: автор құрастырған.

3-кесте

Шарын өзені алабының ЖЦВК-нің көктемнің басталуы, жазалды фазаларының орташа декадалық ауа температурасы, °C

Станция	сәуір			мамыр		
	декадалар			декадалар		
	I	II	III	I	II	III
Қырғызсай	6.8	10.1	11.3	13.3	14.2	15.9
Кеген	2.1	5.1	6.5	8.1	9.1	10.8
Нарынқол	3.3	6.6	8.2	9.7	10.3	11.8
«Қазгидромет» РММ мәліметтері негізінде орындалды						

Ескерту: автор құрастырған.

4-кесте

Шарын өзені алабының ЖЦВК-нің қоңыржай-жылы, қоңыржай-ыстық, жаздың баяулауы фазаларының орташа декадалық ауа температурасы, °C

Станция	маусым			шілде			тамыз		
	декадалар			декадалар			декадалар		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Қырғызсай	17.6	18.6	20.2	21.2	21.5	22.0	21.7	21.5	19.6
Кеген	12.1	12.8	14.2	14.9	15.2	15.5	15.3	14.9	12.9
Нарынқол	13.1	13.6	14.9	15.5	16.0	16.3	16.2	15.9	14.2
«Қазгидромет» РММ мәліметтері негізінде орындалды									

Ескерту: автор құрастырған.

5-кесте

Шарын өзені алабының ЖЦВК-нің күздің түсуі, қоңыр күз фазаларының орташа декадалық ауа температурасы, °C

Станция	қыркүйек			қазан		
	декадалар			декадалар		
	I	II	III	I	II	III
Қырғызсай	6.8	10.1	11.3	13.3	14.2	15.9
Кеген	2.1	5.1	6.5	8.1	9.1	10.8
Нарынқол	3.3	6.6	8.2	9.7	10.3	11.8
«Қазгидромет» РММ мәліметтері негізінде орындалды						

Ескерту: автор құрастырған.

6-кесте

Шарын өзені алабындағы ЖЦСҚК-дегі қысалды, қоңыржай аязды, аязды қыс фазаларының орташа декадалық жауын-шашын мөлшері, мм

Станция	қараша			желтоқсан			қаңтар		
	декадалар			декадалар			декадалар		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Қырғызсай	11	9	7	6	7	6	5	5	6
Кеген	7	6	4	4	4	5	3	3	3
Нарынқол	8	7	6	4	5	4	4	3	4

«Қазгидромет» РММ мәліметтері негізінде орындалды

Ескерту: автор құрастырған.

7-кесте

Шарын өзені алабындағы ЖЦСҚК-дегі көктемалды, алғашқы көктем-қар еру фазаларының орташа декадалық жауын-шашын мөлшері, мм

Станция	ақпан			наурыз		
	декадалар			декадалар		
	I	II	III	I	II	III
Қырғызсай	5	5	6	8	9	14
Кеген	3	3	2	4	5	7
Нарынқол	3	5	3	6	6	8

«Қазгидромет» РММ мәліметтері негізінде орындалды

Ескерту: автор құрастырған.

8-кесте

Шарын өзені алабындағы ЖЦВК-нің көктемнің басталуы, жазалды фазаларының орташа декадалық жауын-шашын мөлшері, мм

Станция	сәуір			мамыр		
	декадалар			декадалар		
	I	II	III	I	II	III
Қырғызсай	13	16	19	16	20	20
Кеген	8	13	13	17	19	20
Нарынқол	9	13	14	17	19	21

«Қазгидромет» РММ мәліметтері негізінде орындалды

Ескерту: автор құрастырған.

9-кесте

Шарын өзені алабындағы ЖЦВК-нің қоңыржай-жылы, қоңыржай-ыстық, жаздың баяулауы фазаларының орташа декадалық жауын-шашын мөлшері, мм

Станция	маусым			шілде			тамыз		
	декадалар			декадалар			декадалар		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Қырғызсай	19	18	14	15	16	12	10	8	9
Кеген	24	22	21	24	25	17	16	15	15
Нарынқол	20	19	21	23	19	16	17	14	15

«Қазгидромет» РММ мәліметтері негізінде орындалды

Ескерту: автор құрастырған.

10-кесте

Шарын өзені алабындағы ЖЦВК-нің күздің түсуі, қоңыр күз фазаларының орташа декадалық жауын-шашынның мөлшері, мм

Станция	қыркүйек			казан		
	декадалар			декадалар		
	I	II	III	I	II	III
Қырғызсай	8	9	11	10	12	12
Кеген	12	12	13	11	9	9
Нарынқол	12	10	11	10	8	10

«Қазгидромет» РММ мәліметтері негізінде орындалды

Ескерту: автор құрастырған.

Осы мәліметтерге сәйкес, Шарын өзені алабындағы жылдық циклдің маусымдық ырғақтарының алаптық үрдісі анықталды. Шарын өзені алабының геожүйелерінің функционалдығының салыстырмалы қарқындылық дәрежесін (%) анықтағанда, климаттың негізгі элементтерінің кешені: ауаның температурасы мен ылғалдылығы, топырақтың беткі қабатының және төменгі өсімдіктің тамыры қабатының ылғалдылығы, өсімдіктің жалпы өнімділігі, NDVI және NDWI индекстері ескерілді (Керімбай Н., Керімбай Б., 2023).

Зерттеу нәтижелері және талқылау

ЖК-нің максималды мүмкін мәні орманды және орманды-шалғынды ландшафттары басым ағындының қалыптасу зонасы (АҚЗ) мен ағындының транзиттік зонасы (АТрЗ) 100% құрайды, сондықтан барлық басқа мөндер максимумға пайыздық қатынаста көрсетілді.

Шарын өзені алабы геожүйелерінің функционалдығының салыстырмалы қарқындылық дәрежесін анықтағанда (кесте 11) осы мәлімет-

терге сүйемелдеу жасалды. Бір зерттеудің шеңберінде геожүйелердің функционалдығының барлық тізбегіндегі қарқындылық дәрежесін егжей-тегжейлі қарастыру мүмкін емес. Сондықтан жалпы салыстырмалы бағалаумен шектелдік.

Шарын өзені алабы геожүйелерінің функционалдығының салыстырмалы қарқындылық дәрежесінің ең төменгі IV-ші дәрежесі АҚЗ-ғы Жоғарғышарын мезогеожүйесінің биіктігі 3700-4059 м гляциал-нивал белдеуіне тән. Бұл ландшафттар тасты, әлсіз дамыған топырақ жамылғысы аздаған телімдерде ғана кездесетін, жылдық орташа жауын-шашын мөлшері 15-17 мм, ең жоғарғы NDVI индексі 0,25 ЖЦВК-нің жаздың баяулау фазасының бірінші онкүндігіне тән, биіктаудың құрғақ климатымен сипатталады. Эчкелиташ, Чон-Джаналач өзендері алабының биіктаулы ландшафты қатты тілімденген, беткейлерінің экспозициясы С,СБ-,О,ОШ,Ш, еңістігі 37-63⁰ жер бедері альпілік пішіндегі, қазіргі заманғы мұзбасу фрагменттері бар, мүк-қынамен жабындалған, бірлі-жарым өсімдікті (2-сурет).

11-кесте

Шарын өзені алабы геожүйелерінің функционалдығының салыстырмалы қарқындылық дәрежесінің көрсеткіштері (%)

Геожүйелер	Ағынды зонасы	Биіктік белдеуі	ФҚД	ЖК	ТБЫ	ТҒЫ	NDVI	NDWI
Жоғарғышарын	Ағындының қалыптасу зонасы (АҚЗ)	Нивал-гляциал белдеуі	IV	10	-	-	0,0	-
		Альпілік шалғын	IV	10	14,56	16,81	0,1	-
		Субальпілік шалғын	II	70	23,94	19,34	0,5	-0,03
		Орманды шалғынды беткейлер	I	90	34,56	26,81	0,7	-0,03

Геожүйелер	Ағынды зонасы	Биіктік белдеуі	ФҚД	ЖК	ТБЫ	Тты	NDVI	NDWI
Кеген	АҚЗ	Орманды беткейлер	I	90	24,99	20,95	0,6	-0,03
		Тауішілік ылғалды ойыс	II	70	22,3	18,02	0,5	-0,04
Ортаңғышарын	АТрЗ	Орманды-шалғынды жайылма	I	97	35,42	27,27	0,8	-0,3
	Ағындының сыналау зонасы (АСЗ)	Тауалды жазығы	II	65	17,98	15,35	0,5	-0,03
	Ағынды сыз зона	Шөлейт	III	40	10,05	12,81	0,3	-0,05
Төменгішарын	Ағындының таралу зонасы (АТЗ)	Шөл	III	20	8,87	8,68	0,4	-0,06

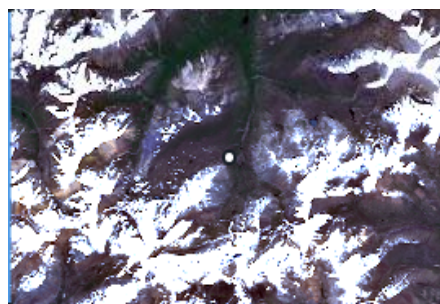
Ескертулер:

1. Н.Н. Ивановтың әдістемесіне сүйемелденіп, EOS DA с.п. мәліметтері негізінде орындалды
2. ФҚД – функционалдығының қарқындылық дәрежесі
3. ЖК – жылумен және ылғалмен қамтамасыз етілу коэффициенті (Н.Н. Иванов бойынша, климаттың биологиялық тиімділігінің көрсеткіші)
4. ТБЫ – топырақтың беткі қабатының ылғалдылығы
5. Тты – топырақтың төменгі қабатының ылғалдылығы
6. NDVI – қалыпты жағдайдағы вегетациялық индексі
7. NDWI – қалыпты жағдайдағы су индексі

Ескерту: автор құрастырған.

2-сурет

Геожүйелердің функционалдығының салыстырмалы қарқындылық дәрежесінің ең төменгі IV-ші дәрежесі тән АҚЗ-дағы Эчкелташ биіктаулы ландшафтының гляциал-нивал белдеуінің гарыштық суреттері: а – табиғи түсте; б – 3D визуализация. 06.07.2020 ж. (Sentinel-2)



а



б

Ескерту: автор құрастырған.

Ал Көкжар өзені алабының бастауындағы биіктаулы ландшафтары беткейлерінің экспозициясы С, СБ, Б, еңістігі 37-63⁰, жер бедері ежелгі мұздықты, гранитоидтермен және диориттермен жабындалған, альпілік шалғынды, сирек өсімдікті әлсіз дамыған қаңқалы топырағымен сипатталады. Қарқара өзенінің оңтүстігіндегі

Желқарқара саласының бастауындағы Басқарқара биіктаулы, беткейлерінің экспозициясы С,СБ,О,ОБ,Б, еңістігі 37-63⁰, қазіргі заманғы мұздандудың шағынды аумақтары бар, мүк-қынамен жабындалған, теңгежапырақты-кобрезиялы шалғынды сирек өсімдікті. Жоғарғы-Қарқара биіктаулы ландшафты гранитоидтермен және

диориттермен жабындалған, жұрнақты тегістелу беттері нивальды-шалғынды.

Бұл ландшафттардың функционалдығының салыстырмалы қарқындылық дәрежесінің ең төменгі IV-ші дәрежесі, жылумен және ылғалмен қамтамасыз етілу коэффициентінің төмендігімен, биіктаудың құрғақ климатымен байланысты.

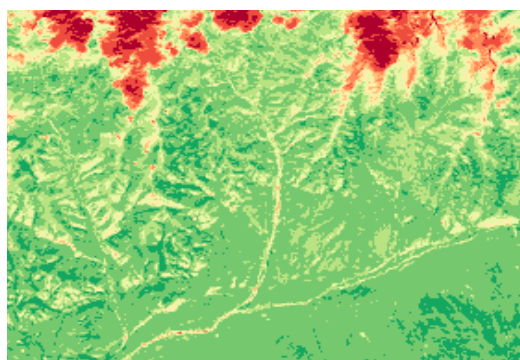
Салыстырмалы қарқындылықтың төменгі III-ші дәрежесі, Ортаңғышарын мезогеожүйесіндегі Сөгеті аңғарына, Үлкен Бөгеті, Торайғыр тауалды ағындысыз және Темірлік тауалды шөлейтті жазықтарына тән. Бұл шаруашылықта пайдаланылмайтын, өсімдікке кедей, тасты-шакпатасты сұр-қошқыл топырақты аумақтар. Абсолютті биіктігі 1200-ден 1900 м-ге дейінгі, беткейлерінің экспозициясы О,ОШ, еңістігі

4-7°, бұл аумақтар порфириттермен, әктастармен, конгломераттармен және құмтастармен жабындалған. Бұл геожүйелердің ландшафттарына жер үсті ағындылары әсер етпейді. Бұлардан басқа АТЗ-ның шөлді жазықтарына да салыстырмалы қарқындылықтың төменгі дәрежесі тән.

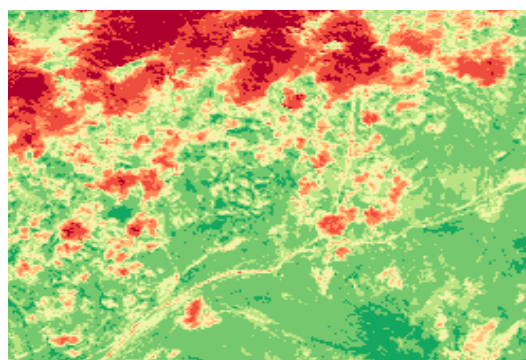
Геожүйелердің функционалдығының салыстырмалы қарқындылығының орташа II-ші дәрежесі Жоғарғышарын мезогеожүйесіндегі АҚЗ-ғы биіктаулы, ортатаулы субальпілік шалғындарға, ағындының сыналау зонасындағы тауішілік ылғалды ойыстардың және Кеген, Шалкөде, Қарқара тауаралық жазықтарының орманды беткейлерінің ландшафттарына тән екені анықталды (3-сурет). Орташа жылдық жауын-шашын мөлшері 397 мм.

3-сурет

Геожүйелердің функционалдығының салыстырмалы қарқындылық дәрежесінің төменгі III-ші дәрежесі тән АҚЗ-дағы Шалкөдесу ортатаулы ландшафтының NDTV гарыштық суреттері: а – 2020; ө – 2019 (Sentinel-2)



а



ө

Ескерту: автор құрастырған.

Геожүйелердің функционалдығының салыстырмалы қарқындылығының жоғарғы I-ші дәрежесі Сарытоғай қонысындағы АТрЗ-ғы орманды-шалғынды жайылмаларға (орташа жылдық жауын-шашын мөлшері 397 мм), Жоғарғышарын мезогеожүйесі АҚЗ-ғы орманды беткейлерге, биіктаулы шалғынды-далалы, ортатаулы орманды-шалғынды-далалы ландшафттарға тән екені анықталды. Бұл Күнгей Алатауының биіктігі 2600-2800м, беткей экспозициялары ССБ, еңістігі 31-36°, Шет Мерке, Орта Мерке және Кенсу өзендерінің аңғарларындағы биіктаулы қылқан жапырақты орманды және орманды-шалғынды

ландшафттары. Орташа жылдық жауын-шашын мөлшері 600 мм.

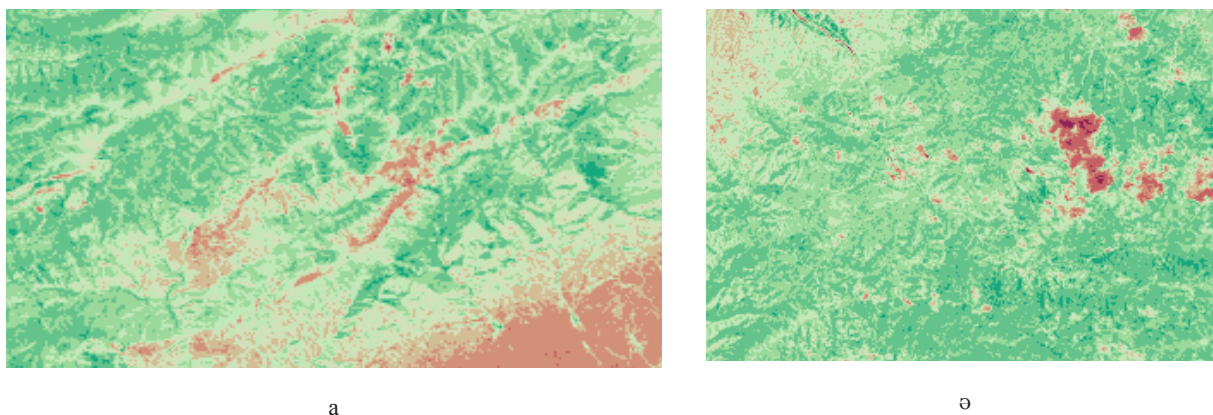
Ортатаулы орманды-шалғынды дала ландшафттары еңістігі 26-30°, абсолютті биіктігі 1600-2800 м Кетмен, Құлықтау, Басұлытау, Елшін Бүйрек, Тізген-Қаратау жоталарының солтүстік беткейлерінде жақсы дамыған (4-сурет). Мұнда шығысқа қарай жылжыған сайын орманның төменгі шекарасы 2000-2200 м биіктікке дейін өседі және шыршаның ағашқұрамы сиректей бастайды. Бұл шығысқа қарай климаттың жалпы құрғақшылығының жоғарылайтынын көрсетеді. Қылқан жапырақты

өсімдіктердің таралуының жоғарғы шегі 2900-3000 м биіктікке жетеді. Бұл ландшафттарда орманды шалғындар жоталар мен таулардың

ССБ беткейлерінде, ал оңтүстік және оңтүстік-батыс беткейлерде орманды-дала алқаптары дамығын.

4-сурет

Геожүйелердің функционалдығының салыстырмалы қарқындылық дәрежесінің төменгі І-ші дәрежесі тән ағынның сынау зонасындағы Батыс-Кетмен ортатаулы ландшафтының ғарыштық суреттері: а – 2019; ө – 2020 (Sentinel-2)



Ескерту: автор құрастырған.

Геожүйелердің функционалдығының салыстырмалы қарқындылығының жоғарғы дәрежесі тән, Ортаңғышарын мезогеожүйесіндегі АТрЗ-ғы (абсолюттік биіктігі 670 м) орманды-шалғынды жайылмалар, ағынды тасымалдау арна маңы бұталы-алуаншөпті-астық тұқымдасты шалғынды, шаған шоқтоғайлы-тораңғылы өсімдікті аллювиалды-тоғайлы топырақты ландшафттарымен сипатталады. Өзеннің төменгі жайылмасында арна маңы беліндегі шырғанақты-талды-итмұрынды, итмұрынды-бұталы және теректі-соғды шағаны қауымдастығынан тұратын аллювиалды-тоғайлы топырағы, өзеннің жоғарғы жайылмасы ойпаң-аласа еңісті алқаптары Соғды шағаны шоқ тоғайлары.

Шарын өзені алабы геожүйелерінің функционалдығының салыстырмалы қарқындылық дәрежесінің осындай алуандық ерекшелігі, оңтүстік бөлігіне биіктік белдеулері, ал солтүстік бөлігіне шөлейтті және шөлді жазық тән болғандығымен түсіндіріледі. Табиғи үдерістердің тәуліктік және маусымдық ырғақтары ЖЦСҚК мен ЖЦВК-нің әр фазасындағы өзгергіштігі физикалық-географиялық ерекшеліктерімен байланысты.

Алаптың атмосфералық жауын-шашын көрсеткіштерінің таралуы біркелкі емес, ол аумақтың биіктігіне, бедеріне және беткейлер экспозициясы әсеріне, яғни физикалық-географиялық

жағдайларымен анықталады. Алаптың таулы бөлігінде жер бедерінің биіктігі жоғарылаған сайын және беткейлер экспозициясының әсеріне байланысты ылғалдылық пен жауын-шашын мөлшерінің жоғарылауы байқалады.

Шарын өзені алабының ЖЦСҚК-дегі ең суық аязды қыс фазасында ауаның орташа температурасы солтүстігіндегі жазықта -6° , оңтүстігіндегі тауларда -12° , тауішілік жазықта -11° С-қа дейін. ЖЦВК-дегі ең жылы қоңыржай ыстық жаз фазасында ауаның орташа температурасы жазықта $+21^{\circ}$ С, тауларда $+16^{\circ}$ С, тауішілік жазықта $+15^{\circ}$ С-қа дейін. Алаптың климаты дамыған температуралық инверсиямен сипатталады, яғни ауа температурасы биіктік жоғарылаған сайын төмендейді.

Қорытынды

Зерттеу нәтижелері Шарын өзені алабы геожүйелерінің функционалдығының қарқындылық дәрежесі табиғи-географиялық факторларға тікелей тәуелді екенін көрсетті. Жылуден және ылғалмен қамтамасыз етілу коэффициенттері, топырақтың беткі және төменгі қабатының ылғалдылығы, NDVI және NDWI индекстері геожүйелердің маусымдық ырғақтылығын сипаттайтын негізгі көрсеткіштер ретінде анықталды.

- ең төменгі IV дәрежелі қарқындылық биіктаулы нивальды-гляциалды белдеулерге тән, мұнда климаттың құрғақтығы мен топырақтың әлсіз дамуы басты шектеуші фактор болып табылады;

- төменгі III дәрежелі қарқындылық тауалды шөлейтті және шөлді жазықтарда байқалды, бұл аймақтарда өсімдік жамылғысы сирек, жер үсті ағындары әсер етпейді;

- орташа II дәрежелі қарқындылық субальпілік шалғындар мен тауішілік ылғалды ойыстарда анықталды, мұнда жауын-шашын мөлшері салыстырмалы түрде жоғары;

- жоғарғы I дәрежелі қарқындылық орманды-шалғынды жайылмалар мен биіктаулы орманды беткейлерге тән, мұнда климаттық жағдайлар мен ылғалдану деңгейі биологиялық өнімділікті қолдайды.

Геожүйелердің функционалдығының қарқындылық дәрежесінің кеңістіктік айырмашылықтары алаптың физикалық-географиялық ерекшеліктерімен, яғни биіктік белдеулерімен, бедердің морфологиясымен және беткейлер экспозициясымен түсіндіріледі. Атмосфералық жауын-шашынның біркелкі таралмауы мен температуралық инверсияның айқын байқалуы геожүйелердің маусымдық ырғақтылығына тікелей әсер етеді.

Бұл зерттеу нәтижелері Қазақстандағы өзен алабы геожүйелерін кешенді бағалауда қолдануға болатын теориялық үлгі ұсынады. Оның практикалық маңызы мына бағыттарда көрінеді:

- Климаттық және гидрологиялық мониторингте – табиғи үдерістердің маусымдық ырғақтылығын болжауға мүмкіндік береді.

- Жер ресурстарын басқаруда – топырақтың ылғалдылығы мен өсімдік жамылғысының жағдайын бағалау ауыл шаруашылығы мен жерді тиімді пайдалануға бағыт береді.

- Экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз етуде – шөлейтті және шөлді аумақтарда табиғатты қорғау шараларын күшейту қажеттілігін көрсетеді.

- Туризм мен рекреацияны жоспарлауда – жоғары функционалдығы бар орманды-шалғынды ландшафттар табиғи-рекреациялық әлеуетті арттыруға мүмкіндік береді.

- Ғылыми-әдістемелік үлгі ретінде – басқа өзен алаптарының геожүйелерін кешенді бағалауда әмбебап тәсіл ретінде қолдануға болады.

Жүргізілген зерттеу геожүйелердің функционалдығының қарқындылық дәрежесін айқындауда табиғи-географиялық факторлардың шешуші мәнге ие екенін көрсетті. Алынған нәтижелер теориялық үлгі ретінде де, қолданбалы тәжірибеде де маңызды ғылыми негіз болып табылады.

Мүдделер қақтығысы

Авторлар мүдделер қақтығысының жоқ екенін мәлімдейді.

Авторлардың үлесі:

Тұжырымдаманы әзірлеу – Б.С. Керімбай және Н.Н. Керімбай; Әдіснама – Х.Х.; Бағдарламалық қамтамасыз ету – Н.Н. Керімбай; Валидация – Б.С. Керімбай, Н.Н. Керімбай және К.М. Баймырзаев; Формалды талдау – К.М. Баймырзаев; Зерттеу – Н.Н. Керімбай; Ресурстар – К.М. Баймырзаев; Деректерді өңдеу – Б.С. Керімбай; Мақаланың бастапқы нұсқасын жазу – Н.Н. Керімбай; Қарау және редакциялау – К.М. Баймырзаев¹; Визуализация – Б.С. Керімбай; Ғылыми жетекшілік – Б.С. Керімбай; Жобаны басқару – Н.Н. Керімбай; Қаржыландыруды тарту – Б.С. Керімбай

Әдебиеттер

- Алякринский, Б. С., & Степанова, С. И. (1985). *По закону ритма*. Москва: Наука.
- EOS Data Analytics. (2025, November 24). *LandViewer*. <https://eos.com/landviewer/>
- Gu, Y., Brown, J. F., Verdin, J. P., & Wardlow, B. (2007). A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States. *Geophysical Research Letters*, 34(L06407), 1–6. <https://doi.org/10.1029/2006GL029127>
- Horion, S., Fensholt, R., Tagesson, T., & Ehammer, A. (2014). Using earth observation-based dry season NDVI trends for assessment of changes in tree cover in the Sahel. *International Journal of Remote Sensing*, 35(7), 2493–2515. <https://doi.org/10.1080/01431161.2014.883104>
- Исаченко, А. Г. (1991). *Ландшафтоведение и физико-географическое картографирование*. Москва: Высшая школа.
- Иванов, Н. Н. (1962). Показатель биологической эффективности климата. *Известия ВГО*, 94(1), 65–70.
- Казгидромет. (2019). *О состоянии окружающей среды РК: информационный бюллетень* (№ 1(73)). Нур-Султан: РГП «Казгидромет».

- Керімбай, Н. Н., & Керімбай, Б. С. (2023). *Жерді қашықтықтан зондылауды геоақпараттық технологиялар әдістерімен талдау*. Алматы: Дарын.
- Керімбай, Б. С. (2023). *Шарын өзені алабы геоэкологиясының дамуының динамикалық тенденциялары*. Алматы: Дарын.
- Корытный, Л. М. (2001). *Бассейновая концепция в природопользовании*. Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН.
- Liu, Y., Zhang, J., Wang, H., & Li, X. (2023). Analysis of the spatiotemporal characteristics and influencing factors of the NDVI based on the GEE cloud platform and Landsat images. *Remote Sensing*, 15(20), 4980. <https://doi.org/10.3390/rs15204980>
- Мамай, И. И. (2005). *Динамика и функционирование ландшафтов*. Москва: Изд-во МГУ.
- Окишева, Л. Н., & Филандышева, Л. Б. (2015). *Временная динамика и функционирование ландшафтов Западной Сибири*. Томск.
- Рутковская, Н. В., Окишева, Л. Н., & Филандышева, Л. Б. (1983). Опыт использования посуточного годового хода дефицита влажности воздуха в характеристике ландшафтных зон Западно-Сибирской равнины. В *Вопросы географии Сибири* (Т. 15, с. 27–39). Томск.
- Сочава, В. В. (1978). *Введение в учение о геосистемах*. Новосибирск: Наука.
- Возовик, Ю. И. (1970). О повторяемости событий в процессе развития ландшафтов во времени. В *Ритмы и цикличность в природе* (с. 3–4). Москва: Мысль.
- Жучкова, В. К., & Раковская, Э. М. (2004). *Методы комплексных физико-географических исследований*. Москва: Academia.

References

- Alyakrinskiy, B. S., & Stepanova, S. I. (1985). По закону ритма [По закону ритма]. Nauka.
- EOS Data Analytics. (2025, November 24). LandViewer. <https://eos.com/landviewer/>
- Gu, Y., Brown, J. F., Verdin, J. P., & Wardlow, B. (2007). A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States. *Geophysical Research Letters*, 34(L06407), 1–6. <https://doi.org/10.1029/2006GL029127>
- Horion, S., Fensholt, R., Tagesson, T., & Ehammer, A. (2014). Using earth observation-based dry season NDVI trends for assessment of changes in tree cover in the Sahel. *International Journal of Remote Sensing*, 35(7), 2493–2515. <https://doi.org/10.1080/01431161.2014.883104>
- Isachenko, A. G. (1991). *Ландшафтоведение и физико-географическое картографирование* [Ландшафтоведение и физико-географическое картографирование]. Vysshaya shkola.
- Ivanov, N. N. (1962). *Показатель биологической эффективности климата* [Показатель биологической эффективности климата]. *Izvestiya VGO*, 94(1), 65–70.
- Kazgidromet. (2019). О состоянии окружающей среды РК: информационный бюллетень, № 1(73) [О состоянии окружающей среды РК: информационный бюллетень, № 1(73)]. RGP «Kazgidromet».
- Kerimbay, N. N., & Kerimbay, B. S. (2023). Zherdi qashyqytqan zondylaudy geoaqqarattyq tekhnologiyalar әдістерімен талдау [Жерді қашықтықтан зондылауды геоақпараттық технологиялар әдістерімен талдау]. Daryn.
- Kerimbay, B. S. (2023). Sharyn özeni alaby geozhüyeleriniñ damuynıñ dinamikalıyq tendentsiyalary [Шарын өзені алабы геоэкологиясының дамуының динамикалық тенденциялары]. Daryn.
- Korytnyy, L. M. (2001). *Basseynovaya kontsepsiya v prirodopol'zovanii* [Бассейновая концепция в природопользовании]. Institut geografii SO RAN.
- Liu, Y., Zhang, J., Wang, H., & Li, X. (2023). Analysis of the spatiotemporal characteristics and influencing factors of the NDVI based on the GEE cloud platform and Landsat images. *Remote Sensing*, 15(20), 4980. <https://doi.org/10.3390/rs15204980>
- Mamay, I. I. (2005). *Dinamika i funktsionirovanie landshaftov* [Динамика и функционирование ландшафтов]. Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta.
- Okisheva, L. N., & Filandysheva, L. B. (2015). *Vremennaya dinamika i funktsionirovanie landshaftov Zapadnoy Sibiri* [Временная динамика и функционирование ландшафтов Западной Сибири]. Tomsk State University.
- Rutkovskaya, N. V., Okisheva, L. N., & Filandysheva, L. B. (1983). *Opyt ispol'zovaniya posutochnogo godovogo khoda defitsita vlazhnosti vozdukh v kharakteristike landshaftnykh zon Zapadno-Sibirskoy ravniny* [Опыт использования посуточного годового хода дефицита влажности воздуха в характеристике ландшафтных зон Западно-Сибирской равнины]. In *Voprosy geografii Sibiri* (Vol. 15, pp. 27–39). Tomsk State University.
- Sochava, V. V. (1978). *Vvedenie v uchenie o geosistemakh* [Введение в учение о геосистемах]. Nauka.
- Vozovik, Yu. I. (1970). *O povtoryaemosti sobyitiy v protsesse razvitiya landshaftov vo vremeni* [О повторяемости событий в процессе развития ландшафтов во времени]. In *Ritmy i tsiklichnost' v prirode* (pp. 3–4). Mysl'.
- Zhuchkova, V. K., & Rakovskaya, E. M. (2004). *Metody kompleksnykh fiziko-geograficheskikh issledovaniy* [Методы комплексных физико-географических исследований]. Academia.

Авторлар туралы мәлімет:

Керімбай Баян Сүлейменқызы – PhD, «І.Жансүгіров атындағы Жетісу университеті» КЕ АҚ, Жаратылыстану пәндері кафедрасының қауымдастырылған профессор (доцент) м.а., (Талдықорған қ., Қазақстан, эл.почта: kbs.zhetysu@gmail.com).

Керімбай Нұржан Нұрбергенұлы – география ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, «І.Жансүгіров атындағы Жетісу университеті» КЕ АҚ, Биотехнология және Экология Ғылыми зерттеу институтының экология зертханасының меңгерушісі (Талдықорған қ., Қазақстан, эл.почта: n.kerimbay1964@gmail.com).

Баймырзаев Қуат Маратұлы – доктор географических наук, профессор, директор Научно-исследовательского института биотехнологии и экологии Казахского университета имени И. Жансугурова (Талдықорған, Казахстан; эл.почта: k.baymyrzaev@zu.edu.kz).

Бахыт Мөлдір Бахытқызы* (корреспонденттік автор) – Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ КЕАҚ, Картография және Геоинформатика кафедрасының докторанты (Алматы, Қазақстан. эл.почта: m.bakhyt66@gmail.com).

Information about the authors:

Kerimbay Bayan – PhD, Acting Associate Professor of the Department of Natural Sciences of the NAO “Zhetysu University named after I. Zhansugurov” (Taldykorgan, Kazakhstan, e-mail: kbs.zhetysu@gmail.com).

Kerimbay Nurzhan – Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Head of the Ecology Laboratory of the Research Institute of Biotechnology and Ecology NAO “Zhetysu University named after I. Zhansugurov” (Taldykorgan, Kazakhstan, e-mail: n.kerimbay1964@gmail.com).

Kuat Maratuly Baymyrzaev – Doctor of Geographical Sciences, Professor, Director of the Research Institute of Biotechnology and Ecology at I. Zhansugurov Zhetysu University (Taldykorgan, Kazakhstan; e-mail: k.baymyrzaev@zu.edu.kz).

Moldir Bakhyt* (corresponding author) – Doctoral Student, Department of Cartography and Geoinformatics, NJSC Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan. e-mail: m.bakhyt66@gmail.com).

Сведения об авторах:

Керімбай Баян Сүлейменқызы – PhD, и. о. ассоциированного профессора (доцент) кафедры естественных предметов Жетісуского университета имени И. Жансугурова (Талдықорған, Казахстан, e-mail: kbs.zhetysu@gmail.com).

Керімбай Нұржан Нұрбергенұлы – кандидат географических наук, доцент (ассоциированный профессор), заведующий лабораторией экологии Научно-исследовательского института биотехнологии и экологии Казахского университета имени И. Жансугурова (Талдықорған, Казахстан, e-mail: n.kerimbay1964@gmail.com).

Баймырзаев Қуат Маратұлы – доктор географических наук, профессор, директор Научно-исследовательского института биотехнологии и экологии Казахского университета имени И. Жансугурова (Талдықорған, Казахстан, e-mail: k.baymyrzaev@zu.edu.kz).

Бахыт Мөлдір Бахытқызы (корреспондент-автор) – докторант кафедры картографии и геоинформатики НАО «Казахский национальный университет имени аль-Фараби» (Алматы, Казахстан, e-mail: m.bakhyt66@gmail.com).

Келіп түсті: 29 желтоқсан 2025 жыл
Қабылданды: 21 ақпан 2026 жыл