



XҒТАР 631.6.02: 631.459.21: 632.125

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2024-148-3-158-172>

Ғылыми мақала

Қазақстан Республикасындағы эрозиялық үдерістер

Н.С. Сиханова¹ , Е.А. Шынберген^{2*} , Г.Т. Алдамбергенова³ 

^{1,2,3}Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан

(E-mail: ¹sihanova.nurgul@mail.ru, ²shynbergenov.erlan@mail.ru, ³gulzi_31@mail.ru)

Аңдатпа. Топырақ эрозиясы жердің өнімділігінің төмендеуіне және телімнен тыс көптеген зардапқа әкелу арқылы топырақтың қызметіне едәуір қауіп төндіреді. Су, жел эрозиясы, топырақты өңдеу мен өнімді жинау барысында топыраққа төнетін қауіптілік деңгейі және аталған физикалық тұрғыдан әртүрлі үдерістердің бір мезгілде орын алуы байқалған аймақтарға салдары еселене түседі. Мақаланың мақсаты – Қазақстан Республикасы территориясындағы эрозиялық үдерістердің таралу аймақтарын, облыстар бойынша топырақтың су және жел эрозиясына ұшыраған аумақтарын сипаттау, электронды картография құралдарын пайдаланып тақырыптық карталарды құрастыру, талдау жасау. Зерттеулер нәтижесінде еліміз бойынша ауылшаруашылығы алқаптарынан шайылған топырақтың ең көп көлемі Түркістан облысына (933,7 мың га. немесе өңірдің ауыл шаруашылығы жерлерінің жалпы ауданынан үлесі 18,9%) тиесілі екендігі анықталды, мұнан бөлек егістіктерден шайылған топырақтың ауданы бойынша – Ақмола облысы (351,3 мың га. немесе егістіктің жалпы ауданынан үлесі 28,8%) көш бастап тұр. Қазақстан Республикасындағы жел эрозиясына ұшыраған топырақтың жер көлемі бойынша Атырау облысы (3 133,9 мың га. немесе ауыл шаруашылығы жерлерінің жалпы ауданынан 13%), егістіктің дефляцияланған жерлерінің ауданы бойынша Павлодар облысының (334,3 мың га. немесе егістіктің жалпы ауданынан 74%) үлесі басым. Республика бойынша жел эрозиясына ұшыраған егістіктің жалпы ауданы 451,8 мың га. екендігін ескерсек, Павлодар облысында тіркелген шама топырақтанушы ғалымдардың жіті назар аударып, эрозияға қарсы шаралар мен тәсілдерді қолдануын талап етеді.

Түйін сөздер: экологиялық мониторинг, топырақтың азуы, су эрозиясы, жел эрозиясы.

Түсті: 03.07.2024 Мақұлданды: 22.07.2024 Онлайн қолжетімді 30.09.2024

* автор-корреспондент

Кіріспе

Табиғи күйдегі топырақ ауыл шаруашылығы мен экожүйелердің өз деңгейінде тіршілік етіп, адамзатқа сапалы қызмет көрсетуінің негізі. Топырақтың сапасының өзгеруі нәтижесінде азық-түлікпен және сумен қамтамасыз ету, көміртегі теңгерімі, биомедициналық қорларды бөліп алатын негізгі микробты генофонд және т.б. маңызды экожүйелік қызметтерді көрсетуге тікелей әсер етеді. Жердің азуы – белгілі бір фактордың әсерінен белгілі бір құбылыстың салдары ретінде топырақ қасиетінің физикалық құрамы жағынан да, химиялық құрамы жағынан да төмендейтін күйі [1]. Жерді пайдаланудағы өзгерістер топырақ эрозиясын едәуір жеделдетуге қабілетті және топырақ өнімінен асып түсетін эрозия, сайып келгенде, ауылшаруашылық әлеуетінің төмендеуіне әкелетіні бұрыннан белгілі болды [2]. Мәселен, 1930 жылдары Солтүстік Америкада орын алған орасан күшті шаңды дауыл салдарынан аймақта егістіктің едәуір бөлігіне залал келтіріліп, елдің әлеуметтік-экономикалық жағдайы ауыр жағдайға түсті. Сонымен қатар мұндай алапат масштабтағы құм мен шаң аралас желдер Қытайдың орталығындағы Хуанхэ және Янцзы өзендері алаптарындағы ләссті топырақты аймақтарда, Африканың солтүстігіндегі Сахара шөлінде жиі болып тұрады. Жалпы әлемде топырақ эрозиясын зерттеуге арналған ұлттық деңгейдегі бағдарламалар өте аз, олар АҚШ қорларды Ұлттық түгендеу және Қытай топырақ және су қорларын зерттеу Ұлттық бағдарламасы [3]. Топырақ құнарлылығы ауылшаруашылығын жүргізу барысындағы пайдаланылатын ирригациялық әдістерге, топырақ түріне, қоректік заттар мен органикалық заттардың мөлшеріне байланысты және әдетте эрозиялық үдерістердің өршуі барысында жедел төмендейді.

Су эрозиясы бүкіл әлемде топырақтың азуының жетекші жаһандық себептерінің бірі болып табылады және ол қоршаған ортаға, ауыл шаруашылығы мен азық-түлік қауіпсіздігіне келетін негізгі қатерлердің бірі ретінде қарастырылады. Сонымен қатар, көптеген соңғы зерттеулер бойынша жер бетіндегі топыраққа, суға және экожүйелерге эрозия қаупі алаңдаушылық туғызады [4]. Сондықтан топырақ қорғауды қажет ететін шектеулі табиғи ресурс ретінде қарастырылады. Топырақ эрозиясының жылдамдығына жауын-шашынның қарқындылығы, топырақтың сапасы, жер бедері, өсімдік жамылғысы, морфологиясы, дренаждық желілердің ерекшеліктері және жерді пайдаланушының қызметі, сондай-ақ адам әрекеті сияқты айнымалылар әсер етеді.

Жаһандық уақыт деңгейінде климат эрозия мен топырақ массасының кемуі механизмдеріне, су айрықтары мен ағын жүйелерін құрылымдауға маңызды реттеуіш ретінде әсер етеді. Сонымен қатар қазіргі кездегі көптеген топырақ эрозиясына қатысты жайсыздықтар жаһандық өзгерістердің салдарынан күшейеді. Бұл тұрғыда шөлейттену климаттың өзгеруінің және жылдам өсіп жатқан антропогендік қысымның нәтижесі болуы мүмкін, олардың екеуі де топырақтың ұзақ мерзімді өміршеңдігін бұзады. Жаһандық температура мен жауын-шашын сипатының құбылуы топырақтың ысырап болуына әртүрлі жолдармен, соның ішінде жауын-шашынның эрозиялық қабілетінің өзгеруімен әсер етеді [5]. Топырақ эрозиясына жауын-шашынның қарқындылығы мен саны, топырақтың салыстырмалы ылғалдылығы мен өсімдіктердің дамуына температураның әсер етуі сияқты бірқатар факторларға байланысты климаттың өзгеруі теріс әсер етеді деп күтілуде.

Сонымен қатар топырақтың азуына әсер ететін факторлардың кемінде біреуі антропогендік әсердің салдарынан күшейген жағдайда эрозиялық үдерістердің кеңістік пен уақыттағы өлшемі де, көлемі де артуы мүмкін. Мәселен, Еуропалық Одақтағы шамамен 110 миллион гектар егістік жердің 43 миллион гектары бір эрозия үдерісіне, 15,6 миллион гектары екі үдерісіне және 0,81 миллион гектары үш немесе

одан да көп үдеріске бейім. Шамамен 3,2 миллион гектар егістік алқаптар су тасқынының, құрғақшылықтың, су және жел эрозиясының күшеюінің ықтимал өзара әрекеттесуіне бейім болып табылады [1].

Сонымен қатар су және жел эрозиясының салдарынан топырақ бөлшектерінде сорбцияланған ластанушы заттардың латералды миграциясы нәтижесінде топырақтың екінші реттік ластануы жүреді. Дефляция үдерісі барысында көтеріліп, көшкен шаң, адамның тыныс алу жолдарына өтетіндігі назар аударады. Топырақтағы улы және/немесе радиоактивті элементтер мөлшері шамадан тыс телімдерден желмен көтерілген шаң әртүрлі қашықтыққа көшу арқылы топырақтың бастапқы ластану телімдерінен едәуір алыс орналасқан аймақтарды ластануға себеп болады [6]. Дәл осылай су эрозиясы үдерістерінің дамуы ластанған топырақ бөлшектерінің көшуіне және олардың флювиалды желілердің (аңғарлардың түбі, табиғи және антропогенді суқоймалар) әртүрлі құрам бөліктерінде қонуына және жинақталуына алып келеді [7]. Сондықтан топырақтың ластануының болжамды теріс әсерін талдау барысында өзен алаптары ішінде дамитын су және жел эрозиясы үдерістерінің ластанған топырақ бөлшектерін көшіру мүмкіндігін де ескерген жөн.

Мақалада су және жел эрозиясының еліміздің әртүрлі аймақтарында кездесу қарқындылығын бағалау және талдау келтірілген. Бұл бірінші кезекте далалық зерттеу жұмыстарын жүргізу қажет облыстарды анықтауға себеп болды, яғни, топырақ эрозиясы үдерістері нәтижесінде шөгінділердің таралуының болжамды теріс әсерін және құрғақ сайлар мен өзен аңғарларында және оларға жапсарлас аймақтарда топырақ эрозиясының жоғары деңгейі қалыптасу телімдерін нақтылауға септігін тигізді.

Материалдар мен әдістер

Мақаланы дайындау барысында келесі зерттеу әдістері қолданылды: ретроспективті талдау, салыстырмалы талдау, жүйелік-құрылымдық тәсіл, типологиялық тәсіл, ұқсастық әдісі, геоақпараттық жүйелерді пайдаланып үлгілеу әдісі. Тақырыптық карталарды дайындау барысында ArcGIS Pro, QGIS геоақпараттық жүйе бағдарламалық өнімдері қолданылды. Тақырыптық карталардың негізі ретінде Open Street Map [7] геоқорынан Қазақстан Республикасының келесі векторлық қабаттары жүктеліп алынды, олар: Қазақстан Республикасының мемлекеттік және әкімшілік-аумақтық бірліктерінің шекаралары, облыс орталықтары мен республикалық маңыздағы, астананың орналасу нүктелері, гидрографиялық торлар. Қазақстан Республикасының топырақ картасын дайындау барысында топырақ түрлерін жіктеу-таксономиялық дәрежеге негіз ретінде Үйлестірілген Дүниежүзілік топырақ базасы [8] деректері қолданылды. Қазақстан Республикасының өзен алаптары шекараларын белгілеу барысында елімізде бекітілген сушаруашылығы алаптары шекаралары қолданылды [9].

Нәтижелер мен талқылау

Қазақстан Республикасында су және жел эрозиясының дамуы жөніндегі қазіргі түсініктер.

Қазіргі таңда әлемдік топырақ қорының 1.9 млрд гектары ($\approx 65\%$) азуға бейім [10]. Оның ішінде 85% топырақ эрозиясының салдары болып табылады. Ауылшаруашылығы алқаптары мен олардан тыс жерлердің топырақ эрозиясымен байланысты экономикалық шығындары жылына шамамен 400 млрд. АҚШ долларына тең [1], ҚР еншісіне осы шығынның 0.2% келеді (Кесте 1).

Кесте 1. Топырақ эрозиясының қаржылай баламадағы шығындары

Мемлекеттер	Шығын, млрд. АҚШ доллары/жылына
Қазақстан	0,8 [5]
Ресей	9,7 [11]
Канада	3,0 [12]
АҚШ	44,0 [13]
әлемде	400,0 [1]

ҚР Ауылшаруашылығы министрлігі Жер ресурстарын басқару Комитетінің мәліметтері бойынша еліміздің территориясындағы топырақтың 75 пайыздан астамы азуға бейім, сонымен бірге 30.5 млн. гектардан астам жерде эрозиялық үдерістер байқалады. Еліміздің ауылшаруашылығында жыл сайын орташа есеппен 1.2-1.6 т/га гумус жоғалады [14]. Салыстырмалы түрде Ресейде топырақтың шайылуы есебінен егістіктер орташа есеппен 0.5-0.7 т/га гумус жоғалтады [11]. Айта кетерлігі РФ ауылшаруашылығы алқаптары топырағының 17.7% су эрозиясына шалдыққан, оның ішінде егістіктерде 12%.

Еліміздегі топырақ эрозиясының қарқындылығы жоғары болуының ықтимал себептерінің бірі – эрозияға қарсы шаралардың жүйесіз жүргізілуінде, яғни егістікті эрозияға қарсы ұйымдастыру, орман-мелиорациялық, агротехникалық және гидротехникалық тәсілдер жыл ішінде үздіксіз жүргізіліп отырудың орнына маусымдық сипат алуда. Атап айтқанда гумидтік климат жағдайындағы егістік алқаптары орналасқан еңістіктерде қар тоқтату жұмыстарын жүргізу, ал аридті климат аймақтарында – ирригациялық жармаларды, субұру науаларын аршып-тазалау және т.б. Аталған шаралар дер кезінде атқарылып отырған жағдайда ылғалды аймақтарда қыс мезгілінде түскен қар жамылғысы нығыздалып, көктемде ауа райының күрт жылынуы барысында қар ерудің қарқындылығы баяулап, уақыты едәуір созылады. Нәтижесінде топырақ жамылғысы еріген қар суымен қанығып, ылғалды бойына жинайды және эрозия базисі – өзендердің су деңгейі апаттық межеге дейін көтерілмейді, яғни еңістіктен төменде орналасқан елді мекендерді су басу қаупі бәсеңдейді. Мәселен, биыл еліміздің батыс өңірлерінде орын алған табиғат апатының негізгі себебінің бірі – Ресейдің Орынбор өңірінде эрозияға қарсы шаралардың жеткіліксіздігі болып отыр [15].

2022 жылдың қорытындысы бойынша ҚР-ның су эрозиясына бейім ауылшаруашылығы алқаптарының ауданы шамамен 5 млн. га, оның 1.2 млн. гектардан астамы – өңделетін жерлер. ҚР әкімшілік-аумақтық бірліктері мен еліміздің физикалық-географиялық жағдайларына ұқсас шет елдер бойынша топырақ шайылуының ең үлкен аймақтары 2 Кестеде берілген.

Кесте 2. ҚР және басқа да бірқатар елдердегі топырақтың су эрозиясына ұшыраған ауыл шаруашылығы алқаптарының ауданы [16]

ҚР әкімшілік аумақтары және өзге мемлекеттер	Шайылған топырақтың ауданы және олардың ауыл шаруашылығы жерлерінің жалпы ауданынан үлесі		Егістіктегі шайылған топырақтың ауданы және олардың егістіктің жалпы ауданынан үлесі	
	мың га.	%	мың га.	%
Түркістан	933,7	18,9	232,3	19
Маңғыстау	800,0	16,1	-	-
Алматы	612,7	12,4	26,2	2,1
Ақмола	562,0	11,4	351,3	28,8
Ақтөбе	473,1	9,6	34,2	2,8
Батыс Қазақстан	274,5	5,5	72,6	6,0
Шығыс Қазақстан	232,9	4,7	177,7	14,6
ҚР қалған өңірлері	1 061,4	21,4	325,7	26,7
ҚР бойынша барлығы	4 950,3	100	1 220,0	100
Ресей	36 500,0 [11]	-	24 700,0 [11]	-
АҚШ	17 806,2 [10]	-	19 031,0 [13]	-
Канада	-	-	6 000,0 [9]	-
Қытай	129 320,0 [3]	-	-	-

Шайылған топырақтың көп бөлігі (3888.9 мың га немесе шайылған топырақтың жалпы ауданының 78.6%) еліміздің бірнеше өңірінде орналасқан (7 облыс). 10 облыс пен 3 республикалық маңызды қаладан құралған қалған аумақта шайылған топырақ санатына ауылшаруашылығы жерлерінің 21.4% жатады (Кесте 2). Ауылшаруашылығы алқаптарынан шайылған топырақтың ең көп көлемі Түркістан облысына тиесілі екендігі анықталды, мұнда 933,7 мың га. жер су эрозиясына ұшыраған, бұл өңірдің ауыл шаруашылығы жерлерінің жалпы ауданынан үлесі 18,9%. Назар аударарлығы, егістік алқаптарындағы шайылған топырақтың көп бөлігі еліміздің орталық – Ақмола облысы, мұнда 351,3 мың гектарда су эрозиясы бар немесе егістіктің жалпы ауданынан үлесі 28,8% және шығыс – Шығыс Қазақстан облысы, бұл жерде 177,7 мың гектарда су эрозиясы таралған немесе егістіктің жалпы ауданынан үлесі 14,6%, бөліктерінде орналасқан. ҚР әртүрлі өңірлеріндегі су эрозиясының қазіргі қарқынын сандық бағалау Топырақ эрозиясының әмбебап теңдеуін (USLE) пайдалану негізінде алынған [17]. Жер бедерінің сипаттамалары, топырақтың шайылғыштығы және ауылшаруашылығы дақылдарының жиынтығына байланысты шаюдың есептелген шамасы кең көлемде өзгереді, яғни жазық аумақта 1.5-3 т/га мөлшерінде және таулы өңірде >50 т/гектарға дейін құбылады [18].

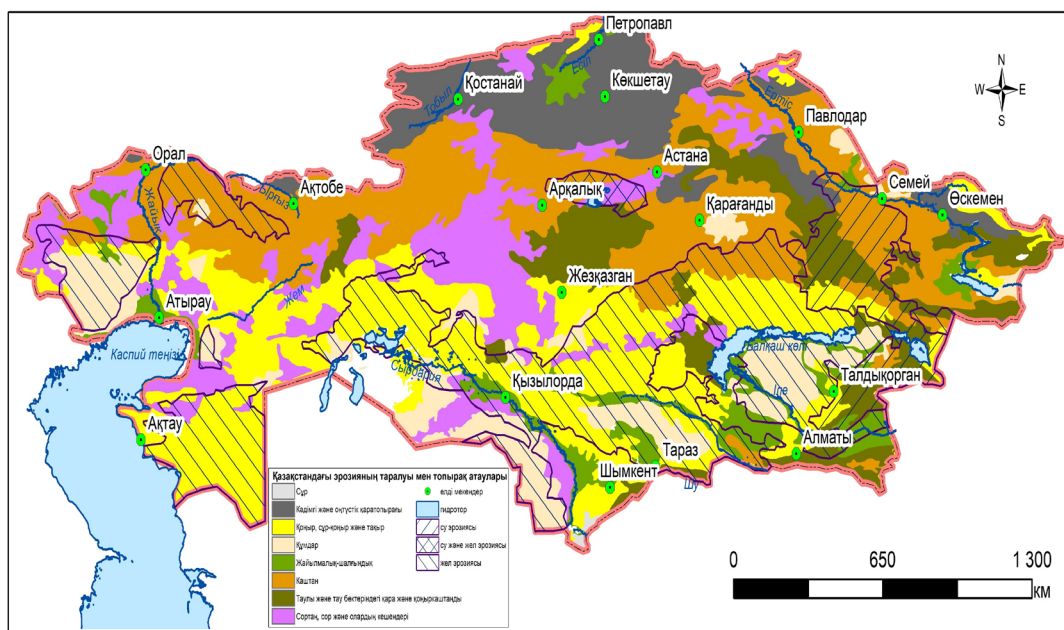
Қазақстан Республикасында топырақтың жел эрозиясы 25.5 млн. га аумақта өрбиді [5]. Эолдық үдерістер кең құмды аймақтарда жеделдетілген қарқынмен дамиды: Қызылорда облысындағы Арал маңы Қарақұмдары мен Қызылқұм, Түркістан және Жамбыл облыстарындағы Мойынқұм және Бетпақдала, Ақтөбе облысындағы Үлкен және Кіші Борсық, Жетісу және Алматы облыстарындағы Сарыесік-Атырауқұм (Кесте 3), сонымен қатар механикалық құрамы жеңіл және әктасты топырақтар таралған Павлодар облысында байқалады [14].

Кесте 3. ҚР-дағы жел эрозиясына ұшыраған топырақтың жер көлемі [16]

ҚР әкімшілік аймақтары	Дефляцияланған жерлердің ауданы және олардың ауыл шаруашылығы жерлерінің жалпы ауданынан үлесі		Дефляцияланған жерлердің ауданы және олардың егістіктің жалпы ауданынан үлесі	
	мың га.	%	мың га.	%
Атырау	3 133,9	13	-	-
Түркістан	3 112,9	12,9	0,2	0
Жетісу	2 901,9	12	22,0	4,9
Қызылорда	2 846,7	11,8	-	-
Жамбыл	2 414,0	10	1,6	0,4
Ақтөбе	2 101,1	8,7	-	-
Алматы	2 050,5	8,5	18,0	4
Павлодар	1 296,3	5,3	334,3	74
ҚР қалған өңірлері	4 310,8	17,8	75,7	16,8
ҚР бойынша	24 168,1	100	451,8	100

Еліміздегі жел эрозиясына ұшыраған топырақтың жер көлемі бойынша Атырау облысы доминантты – 3 133,9 мың га. немесе ауыл шаруашылығы жерлерінің 13% дефляцияланған (Кесте 3). Егістік алқаптардағы дефляция үдерісі негізінен Павлодар облысында байқалады (334 300 га), Қазақстан Республикасы егістік алқаптарындағы жел эрозиясына бейім топырақтың барлық ауданынан 74% бөлігі осында тіркелген. Республика бойынша дефляцияланған егістіктің жалпы ауданы 451,8 мың га. екендігін ескерсек, Павлодар облысында тіркелген мөлшер топырақтанушы ғалымдардың жіті назар аударып, эрозияға қарсы шаралар мен тәсілдерді қолдануын талап етеді.

Жалпы, жел эрозиясының таралу белдеуі, ҚР Ұлттық Атласының [19] деректеріне сәйкес, Каспий теңізінен Балқаш көліне дейін негізінен сұр топырақтар және тақырлар мен құмдар аумағында таралған (Сурет 1), ал су эрозиясы Ертіс өзенінің алабында барынша айқын білінеді.



Сурет 1. Қазақстан Республикасының топырақ картасы [8], су және жел эрозиясының таралу аумағы

Ескерту: [19] деректерінің негізінде құрастырылған

ҚР Ұлттық Атласы деректерінің негізінде құрастырылған Қазақстан Республикасы территориясында су және жел эрозиясының таралу картасын (Сурет 1) еліміздің әкімшілік-аумақтық бірліктері бөлінісіне қарай саралап көрдік (Сурет 2).



Сурет 2. Қазақстан Республикасының облыстары бойынша су және жел эрозиясының таралу аумағы

Ескерту: [19] деректерінің негізінде құрастырылған

ҚР Ұлттық Атласы деректеріне сәйкес (Сурет 2), еліміздің шығыс, оңтүстік-шығыс және орталығында орналасқан Абай, Шығыс Қазақстан, Алматы, Жетісу, Павлодар, Қарағанды облыстары топырақтың шайылу үдерісіне бейім, орталық, оңтүстік-шығыс, оңтүстік, оңтүстік-батыс аймақтардың Ұлытау, Қарағанды, Алматы, Жетісу, Жамбыл, Түркістан, Қызылорда, Ақтөбе, Батыс Қазақстан, Атырау, Маңғыстау облыстары жел эрозиясына ұшыраған, орталықта орналасқан Ақмола облысында су және жел эрозиясы бірдей таралған жерлер кездеседі.

Дефляциялық үдерістерді зерттеу бағытында жарияланған мақалаларды сараптау барысында еліміздің эрозиятану, топырақтану саласы мамандарының әлемдік трендтерге сәйкес жаңаша әдіс-тәсілдерді пайдалану көлемі аздық ететіндігі, өңірлік жоғары оқу орындарынан мұндай зерттеулердің тіпті жүргізілмейтіндігі анықталды. Рас, өзен алабындағы топырақтың шайылу көлемін камералдық жағдайда есептеу жұмыстарында едәуір алға басушылық бар, шетелдік USLE, RUSLE, MUSLE, WEPP, SWAT және т.б. үлгілерін пайдаланып, біршама ғылыми-зерттеулер жүргізілген. Дегенмен, жел эрозиясынан топырақтың үрленуін үлгілеуде де WEQ, RWEQ, GIS-RWEQ, WEPS, WEELS және т.б. математикалық теңдеулерінің аридті аймақтарда орналасқан елдерде ғалымдармен егжей-тегжейлі қолданылғандығын, кіріс деректерінің калибрленіп, шыңдалғандығын ескерген жөн. Соңғы жылдары шыққан үлгілер геоақпараттық жүйелермен бірігіп, жерді қашықтықтан зондылау деректерін, радарлық, лидарлық, мультиспектралды технологияларды қолдануға бейімделген және машиналық оқыту арқылы автоматты түрде зерттеу объектінің қасиеттері мен күйін бағалауға мүмкіндік

береді. Сонымен қатар, соңғы он жыл көлемінде экзогенді үдерістерді зерделеу бойынша белсенді түрде қолданылып жүрген ұшқышсыз ұшу аппараттары – квадрокоптерлерде назар аударуға тұрарлық. Жел эрозиясы салыстырмалы түрде қысқа уақыт аралығында дүлей күшпен соғып, топырақтың беткі құнарлы қабатын ұшырып кететін үдеріс екендігін ескерсек, көп жағдайда жер серіктерінің беретін суреттері қажеттілігімізді толық қанағаттандыра алмай жатады, оның бірнеше себебі де бар. Біріншіден, жер серігі белгілі бір территорияны суретке бір түсіріп кеткеннен кейін, келесі қайталама сурет кемінде 16 күннен кейін түсіріледі, екіншіден, жер серіктерінің негізгі суретке түсіру аймағы – үлкен қалалар мен мегаполистер, аталған аймақтардың көріністері соңғы үлгідегі камера орнатылған жер серіктерінен түсірілсе, шалғайда орналасқан егістіктер мен шаңды дауыл аймақтары, көбіне ескі суреттермен қалып қояды (Сурет 3). Қысқа уақытта өзгеріп отыратын үдерістерді (шаңды дауылдың топыраққа әсері, өсімдіктің вегетациялық кезең барысындағы динамикасы және т.б.) зерттеуде квадрокоптер таптырмас құрал болып табылады



Сурет 3. Қызылорда облысындағы күріштік алқаптары (16.06.2019 күні түсірілген) мен Қызылорда қаласының (19.04.2023 күні түсірілген) Google Earth платформасынан бір мезгілде жүктеліп алынған бейнелері

Ескерту: [20] деректерінің негізінде құрастырылған

Жел эрозиясының қарқындылығын зерттеудің тікелей мүмкіндігі болмаған жағдайда шаңды дауылдар мен атмосфераның шаңдануы жайлы деректер көрсеткіш болады, олар бойынша еліміздің территориясының көп бөлігі өсімдік жамылғысы таралған солтүстіктегі облыстарға дейін жазғы мезгілде жоғары дәрежеде шаңданған аймақтар қатарына кіреді.

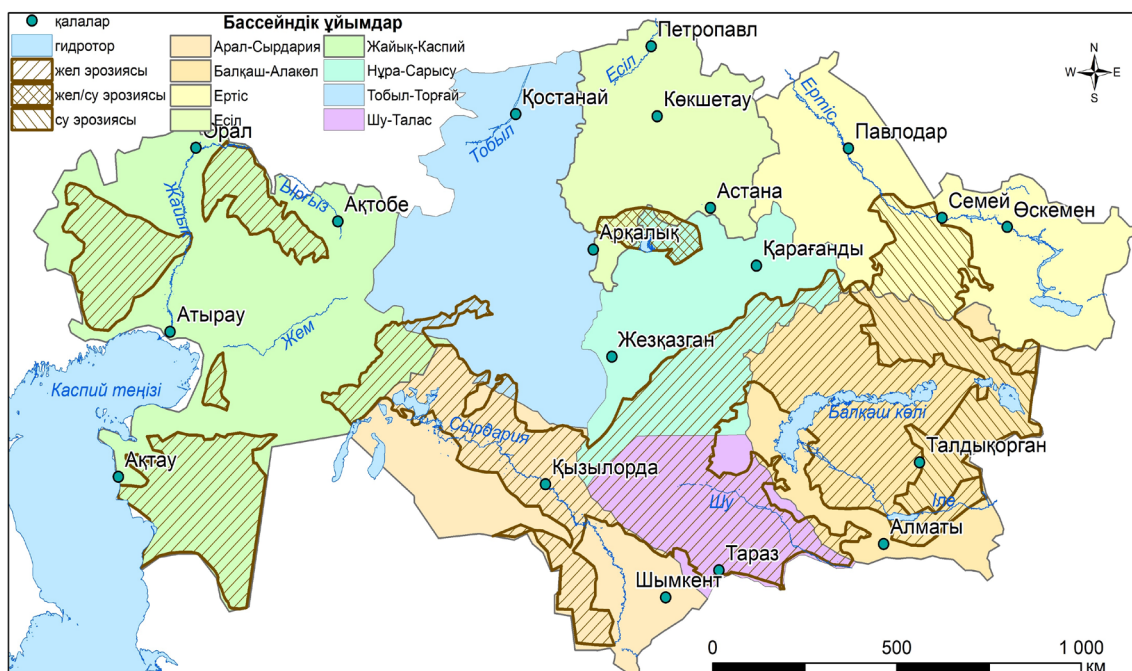
Қазақстан Республикасының өзен алаптарындағы эрозиялық үдерістер

Жер үсті сулары өзен арнасына келіп түсетін құрлықтың бөлігі өзен алабы деп аталады және кез-келген эрозиялық қалыптың өзінің су жинау алаңы немесе жер үсті суларының ағын алабы болады [21]. Енді мына мәселеге жекелей тоқталайық: гумидті климат жағдайындағы құрлықтың үлкен кеңістігінде негізі табиғи, геожүйелік бірлік болып табылатын өзен алаптары ең жақсы, әрі қолайлы операциялық-аумақтық бірлік болып саналады. Өзен алабы бірегей табиғи-аумақтық кешен ретінде, ішінде қатты және сұйық заттардың жинақталуы, трансформациясы және қозғалуы жүретін, орографиялық суайрықтары түрінде табиғи шекаралары бар, территорияны барынша

объективті түрде сипаттайтын кеңістіктік бірлік болып табылады [22]. Жоғарыда айтылған ойларды саралай келе топырақ эрозиясы үдерісінің негізгі үш кезеңі – шаю (су эрозиясы) немесе үрлеу (жел эрозиясы) → жеткізу (транспорт) → жинақтау (аккумуляция) физикалық құбылысы құрлықтың жер бедері ең биік нүктесінен төменге қарай белгілі бір алаптың ішінде жүреді. Өзен арнасы эрозия базисі ретінде шайылған немесе желмен үрленіп ұшып келген тосындыларды қабылдап алады.

Эрозия үдерісінің барысында аллювиалды топырақ және стратозёмдардың даму телімдері, яғни құрғақ аңғарлар түбі, өзендер мен шағын суағындарының жайылмалары, сонымен қатар суқоймалардың жағалық белдеуі тосындылардың жиналу орны болады. Қазақстан Республикасы климаттық жағдайын ескере отырып, көптеген өзендер мен кейбір суқоймалар жылдың белгілі бір кезеңінде жартылай немесе толық құрғап қалады, нәтижесінде өзен арнасының құрғаған бөлігіндегі түптік шөгінділер жел эрозиясының әсерімен айналаға таралады. Бұл үдеріс су және жел эрозиясының екеуі қатар байқалатын аймақтарда жүреді.

Жалпы, еліміздің солтүстік жартысындағы өзен алаптарында гумидті климат әсерінен топырақтың шайылуы басым үдеріс болып есептелсе, оңтүстік жартысындағы жазық аймақтарда топырақтың дефляциясы кеңінен таралған. Дегенмен, табиғаттың күрделі заңдылықтарына сәйкес, кейбір аймақтарда топырақтың шайылуы да, үрленуі де қатар жүреді. Мұнан бөлек адам әрекеті салдарынан бұрын эрозия байқалмаған аймақтарда қатарынан флювиалды және дефляциялық азу дамып жатады. Оның үстіне шаруашылық әрекеттің нәтижесінде уытты ауыр металдар мен радионуклидтер қоршаған ортаға (ауаға, топыраққа, су көздеріне) шығарылады. Мысал ретінде, еліміздің полиметалл өнеркәсібі дамыған шығысында орналасқан Ертіс өзенінің су алабын алуға болады. Мұнда антропогендік әсердің көптеген түрлерімен байланысты топырақ ластануының жоғары деңгейі мен топырақтың су эрозиясының жоғары қарқыны қатар өрбуде. Ертіс өзені жайылмасы мен түптік шөгінділерінің бірнеше телімдерде ластануы туралы деректер ластанған тосындылардың су жинау алабынан өзен алабына түсетіндігін көрсетеді. Ертіс өзені жайылмасының ластану дәрежесін анықтау үшін түбегейлі далалық зерттеулер қажет. Сонымен қатар топырақтың су эрозиясын бағалау жөніндегі қолда бар деректер негізінен эрозиялық үлгілер (эрозионные модели) арқылы есептеліп анықталғандығын ескерген жөн. Эрозиялық үлгілерді қолданып алынған эрозия қарқынының көпжылдық орташа деректерін нақтылауға арналған әдістер жиынтығын пайдаланып, далалық зерттеулерді жүргізу қажеттігі анық. Оның үстіне Ертіс өзені алабының Павлодар облысында орналасқан бөлігінде, қолда бар деректерге сәйкес, жел эрозиясы үдерісі белсенді түрде жүріп жатыр (Кесте 3), бұл тұрақты су ағындарына желмен ығып келетін топырақ бөлшектерінің едәуір мөлшері туралы болжауға мүмкіндік береді (Сурет 4).



Сурет 4. Қазақстан Республикасы өзен алаптары бойынша су және жел эрозиясының таралу аумағы

Ескерту: [19] деректерінің негізінде құрастырылған

Белсенді зерттеулерден тыс қалатын еліміздің тағы бір өзені – Шудың түптік шөгінділерінің табиғи радионуклидтермен жоғары деңгейде ластануы [23] өзен жайылмасындағы, әсіресе ауылшаруашылығы бағытында пайдаланылатын телімдердегі аллювиалдық топырақтардың ластану деңгейін кезек күттірмей зерттеуді қажет етеді (Сурет 3). Аталған өзен алабындағы, сонымен қатар Сырдария мен Іле бассейніндегі ластану негізінен уран өндірісі кен орны қалдыққоймасының шайылуы нәтижесімен және Алматы мен Шымкент қалалары аумағы топырағының өте жоғары техногендік ластануымен байланысты. Қолда бар ашық дереккөздерге сәйкес, еліміздің басқа өзен алаптарындағы ластанушы заттардың латералды миграциясына эрозиялық үдерістердің әсері төмен, дегенмен Жайық өзені алабының қазақстандық бөлігінде екінші реттік радиоактивті ластанудың жергілікті телімдерінің қалыптасуы мүмкіндігін де ескерген жөн. Жалпы, тұтастай алғанда, Қазақстан Республикасының, ең алдымен, топырақтың ластану деңгейі жоғары орындары бар өңірлерінде, жел және су эрозиясының қарқындылығы туралы толық ақпарат жеткіліксіз.

Қорытынды

Қазақстан Республикасы топырақ жамылғысының құнарлы беткі қабатында антропогендік әсердің салдарынан су және жел эрозиясы үдерісі байқалады. Топырақтың шайылуы еліміздің шығыс бөлігінде жедел қарқынмен дамып жатса, золдық үдерістер оңтүстік-шығыстан оңтүстік арқылы оңтүстік-батысқа қарай жел эрозиясы белдеуін құрап отыр. Су эрозиясы үдерісінің таралуы және нақты кезеңдегі қарқындылығы жөніндегі деректер кең танымал эмпирикалық үлгілерді пайдалану арқылы есептелген нәтижелерге сүйенеді. Бұл есептеулердің нақтылығын анықтау үшін тәуелсіз далалық әдістерге негізделген топырақтың шайылуын сандық бағалауға арналған зерттеулер қажет. Осы тұрғыда табиғи ортаның трансформациясын бағалауға ең қолайлы әдіс ретінде табиғат пайдаланудың өзен алаптық

тұжырымдамасына сәйкес – шағын өзендер алабын операциялық-аумақтық бірлік тұрғысынан қарастыру ұсынылады.

Жел эрозиясын сандық бағалау бағытындағы зерттеулер еліміздің оңтүстік-шығысында орналасқан құрғақ климатты және топырақ ластануының жоғары деңгейдегі өңірлеріне өзектілігі айқын, себебі ластанған бөлшектердің желмен таралуы адам денсаулығына тікелей әсер етеді.

Су эрозиясы үдерісі жел эрозиясының үлесі айқын болған жағдайда ластанған топырақ бөлшектері таралуының және желмен үрленіп көшкен өнімдердің жинақталу аймағындағы уақытша және тұрақты ағындармен тасымалданған шөгінділердің қайтатүзілген телімдерінің екінші реттік жоғары ластану ошағы түзілуінің негізгі механизмі болып табылады.

Қаржыландыру: Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (грант №BR21882415).

Мүдделер қақтығысы: Авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын растайды.

Авторлардың қосқан үлесі: Сиханова Н.С. мақаланың басылымға арналған соңғы нұсқасын бекітті; Шынбергенов Е.А. жұмыс тұжырымдамасына елеулі үлес қосып, зерттеу нәтижелерін жинап, талдап, түсіндірді; Алдамбергенова Г.Т. мәтінді жазуға үлес қосып, оның мазмұнына сыни көзқараспен талдау жүргізді.

Әдебиеттер тізімі

1. Borrelli P., Panagos P., Alewell C., Ballabio C., de Oliveira Fagundes H., Haregeweyn N., & Robinson D.A. Policy implications of multiple concurrent soil erosion processes in European farmland // *Nature Sustainability*. – 2023. - 6(1) – P. 103-112. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00988-4>
2. DeLonge M., Stillerman K.P. Eroding the Future How Soil Loss Threatens Farming and Our Food Supply // *Union of Concerned Sci.* – 2020. <https://policycommons.net/artifacts/1422653/eroding-the-future/2036750/>. CID: 20.500.12592/pkg650. <https://www.jstor.org/stable/resrep28410>
3. Fang H. Water erosion research in China: A review // *Hydrol. and Earth Syst. Sci. Discus.* – 2020. – P. 1-53. <https://doi.org/10.5194/hess-2020-568>
4. Golosov V., Konoplev A., Wakiyama Y., Ivanov M., Komissarov M. Erosion and redeposition of sediments and sediment-associated radiocesium on river floodplains (the niida river basin and the abukuma river as an example) // *Behavior of Radionuclides in the Envir. III*. Singapore: Springer Singapore. – 2022. – P. 97-133. https://doi.org/10.1007/978-981-16-6799-2_7
5. Almaganbetov N., Grigoruk V. Degradation of Soil in Kazakhstan: Problems and Challenges // *Soil Chem. Poll., Risk Assess., Remed. and Secur. NATO Science for Peace and Secur. Series*. Springer, Dordrecht. – 2008. – P. 309-320. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8257-3_27
6. Shynbergenov Y., Maltsev K., Sihanova N. GIS-technologies application for calculation of potential soil loss of Marha River basin (Republic of Saha) // *IOP Conf. Series: Earth and Envir. Sci.* – 2018. – V. 107. – No 1. – P. 012023. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/107/1/012023>
7. Open Street Map (2024) <https://www.openstreetmap.org/#map=4/43.07/69.79> on 24 May 2024
8. Nachtergaele F., van Velthuisen H., Verelst L., Wiberg D., Henry M., Chiozza F., ... & Tramberend S. Harmonized world soil database v. 2.0 // *FAO of the UN.* – 2023. <https://doi.org/10.4060/cc3823en>
9. Повышение эффективности управления речными бассейнами. Проблемы в области управления водными ресурсами и рекомендации. – 2017. – Астана. – 34 с. https://unece.org/fileadmin/DAM/env/water/meetings/Water_Convention/2016/Projects_in_Central_Asia/Review_of_the_main_challenges_of_the_river_basin_principles_implementation_in_Kazakhstan_and_recommendations.pdf
10. Lal R., Iivari T., Kimble J.M. Soil degradation in the United States: extent, severity, and trends. CRC Press. – 2003. <https://doi.org/10.1201/9780203496381>
11. Глушко А.Я. Влияние водной и ветровой эрозии на земельный фонд юга европейской части России // *Изв. Даг-го ГПУ. Ест-ые и точн. науки.* – 2010. – №. 1. – С. 75-85.

12. van Vliet L.J.P., Junkins B.B., Gill B.R., Heigh B.L. The risk of water erosion indicator for Canada: integrating science and policy. ISCO. – 2004. – Brisbane, Conserving Soil and Water for Society: Sharing Solutions <https://topsoil.nserl.purdue.edu/isco/isco13/PAPERS%20R-Z/VAN%20VLIET.pdf>
13. Shojaeezadeh S.A., Al-Wardy M., Nikoo M.R., Mooselu M.G., Alizadeh M.R., Adamowski J.F., Gandomi A.H. Soil Erosion in the United States. Present and Future (2020-2050) // arXiv preprint arXiv:2207.06579. – 2022. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2207.06579>
14. Saparov A. Soil Resources of the Republic of Kazakhstan: Current Status, Problems and Solutions // Novel Measurement and Assess. Tools for Monit. and Manag. of Land and Water Resources in Agric. Landscapes of Central Asia. Envir. Sci. and Engin. Springer, Cham. – 2014. https://doi.org/10.1007/978-3-319-01017-5_2
15. Барабанов А.Т. Оптимизация режима весеннего паводка в Волжско-Камском бассейне на основе высокоточного прогноза поверхностного стока талых вод // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения. – 2016. – С. 69-73.
16. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2022 год. // Мин-во экол. и прир. рес. РК. -2023. – 548 с. <https://ecogofond.kz/kz/2023/12/11/49458/>
17. Шынбергенов Е.А., Голосов В.Н. Водная и ветровая эрозия на целинных землях в период глобальных изменений климата // *Аграрный сектор*. – 2023. – Т. 57, – № 3. – С. 86–89.
18. Rakhimova M., Zulpykharov K., Assylbekova A., Zhengissova N., Taukebayev O. Using the Revised Universal Soil Loss Equation and Global Climate Models (CMIP6) to Predict Potential Soil Erosion Associated with Climate Change in the Talas District, Kazakhstan // *Sustainability*. – 2024. – 16. – P. 574. <https://doi.org/10.3390/su16020574>
19. Национальный атлас Республики Казахстан. Том 3 / Окружающая среда и экология. – Алматы. – 2010. – 158 с.
20. Google Earth Pro (2024) [kh.google.com](https://www.google.com/kh) on 08/07/2024.
21. Симонов Ю.Г. Речной бассейн и бассейновая организация географической оболочки // *Избранные труды*. – М.: Изд-во ООО «Ритм». – 2008. – С. 284-314.
22. Коротный Л.М. Бассейновая концепция в природпользовании: монография. – Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН. – 2001. – 163 с.
23. Matveyeva I., Jaćimović R., Planinšek P., Stegnar P., Smodiš B., Burkitbayev M. Assessment of the main natural radionuclides, minor and trace elements in soils and sediments of the Shu valley (near the border of Kazakhstan and Kyrgyzstan) // *J. of Radioanalytical and Nuclear Chem.* – 2014. – V. 299. – P. 1399-1409. <https://doi.org/10.1007/s10967-013-2902-3>

Н.С. Сиханова¹, Е.А. Шынбергенов², Г.Т. Алдамбергенова³

^{1,2,3}Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан

Эрозионные процессы в Республике Казахстан

Аннотация. Эрозия почвы представляет серьезную угрозу для жизнедеятельности почвы, вызывая снижение продуктивности земли и многогранные последствия за пределами поля. В случае водной, ветровой эрозии, возделывания почвы и сбора продукции, уровень опасности для почвы и последствия для регионов, где наблюдаются одновременное возникновение указанных физически различных процессов, многократно возрастают. Цель статьи – описание распространения эрозионных процессов на территории Республики Казахстан, проявления водной и ветровой эрозии почв по областям, составление, анализ тематических карт с использованием средств электронной картографии. По результатам исследований наибольший объем смыва почв с сельскохозяйственных угодий приходится на Туркестанскую область (933,7 тыс. га. или доля от общей площади сельскохозяйственных земель – 18,9%), кроме того, по площади смытых почв на пашне лидирует Акмолинская область (351,3 тыс. га. или доля от общей площади пашни – 28,8%). По площади земель, подверженных ветровой эрозии в Республике Казахстан, доминирует Атырауская область (3 133,9 тыс. га. или 13% от общей площади сельскохозяйственных земель), по площади дефлированных земель на пашне Павлодарская область (334,3 тыс. га. или 74% от общей площади пашни). Учитывая общую

площадь пашен – 451,8 тыс. га., подверженных ветровой эрозии по республике, количественные данные, зафиксированные в Павлодарской области, требуют детального внимания почвоведов и принятия противоэрозионных мер и методов.

Ключевые слова: экологический мониторинг, деградация почвы, водная эрозия, ветровая эрозия

N.S. Sihanova¹, Y.A. Shynbergenov², G.T. Aldambergenova³

^{1,2,3}Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan

Erosion Processes in the Republic of Kazakhstan

Abstract. Soil erosion represents a serious threat to soil activity, causing a decrease in land productivity and multifaceted consequences outside the site. In the case of water, wind erosion, soil cultivation and harvesting, the level of danger to the soil and the consequences for regions where the simultaneous occurrence of these physically different processes are observed increase significantly. The purpose of the article is to describe the spread of erosion processes in the territory of the Republic of Kazakhstan, the suppression of water and wind erosion of soils by regions, compilation and analysis of thematic maps using electronic cartography. According to the research results, the largest volume of soil loss from agricultural lands falls on the Turkestan region (933.7 thousand hectares or a share of the total area of agricultural land – 18.9%), in addition, the Akmola region leads in terms of the area of loss soils on arable land (351.3 thousand hectares or a share of the total area of arable land – 28.8%). In terms of the area of land subject to wind erosion in the Republic of Kazakhstan, the Atyrau region dominates (3,133.9 thousand hectares or 13% of the total area of agricultural land), in terms of the area of deflated lands on arable land, the Pavlodar region (334.3 thousand hectares or 74% of the total area of arable land). Considering the total area of arable land – 451.8 thousand hectares. exposed to wind erosion in the republic, the number recorded in the Pavlodar region requires close attention of soil scientists and the adoption of anti-erosion measures and methods.

Keywords: environmental monitoring, soil degradation, water erosion, wind erosion

References

1. Borrelli P., Panagos P., Alewell C., Ballabio C., de Oliveira Fagundes H., Haregeweyn N., & Robinson D.A. Policy implications of multiple concurrent soil erosion processes in European farmland // *Nature Sustainability*. – 2023. – 6(1) – P. 103-112. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00988-4>
2. DeLonge M., Stillerman K.P. Eroding the Future How Soil Loss Threatens Farming and Our Food Supply // *Union of Concerned Sci.* – 2020. <https://policycommons.net/artifacts/1422653/eroding-the-future/2036750/>. CID: 20.500.12592/pkg650. <https://www.jstor.org/stable/resrep28410>
3. Fang H. Water erosion research in China: A review // *Hydrol. and Earth Syst. Sci. Discuss.* – 2020. – P. 1-53. <https://doi.org/10.5194/hess-2020-568>
4. Golosov V., Konoplev A., Wakiyama Y., Ivanov M., Komissarov M. Erosion and redeposition of sediments and sediment-associated radiocesium on river floodplains (the niida river basin and the abukuma river as an example) // *Behavior of Radionuclides in the Envir. III*. Singapore: Springer Singapore. – 2022. – P. 97-133. https://doi.org/10.1007/978-981-16-6799-2_7
5. Almaganbetov N., Grigoruk V. Degradation of Soil in Kazakhstan: Problems and Challenges // *Soil Chem. Poll., Risk Assess., Remed. and Secur. NATO Science for Peace and Secur. Series*. Springer, Dordrecht. – 2008. – P. 309-320. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8257-3_27
6. Shynbergenov Y., Maltsev K., Sihanova N. GIS-technologies application for calculation of potential soil loss of Marha River basin (Republic of Saha) // *IOP Conf. Series: Earth and Envir. Sci.* – 2018. – V. 107. – No 1. – P. 012023. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/107/1/012023>
7. Open Street Map (2024) <https://www.openstreetmap.org/#map=4/43.07/69.79> on 24 May 2024
8. Nachtergaele F., van Velthuisen H., Verelst L., Wiberg D., Henry M., Chiozza F., ... & Tramberend S. Harmonized world soil database v. 2.0 // *FAO of the UN.* – 2023. <https://doi.org/10.4060/cc3823en>

9. Povyshenie jeffektivnosti upravlenija rechnymi bassejnami [Improving the efficiency of river basin management] // Problemy v oblasti upravlenija vodnymi resursami i rekomendacii, Astana, 2017, 34.

https://unece.org/fileadmin/DAM/env/water/meetings/Water_Convention/2016/Projects_in_Central_Asia/Review_of_the_main_challenges_of_the_river_basin_principles_implementation_in_Kazakhstan_and_recommendations.pdf [in Russian]

10. Lal R., Iivari T., Kimble J.M. Soil degradation in the United States: extent, severity, and trends. CRC Press. - 2003. <https://doi.org/10.1201/9780203496381>

11. Glushko A. Ja. Vlijanie vodnoj i vetrovoj jerozii na zemel'nyj fond juga evropejskoj chasti Rossii [The influence of water and wind erosion on the land fund of the south of the European part of Russia] // Izv. Dag. SPU. Estestvennye i tochnye nauki. – 2010. - №. 1. – P. 75-85. [in Russian]

12. van Vliet L.J.P., Junkins B.B., Gill B.R., Heigh B.L. The risk of water erosion indicator for Canada: integrating science and policy. ISCO. - 2004. - Brisbane, Conserving Soil and Water for Society: Sharing Solutions <https://topsoil.nserl.purdue.edu/isco/isco13/PAPERS%20R-Z/VAN%20VLIET.pdf>

13. Shojaeezadeh S.A., Al-Wardy M., Nikoo M.R., Mooselu M.G., Alizadeh M.R., Adamowski J.F., Gandomi A.H. Soil Erosion in the United States. Present and Future (2020-2050) // arXiv preprint arXiv:2207.06579. - 2022. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2207.06579>

14. Saparov A. Soil Resources of the Republic of Kazakhstan: Current Status, Problems and Solutions // Novel Measurement and Assess. Tools for Monit. and Manag. of Land and Water Res. in Agric. Landscapes of Central Asia. Envir. Sci. and Engin. Springer, Cham. - 2014. https://doi.org/10.1007/978-3-319-01017-5_2

15. Barabanov A.T. Optimizacija rezhima vesennego pavodka v Volzhsko-Kamskom bassejne na osnove vysokotochnogo prognoza poverhnostnogo stoka talyh vod [Optimization of the spring flood regime in the Volga-Kama basin based on a high-precision forecast of surface runoff of meltwater] // Melioracija i vodnoe hozjajstvo: problemy i puti reshenija, 2016, 69-73. [in Russian]

16. Nacional'nyj doklad o sostojanii okružhajushhej sredy i ob ispol'zovanii prirodnyh resursov Respubliki Kazahstan za 2022 god [National report on the state of the environment and on the use of natural resources of the Republic of Kazakhstan for 2022] // Ministry of Ecology and Natural Resources. 2023, 548. <https://ecogofond.kz/kz/2023/12/11/49458/> [in Russian]

17. Shynbergenov Y.A., Golosov V.N. Vodnaja i vetrovaja jerozija na celinnyh zemljah v period global'nyh izmenenij klimata [Water and wind erosion on virgin lands during global climate change] // Agrarnyj sektor, 2023, Vol. 57, No 3, 86–89. [in Russian]

18. Rakhimova M., Zulypkharov K., Assylbekova A., Zhengissova N., Taukebayev O. Using the Revised Universal Soil Loss Equation and Global Climate Models (CMIP6) to Predict Potential Soil Erosion Associated with Climate Change in the Talas District, Kazakhstan // Sustainability, 2024, 16, 574. <https://doi.org/10.3390/su16020574>

19. Nacional'nyj atlas Respubliki Kazahstan. Tom 3 / Okružhajushhaja sreda i jekologija [National Atlas of the Republic of Kazakhstan. Volume 3 / Environment and Ecology], Almaty, 2010, 158. [in Russian]

20. Google Earth Pro (2024) [kh.google.com](https://www.google.com) on 08/07/2024.

21. Simonov Ju.G. Rechnoj bassejn i bassejnovaja organizacija geograficheskoj obolochki [The river basin and the basin organization of the geographical shell] // Izbrannye trudy, M.: Izd-vo OOO «Ritm», 2008, 284-314. [in Russian]

22. Korytnyj L.M. Bassejnovaja koncepcija v prirodpol'zovanii: monografija [Basin concept in nature use: monograph], Irkutsk: Izd-vo IG SO RAN, 2001, 163. [in Russian]

23. Matveyeva I., Jaćimović R., Planinšek P., Stegnar P., Smodiš B., Burkitbayev M. Assessment of the main natural radionuclides, minor and trace elements in soils and sediments of the Shu valley (near the border of Kazakhstan and Kyrgyzstan) // J. of Radioanalytical and Nuclear Chem. – 2014. - V. 299. P. 1399-1409. <https://doi.org/10.1007/s10967-013-2902-3>

Авторлар туралы мәлімет:

Сиханова Н.С. – PhD, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, электр энергетикасы, техносфералық қауіпсіздік және экология кафедрасының аға оқытушысы, Әйтеке би көшесі, 29А, 120014, Қызылорда, Қазақстан.

Шынбергенов Е.Ә. – хат-хабар авторы, PhD, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, су шаруашылығы және жерге орналастыру кафедрасының аға оқытушысы, Әйтеке би көшесі, 29А, 120014, Қызылорда, Қазақстан.

Алдамбергенова Г.Т. – магистр, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, су шаруашылығы және жерге орналастыру кафедрасының аға оқытушысы, Әйтеке би көшесі, 29А, 120014, Қызылорда, Қазақстан.

Sihanova N.S. – PhD, Senior lecturer at the Department of Electric Power Engineering, Technosphere Safety and Ecology of Korkyt Ata Kyzylorda University, Ayteke bi str., 29A, 120014, Kyzylorda, Kazakhstan.

Shynbergenov Y.A. – corresponding author, PhD, Senior lecturer at the Department of Water Management and Land Use of Korkyt Ata Kyzylorda University, Ayteke bi str., 29A, 120014, Kyzylorda, Kazakhstan.

Aldambergenova G.T. – master’s degree, Senior lecturer at the Department of Water Management and Land Use of Korkyt Ata Kyzylorda University, Ayteke bi str., 29A, 120014, Kyzylorda, 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/>)