

Н.Е. Рамазанова , **Г.Н. Даметова*** , **А.Е. Аяпбекова** ,
Ж.М. Карагойшин , **М.А. Алагуджаева** , **С.Т. Токсанбаева** 

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

*e-mail: gulnazdametova@mail.ru

ТЕРІСАҚҚАН ӨЗЕНІ АЛАБЫНДАҒЫ ТОПЫРАҚ ШАЙЫЛУЫН БАҒАЛАУДА ЖАУЫН-ШАШЫН ҚАРҚЫНДЫЛЫҒЫ КОЭФФИЦИЕНТІНІҢ (R-ФАКТОРДЫҢ) РӨЛІ

Қазіргі таңда топырақ эрозиясына (шайылуына) байланысты топырақ деградациясы өзекті экологиялық мәселелердің бірі болып отыр. Бұл процестің ауқымын нақты бағалау және алдын алу шараларын әзірлеу аса маңызды. Топырақ эрозиясы – табиғи және антропогендік факторлардың өзара әрекеттесуінен туындайтын күрделі процесс. Ол жердің құнарлылығын төмендетіп, ауыл шаруашылығына және ұлттық экономикаға үлкен зиян келтіреді. Шығу тегіне қарай топырақ эрозиясы екі түрге бөлінеді: жел эрозиясы (дефляция) және су эрозиясы (шайылу). Атмосфералық жауын-шашынның көп мөлшері мен жоғары қарқындылығы – су эрозиясын күшейтетін негізгі факторлардың бірі.

Осы зерттеудің мақсаты – Терісаққан өзені алабындағы жауын-шашын қарқындылығы коэффициентінің (R-фактордың) кеңістіктік таралуын анықтап, оның топырақ шайылуын сандық бағалаудағы рөлін айқындау. Бұл мақсатқа жету үшін геоақпараттық жүйе (ГАЖ) әдістері пайдаланылды: жауын-шашын бойынша метеодеректер интерполяцияланып, алаптың аумағы бойынша R-фактордың мәндері есептелді.

Терісаққан өзенінің алабы шығыстан батысқа қарай шамамен 130 км, ал оңтүстіктен солтүстікке қарай 239 км созылып жатыр. Оның оңтүстік бөлігі – төбелі аймақ, ал солтүстік жағы – жазық, сондықтан жауын-шашын мөлшері оңтүстіктен солтүстікке қарай кемиді. Солтүстік-шығыс бөлігінде жауын-шашын мөлшері 302–325 мм болса, оңтүстік бөлігінде 137–176 мм шамасында. Есептелген R-фактор көрсеткіштері де осы заңдылықты көрсетеді: солтүстік-шығыста – 151–162, ал оңтүстікте – 68–88 аралығында. Бұл көрсеткіштер жауын-шашын қарқындылығының су эрозиясының дамуына шешуші әсер ететінін дәлелдейді, әсіресе майда құрылымды топырақтар мен желді аймақтарда. Зерттеудің ғылыми маңызы-осы аумақ бойынша R-факторды есептеу арқылы топырақ эрозиясының кеңістіктік заңдылықтарын нақтылау болса, практикалық мәні – эрозия қаупі жоғары аймақтарды анықтап, тиімді қарсы шараларды жоспарлауға мүмкіндік беруінде.

Түйін сөздер: өзені алабы, R-фактор, жауын шашын мөлшері, географиялық ақпараттық жүйе, эрозия үрдісі, интерполяция.

N.Y. Ramazanova, G.N. Dametova*, A.E. Ayapbekova,
Z.M. Karagoishin, M.A. Alagudzhayeva, S.T. Toxanbayeva

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

*e-mail: gulnazdametova@mail.ru

The role of the rainfall intensity coefficient (R-factor) in assessing soil erosion in the Terisakkan river basin

Currently, soil degradation caused by erosion (runoff) is a pressing issue that requires accurate assessment of its scale and the development of effective preventive measures. Soil erosion is a complex natural-anthropogenic process that leads to the loss of land fertility and causes significant damage to agriculture and the economy. According to its origin, soil erosion is divided into two main types: wind erosion (deflation) and water erosion (runoff). High intensity and heavy precipitation are key factors that accelerate water erosion.

The goal of this study is to determine the spatial distribution of the rainfall intensity coefficient (R-factor) and evaluate its role in the quantitative assessment of soil runoff in the Terisakkan River Basin. To achieve this, GIS technologies were used: interpolation of meteorological precipitation data allowed the calculation of R-factor values across the basin area.

The Terisakkan River Basin extends approximately 130 km from east to west and 239 km from south to north. The southern part is located in a low mountainous zone, while the northern part lies in a flat area. As a result, precipitation decreases from south to north. Maximum rainfall values (302–325 mm/

year) were recorded in the northeastern part, while the minimum values (137–176 mm/year) were observed in the south. The calculated R-factor distribution reflects this pattern: maximum values (151–162) are found in the northeast, and minimum values (68–88) in the south of the basin. This confirms the crucial role of the R-factor in the development of water erosion processes, especially in areas with fine-grained soils and strong winds. The scientific significance of the study lies in clarifying spatial patterns of soil erosion based on R-factor calculations for this territory, and its practical value is in identifying high-risk zones and planning effective anti-erosion measures.

Keywords: river basin, R-factor, precipitation, geographic information system, erosion process, interpolation.

Н.Е. Рамазанова, Г.Н. Даметова*, А.Е. Аяпбекова,
Ж.М. Карагойшин, М.А. Алағуджаева, С.Т. Токсанбаева
Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
*e-mail: gulnazdametova@mail.ru

Роль коэффициента интенсивности осадков (R-фактора) в оценке смыва почвы в бассейне реки Терисаккан

В настоящее время проблема деградации почв вследствие эрозии (смыва) стоит весьма остро, что требует точной оценки масштабов этого процесса и разработки эффективных профилактических мер. Почвенная эрозия является сложным природно-антропогенным процессом, который приводит к потере плодородия земель и наносит существенный ущерб сельскому хозяйству и экономике. По происхождению различают два основных вида эрозии почв: ветровой (дефляция) и водный (смыв). Высокая интенсивность и большое количество атмосферных осадков – один из ключевых факторов, ускоряющих процессы водной эрозии.

Цель данного исследования – определить пространственное распределение коэффициента интенсивности осадков (R-фактора) и оценить его роль в количественной оценке смыва почвы в бассейне реки Терисаккан. Для достижения этой цели использованы методы геоинформационных систем: выполнена интерполяция метеорологических данных об осадках, что позволило рассчитать значения R-фактора по территории бассейна.

Бассейн Терисаккан протягивается примерно на 130 км с востока на запад и на 239 км с юга на север. Южная его часть представлена низкогорьем, а северная – равниной, вследствие чего количество осадков распределяется неравномерно: в северо-восточных районах выпадает до 302–325 мм в год, тогда как в южных – лишь порядка 137–176 мм/год. Распределение рассчитанного R-фактора отражает эту тенденцию: максимальные значения (151–162) наблюдаются на северо-востоке, а минимальные (68–88) – на юге бассейна. Таким образом, подтверждается решающая роль коэффициента интенсивности осадков (R-фактора) в развитии процессов водной эрозии: в областях с обильными дождями эрозионный смыв наиболее интенсивен, особенно на мелкодисперсных почвах при сильных ветрах. Научная значимость работы заключается в уточнении пространственных закономерностей почвенной эрозии на основе расчетов R-фактора для данной территории, а практическая ценность – в возможности использования полученных результатов для выявления зон повышенного риска смыва и планирования эффективных противоэрозионных мер.

Ключевые слова: речной бассейн, R-фактор, количество осадков, географическая информационная система, процесс эрозии, интерполяция.

Кіріспе

Әлемдік тәжірибе көрсеткендей, судың әсерінен болатын топырақ эрозиясы – жер бедерінің деградациясының ең маңызды факторы болып табылады. Адамзат қызметі топырақ эрозиялық процестерді жеделдетіп, олардың қарқындылығын арттырғаны анықталуда. Мысалы, Poesen (2018) және әріптестері өткен ғасырда топырақ эрозиясының айтарлықтай ұлғаюын көрсеткен, ал Боррелли және т.б. (2021) осы үрдіс әлемдік сипатқа ие екенін атап көрсеткен. Сол себепті қазіргі кезеңде топырақ ресурстарын сақтау, ба-

қылау және болжау экожүйені тұрақты дамыту үшін ерекше маңызға ие.

Қазақстанда 2021 жылғы ресми деректер бойынша егістік алқабы 214 191,9 мың гектарды құрайтын болса, оның шамамен 11,3%-ында топырақ эрозиясы байқалады. Бұл көрсеткіштер өңірлік деңгейде экологиялық және экономикалық маңызы бар проблемаларды көрсетеді. Биіктік және көлбеу мөлшері, жауын-шашын мөлшері мен қарқындылығы, қар мен аяздың балансы, өсімдік қорының сипаты, сонымен бірге адам қызметінің қарқындылығы топырақ эрозиясына тікелей әсер ететін негізгі факторлар болып саналады.

Қазақстанның көптеген өңірлерінде және көрші елдерде топырақ эрозиясын бағалау мәселесі зерттелуде (мысалы, Рамазанова және т.б., 2020, 2022; Kaliyeva және т.б., 2024). Атап айтқанда, Рамазанова мен әріптестері 2020 ж. Жайық өзенінде RUSLE қолдана отырып топырақ шығынын карталады, ал 2022 ж. Экологиялық зерттеулерде Эмбулатовка алқабында эрозия мен рекреация арасындағы байланысты талдады. Осы заманғы және классикалық әдістердің ортақ қортындысы – жауын-шашынның кеңістіктік сипаты мен R-фактордың жерге қатысты өзгеруі топырақ эрозиясын болжау үшін шешуші болып табылады. Бұл зерттеудің мақсаты – Терісаққан өзені алабында ГИС негізінде R-факторды интерполяциялау арқылы топырақ эрозиясының деңгейін бағалау әдісін дамыту болып табылады.

Бүгінгі таңда топырақ эрозиясын бағалау мен болжау үшін қолданылатын ең танымал математикалық модельдер мыналар:

- USLE – әмбебап топырақ жоғалту теңдеуі (Wischmeier & Smith, 1978);
- RUSLE – қайта қаралған әмбебап теңдеу (Renard & Freimund, 1994);
- MUSLE – ағын суларды есепке алатын модификацияланған теңдеу (Williams, 1975);
- WEPP – су эрозиясын болжау жобасы (Foster & Lane, 1987);
- AGNPS – нүктелік емес ластану көздерін модельдеу жүйесі (Young et al., 1989).

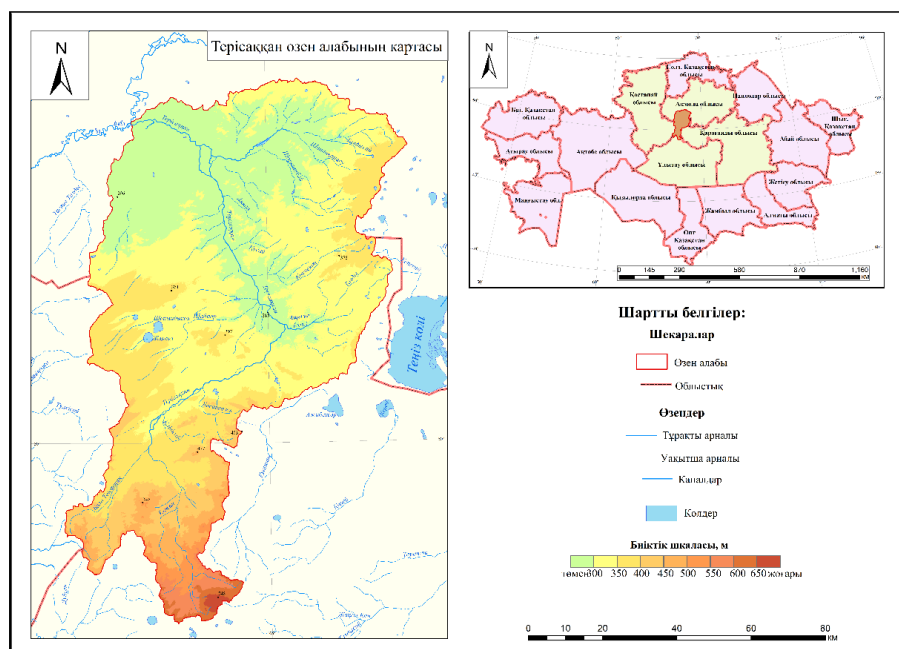
Бұл модельдер қашықтан зондтау (RS) және геоақпараттық жүйелермен (ГИС) бірге қолданылғанда жоғары нәтижелер береді. Мәселен, Маханова және әріптестері (2023) Жыланды өзенінің алабында RUSLE моделін пайдаланып, эрозиялық қауіпті аудандарды ArcGIS көмегімен анықтаған. Ал Тоқсанбаева (2024) Нұра өзенінің бассейнінде USLE моделін ГИС негізінде қолдана отырып, эрозияның кеңістіктік таралуын сипаттаған.

Халықаралық деңгейде Borrelli және басқалары (2021) мен Wang J. (2024) топырақ эрозиясын модельдеудің жаһандық әдістерін жүйелеп, олардың тиімділігі мен қолдану саласын талдаған. Ал Filchev & Kolev (2023) геоақпараттық және жасанды интеллект (AI) әдістерінің көмегімен эрозия тәуекелін болжаудың жаңа бағыттарын ұсынған.

Жауын-шашын қарқындылығының (R-фактордың) топырақ шайылуына әсері ерекше маңызды. Әрбір аймақ үшін бұл көрсеткіш ArcGIS немесе басқа геоақпараттық платформалар арқылы сандық түрде есептеліп, эрозияның кеңістіктік заңдылықтарын анықтауға мүмкіндік береді.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Терісаққан өзені – Қазақстандағы өзен, Ертіс алабына кіретін Есілдің сол жақтағы және ең ұзын саласы. Қазақстан Республикасының Есіл су шаруашылығы алабына жатады.



1-сурет – Терісаққан өзен алабының физикалық-географиялық орны

Қазақстан Республикасының Есіл су шаруашылығы алабына жатады. Өзен ұзындығы – 334 км, су жиналу алабының ауданы – 19 500 км². Ұлытау тауының солтүстік-шығыс сілемдерінен, Бақаншайыншақ тауының етегінен, шамамен 680 м биіктікте бастау алады. Ертiс алабының Есіл өзеніне сол жағынан, Ақмола облысының Көксай ауылы маңында, шамамен 246 м биіктікте құяды. Өзеннің жалпы бағыты оңтүстіктен солтүстікке қарай созылады. Жоғарғы ағысында аңғары тар (3–5 км), орта және төменгі ағысында аңғар кеңейіп, жазық далаға шығады. Негізгі салалары: сол жақтан – Үлжан, Бала-Терісаққан, Шабдар; оң жақтан – Ащылы, Көкпекті, Шапанқарасу. су жинау торабы әлсіз дамыған, себебі аймақтың климаты құрғақ және континенталды.

Зерттеу әдісі

Жауын-шашын кезінде жүретін топырақ эрозиясы әдетте қысқа мерзімді сипатқа ие болады және оның ұзақтығы минуттармен немесе сағаттармен өлшенеді. Алайда мұндай процестердің нәтижесінде шайылған топырақтың мөлшері қар еруінен болатын эрозиямен салыстырғанда әлдеқайда көп болуы мүмкін, кей жағдайда бір гектар аумақтан ондаған тоннаға дейін жетеді.

Шайылу көлемі тек су ағынының параметрлеріне ғана емес, сонымен қатар жаңбыр тамшыларының мөлшері мен массасына да тікелей байланысты. Тамшылардың массасы мен жылдамдығы артқан сайын олардың топыраққа әсер ететін кинетикалық энергиясы да күшейеді. Тамшы топырақ бетіне соғылғанда, ол бөлшектерді ұсақтап, шашырау арқылы топырақтың құрылымын бұзады. Бұл бөлшектердің бір бөлігі топырақ бетіне қайта түспей, уақытша су ағындарымен бірге тасымалданады. Сонымен қатар, жаңбыр тамшылары ағын суға түсіп, турбуленттілікті күшейтіп, эрозиялық және тасымалдау қабілетін арттырады (Рамазанова 2022)..

Қар еруінен туындайтын эрозиялық процестер жаңбыр әсерінен болған эрозияға қарағанда баяу өтеді, бірақ ұзақ уақытқа созылады. Қардың жылдам еруі кезінде топырақ жоғалту көлемі орта есеппен бір гектарға бірнеше тоннаға жетуі мүмкін (Д. И. Щеглов, Н. С. Горбунова, 2011: 3–4). Топырақтың шайылуы оның құрылымдық және физикалық қасиеттерінің әлсіреуіне әкеледі. Егер беттік шайылуға қарсы шаралар қолданылмаса, уақыт өте келе эрозияның терең-

дігі 20–30 см-ге дейін жетуі мүмкін (Рамазанова, 2016: 30).

Топырақ эрозиясын есептеу барысында жауын-шашын қарқындылығы, жер бедерінің еңістігі және басқа да факторлар ескерілмеген жағдайда нәтижелер дәл болмайды. Сол себепті көптеген мемлекеттерде эрозиялық процестердің интенсивтілігін есептеу үшін Wischmeier мен Smith ұсынған эмбебап формула кеңінен қолданылады:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (1)$$

мұнда:

A – топырақтың орташа жылдық эрозиясының болжамды мөлшері;

R – жауын-шашын қарқындылығы (эрозияның энергетикалық факторы);

K – топырақтың эрозиялық тұрақтылық коэффициенті;

L – көлбеу ұзындығының коэффициенті;

S – еңістік дәрежесінің коэффициенті;

C – өсімдік жамылғысы мен топырақты өңдеу тәсілінің коэффициенті;

P – эрозияға қарсы қолданылған шаралардың тиімділік коэффициенті.

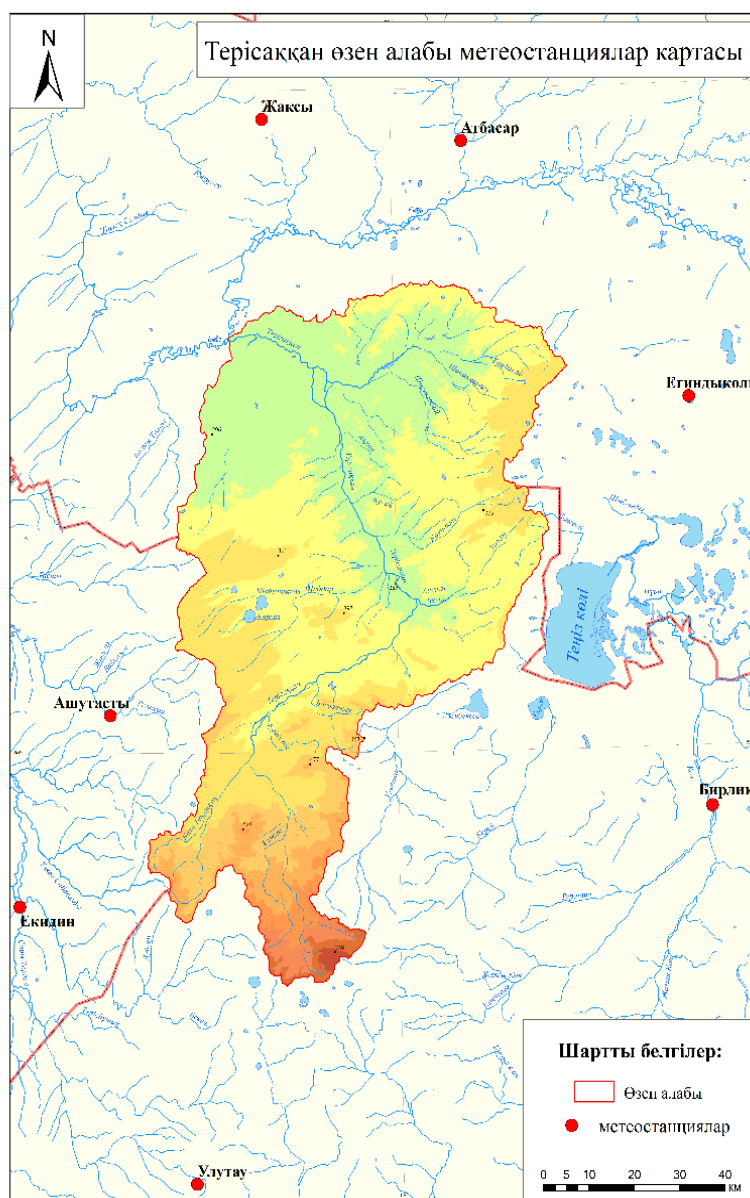
Бұл формула топырақ эрозиясының көлемін сандық түрде бағалауға және әр аймақтың табиғи ерекшеліктеріне қарай салыстырмалы талдау жүргізуге мүмкіндік береді. Әсіресе R-факторы маңызды, өйткені ол белгілі бір аумақтағы ылғалдылық пен жауын-шашынның қарқындылығын сипаттайды.

ArcGIS секілді геоақпараттық жүйелерде (ГАЗ) бұл көрсеткіштерді анықтау үшін интерполяция әдістері қолданылады. Интерполяция – белгілі бір параметрдің (мысалы, жауын-шашын мөлшерінің) аралық мәндерін анықтауға мүмкіндік беретін математикалық-статистикалық тәсіл. Осы әдіс арқылы кеңістіктегі нүктелік деректер негізінде жауын-шашынның таралу карталары жасалады. ArcGIS ортасында R-факторды есептеу бірнеше қарапайым қадам арқылы жүзеге асады: бастапқы метеорологиялық деректер енгізіледі, кеңістіктік интерполяция жүргізіледі, нәтижесінде жауын-шашынның қарқындылық индексі сандық түрде анықталады. Осылайша алынған деректер топырақ эрозиясын болжау мен картографиялауда жоғары дәлдік береді және ауыл шаруашылығын жоспарлау, эрозияға қарсы шараларды жобалау ісінде кеңінен қолданылады (Ranzi 2012)..

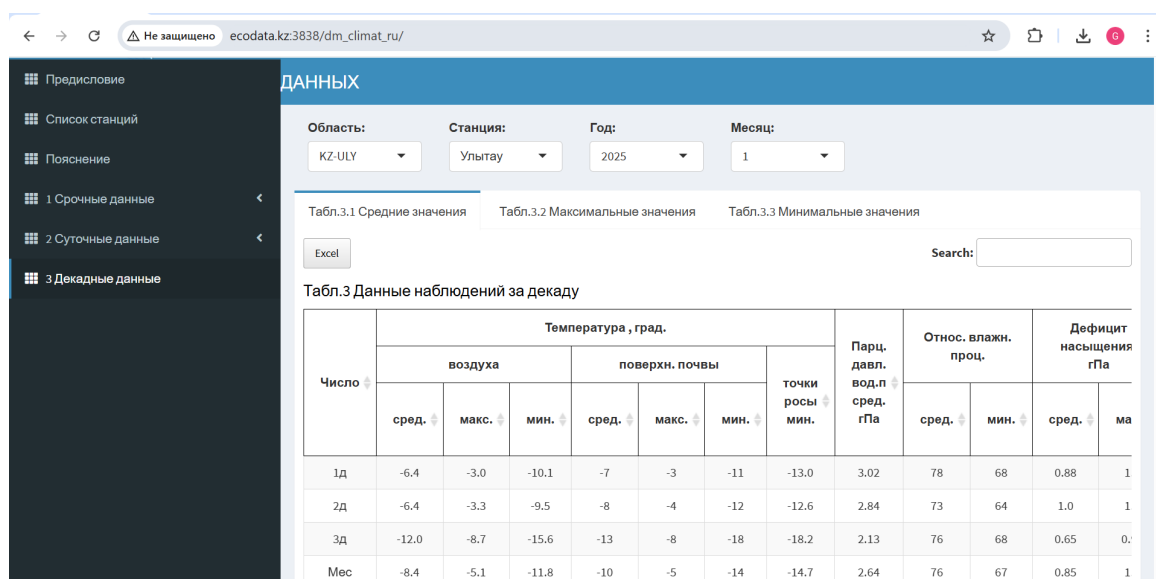
Зерттеу нәтижелері және талқылау

Негізгі математикалық амалдарды қолдана отырып, бірнеше параметрлерді көрсетуге және ArcGIS-ке жауын-шашынды есептеуді қосу үшін бір-біріне сәйкес келтіре отырып қол жеткізуге болады. Жауын-шашын қарқындылығын анықтау үшін келесі алгоритмдер орындалды:

1) Жауын-шашынның орташа көп жылдық мәнін анықтау мақсатында алап аумағында орналасқан Атбасар, Егіндікөл, Екідін, Бірлік, Жақсы, Ашутасты, Ұлытау метеостанцияларының деректері пайдаланылды. Метеорологиялық мәліметтер Қазақстан Республикасының ұлттық гидрометеорологиялық қызметі – «Қазгидромет» РМК ұсынған бақылау материалдары негізінде алынды (2-сурет).



2-сурет – Терісаққан өзені алабындағы метеорологиялық станциялар мен гидрологиялық бекеттер картасы



3-сурет – «Қазгидромет» РМК сайты бойынша мәліметтер алу үлгісі
(http://ecodata.kz:3838/dm_climat_ru/)

2) Анықталған станциялар бойынша көрсетілгендей жауын-шашынның әр айдың көпжылдық көрсеткіші «Қазгидромет» РМК ресми парақшасынан алынды. Алынған мәліметтерді Microsoft

Excel бағдарламасына енгізіп, орташа жылдық мәні есептеліп шығарылды. Сонымен қатар, ArcGIS бағдарламасына енгізу үшін метеорологиялық станциялардың координатасы жазылды.

1-кесте – Терісаққан өзен алабы бойынша жауын-шашынның орташа көпжылдық мәні

Метеостанция	Ендік	Бойлық	Орташа жауын-шашын (мм)
Атбасар	51.841993	68.363441	312
Егіндыкөл	51.053143	69.495523	298
Екідін	49.534342	66.129315	205
Бірлік	49.816791	69.548725	228
Жақсы	51.913169	67.337652	306
Ашутасты	50.113908	66.370637	296
Ұлытау	47.839222	67.618556	31

Жауын-шашын мөлшері бойынша ең жоғары көрсеткіш метеорологиялық станция деректеріне сәйкес 2020 жылға тиесілі, бұл мәндер тиісінше 471 мм және 491 мм шамасында болды.

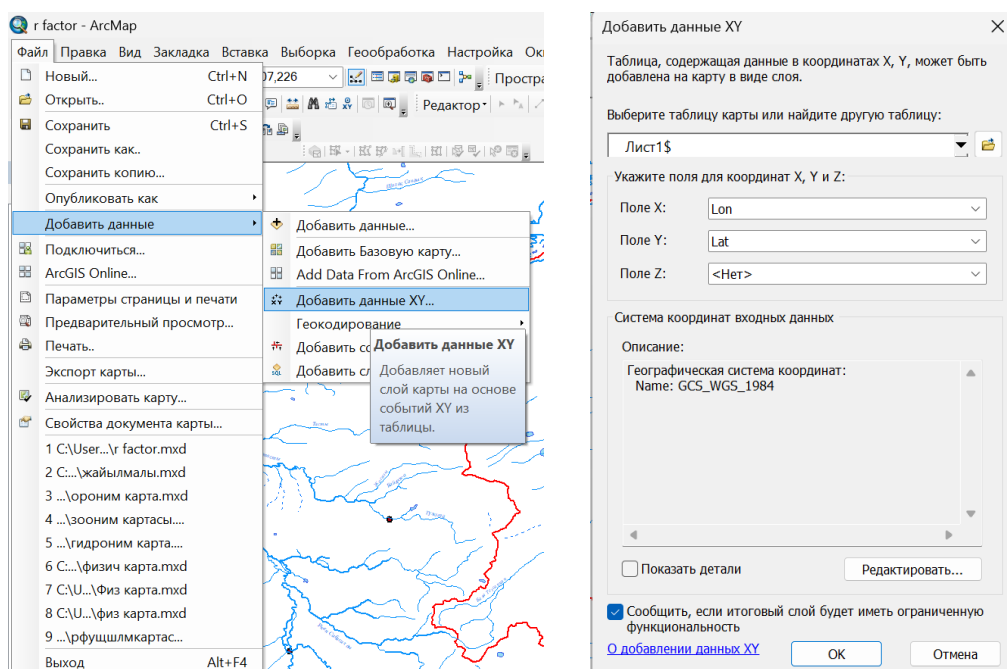
Жоғарыда аталған кестелік деректер кеңістіктік талдау жүргізу мақсатында ArcGIS геоақпараттық жүйесіне енгізілді. Ол үшін бағдарламаның негізгі мәзірінен Файл → Мәліметтерді қосу командасы қолданылып, «Кестені тандау» ұяшығына алдын ала дайындалған метеорологиялық деректер кестесі жүктелді. Кестені ке-

ңістіктік нысанға түрлендіру барысында координаталық өрістер ретінде X және Y мәндері таңдалып, метеостанциялардың орналасу нүктелері карта бетінде бейнеленді (сурет 4).

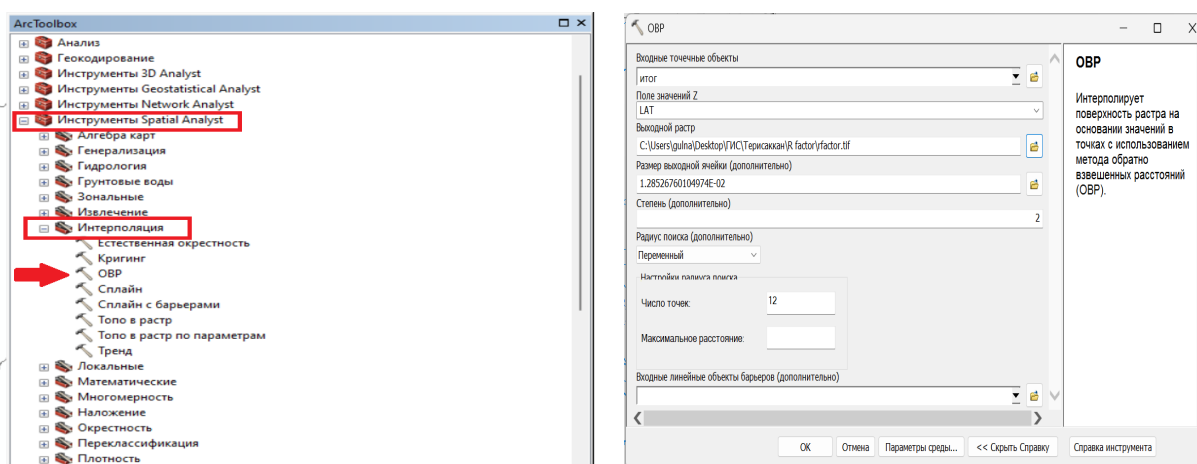
Алап аумағы бойынша жауын-шашын мөлшерінің кеңістіктік таралуын анықтау мақсатында интерполяциялау әдісі қолданылды. Бұл кезеңде ArcToolbox құралдар терезесі ашылып, Spatial Analyst → Интерполяция → OBP (Spline) алгоритмі пайдаланылды. Аталған әдіс деректер арасындағы үздіксіз бетті қалыптастыруға мүм-

кіндік береді және нүктелік бақылау деректері негізінде мөңдердің аумақтық өзгерісін бейнелеуде кеңінен қолданылады. «OBP (Spline)» параметрлер терезесінде шығыс нүктелік нысандар

ретінде алап аумағында орналасқан метеорологиялық станциялардың деректері таңдалып, нәтижесінде жауын-шашынның интерполяцияланған кеңістіктік беті алынды (сурет 5, 6).



4-сурет – ArcGIS бағдарламасына Атрибуттық кестені енгізу жолы



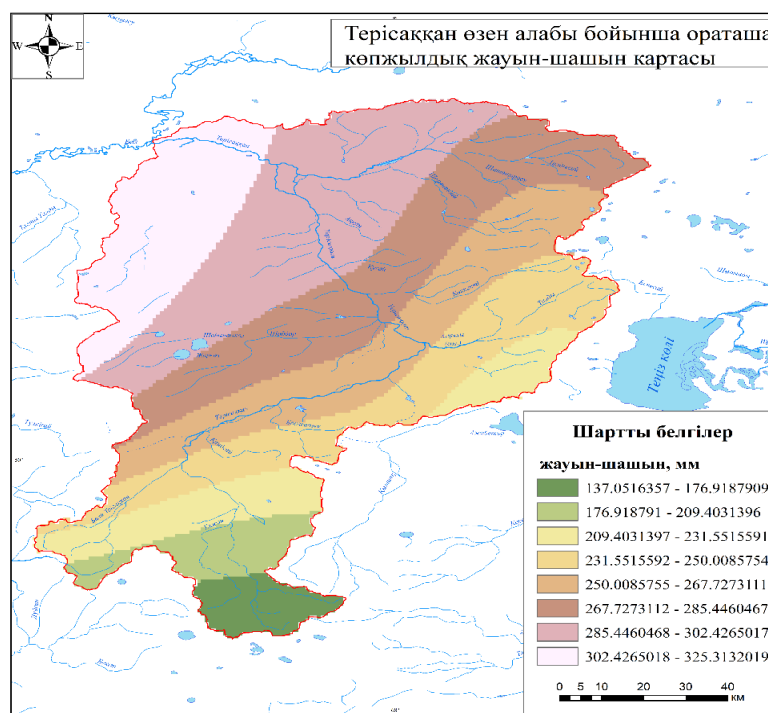
5, 6-сурет – ArcToolbox құралдар терезесі және өлшенген қашықтықты өңдеу (OBP) терезесі

Терісаққан өзені алабы аумағында жауын-шашын мөлшерінің кеңістіктік таралу ерекшеліктері анықталды. Алаптың климаты шұғыл континенттік сипатқа ие. Жауын-шашынның таралуы бойынша солтүстік-шығыс бөлігін-

де ең жоғары мөңдер 302–325 мм аралығында, ал оңтүстік бөлігінде ең төменгі көрсеткіштер 137–176 мм шамасында байқалады (сурет 7). Терісаққан өзені алабы аумағында жауын-шашынның кеңістіктік таралуы жер бедерінің

жалпы морфологиялық құрылымымен тығыз байланысты. Алаптың солтүстік бөлігінде басым болатын салыстырмалы түрде жайпақ және әлсіз тілімденген рельеф ылғалдың жиналуына қолайлы жағдай қалыптастырып, жауын-шашын мөлшерінің артуына ықпал етеді. Ал оңтүстік бөлікте рельефтің күрделене түсуі мен қырат-

ты-жонды пішіндердің кең таралуы климаттың құрғақ континенттік сипатын күшейтіп, жауын-шашын көлемінің азаюына әкеледі. Нәтижесінде жер бедерінің аумақтық айырмашылықтары алап шегіндегі ылғал режимінің қалыптасуында айқындаушы факторлардың бірі ретінде көрініс табады.



7-сурет – Жауын-шашын көрсеткіштерінің Терісаққан өзені алабы бойынша таралу картасы

7-суреттегі орташа көпжылдық жауын-шашын көрсеткіштерін пайдалана отырып, жауын-шашынның қарқындылығы (R-фактор) төмендегі формула арқылы анықталды:

$$R = 0,548257 * P - 59.9 \quad (2)$$

мұндағы P – жауын-шашынның көпжылдық орташа көрсеткіші. Бұл (2)-формула көпжылдық жауын-шашын мөлшері 850 мм-ден төмен ($P < 850$ мм) болған жағдайда қолданылады.

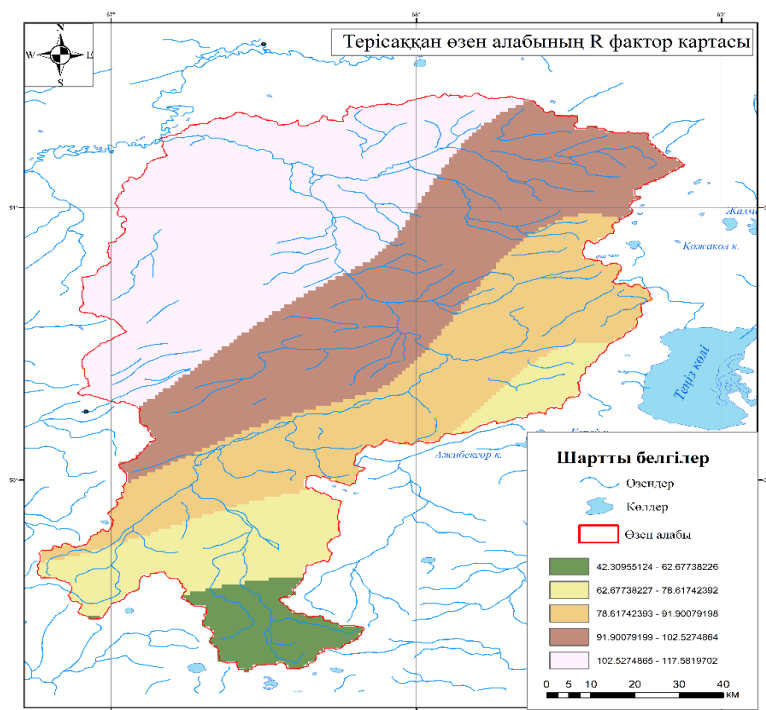
Есептеу жұмыстарын орындау үшін ArcGIS 10.4 бағдарламасындағы ArcToolbox құралдар терезесі пайдаланылды. Онда келесі командалар

тізбегі орындалды: Spatial Analyst құралдары → Карта алгебрасы → Растр калькуляторы. «Растр калькуляторы» терезесіне жоғарыда келтірілген формула (2) енгізілді.

Есептеу нәтижесінде Терісаққан өзені алабының жер пайдалану категориялары бойынша жауын-шашын қарқындылығын сипаттайтын R-фактор картасы алынды (8-сурет). Көрнекілік мақсатында картада әртүрлі түстер қолданылып, алап аумағында жауын-шашын жиі түсетін аймақтар айқын көрсетілді. Мұндай визуализация жауын-шашынның кеңістіктік таралу ерекшеліктерін түсінуге және эрозиялық қауіпті аймақтарды анықтауға мүмкіндік береді.

8-суретке сәйкес, Терісаққан өзені алабы бойынша R-фактордың мәндері солтүстік-шығыстан оңтүстікке қарай төмендейді. Солтүс-

тік-шығыс бөлігінде максималды көрсеткіштер 151–162, ал оңтүстік бөлігінде минималды мәндер 68–88 шамасында анықталды.



8-сурет – Терісаққан өзені алабының жауын-шашын коэффициентінің мәндері (R-фактор) картасы

9 суретте көрсетілгендей Терісаққан өзені алабы бойынша R – фактордың мәндері солтүстік-шығыстан оңтүстікке қарай өзгеріп отырады. Солтүстік-шығыс бөлігінде максималды мән 151-162 көрсеткіші жалпы алаптың 12,73 %-ын, ал минималды көрсеткіш 68-88 оңтүстік бөлі-

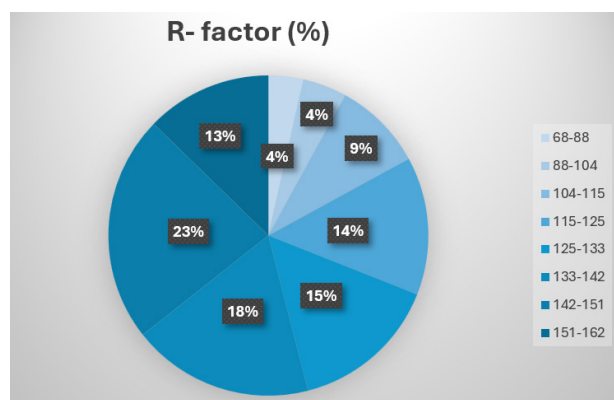
гінде алаптың 3,51%-ын алып жатыр. Бұл нәтижелер жауын-шашын қарқындылығының кеңістіктік таралуының топырақ эрозия қоршаған ортасына әсерін анықтауға мүмкіндік береді. Жауын-шашын мөлшері топырақтың жуылуының негізгі қозғаушы факторы болып табылады.

OBJECTID *	SHAPE *	area	F_	r_factor	r
18	Полигон	681.1365	3.51 %	68-88	1
1	Полигон	864.7111	4.46%	88-104	2
13	Полигон	562.7236	2.90%	104-115	3
15	Полигон	1197.766	6.18%	104-115	3
14	Полигон	2705.633	13.95%	115-125	4
8	Полигон	2914.266	15.02%	125-133	5
7	Полигон	3562.702	18.36%	133-142	6
3	Полигон	4444.124	22.91%	142-151	7
2	Полигон	2469.59	12.73%	151-162	8

9-сурет – Терісаққан өзені алабының жауын-шашын коэффициентінің мәндері (R-фактор) атрибуттық кестесі

Мәндерді айқын көрсету мақсатында 9-суретте көрсетілген атрибуттық кесте негізде 10-суреттегі диаграмма құрастырылды.

Терісаққан өзені алабының жалпы ауданы 19 500 км² құрайды. ГАЖ бағдарламасы арқылы құрылған атрибуттық кестенің көмегімен жауын-шашын қарқындылығының (R-фактордың) әр түрлі мәндерінің алап аумағында таралуы есептеліп, сандық деректер алынды. Бұл деректердің кеңістіктік ерекшеліктерін айқындау мақсатында диаграмма әзірленіп, сурет 10-да көрсетілді.



10-сурет – Терісаққан өзені алабының жауын-шашын коэффициентінің мәндер (R-фактор)

R-фактордың 142–151 аралығындағы мәндері алаптың шамамен 4 447 км² аумағын қамтиды, бұл жалпы аумақтың 23%-ына тең. Бұл көрсеткіш зерттеліп отырған аймақтың едәуір бөлігі жоғары эрозиялық қауіп аймағында орналасқанын көрсетеді. Ал 68–88 аралығындағы ең төменгі мәндер алаптың тек 681 км² жерін немесе 3,51%-ын құрайды. Мұндай аумақтар негізінен оңтүстік бөліктерге тән және оларда жауын-шашын мөлшері аз, эрозия қаупі салыстырмалы түрде төмен.

Бұл талдау нәтижелері эрозия қаупі жоғары және төмен аймақтарды дәл бөліп көрсетуге мүмкіндік береді. Осыған сәйкес, топырақты сақтау мен өңдеу стратегияларын әртүрлі аймақтар үшін жеке-жеке жоспарлау маңызды. Сонымен қатар, бұл ақпарат болашақта ауылшаруашылық жерлерді басқару мен экологиялық мониторинг жүргізу кезінде негіз бола алады.

Қорытынды

Осы зерттеу барысында Терісаққан өзені алабындағы жауын-шашынның кеңістіктік таралуы мен оның топырақ жуылуына әсері цифрлық түрде бағаланды. Ұсақ түйіршікті топырақтар жауын-шашын мен желдің жылдамдығы жоғары аймақтарда топырақ шайылуына көбірек ұшырайды. Қарқынды эрозия процестері топырақ құнарлылығының төмендеуіне, егістіктер мен жайылымдардың сапасының нашарлауына әкеледі. Мұның бәрі ауылшаруашылығына үлкен зиян келтіреді. Бұл мақала осы мәселеге назар аударылып және жауын-шашын қарқындылығын (R факторы) анықтау үшін ГАЖ технологиясындағы интерполяция әдісі қолданылған. Соның нәтижесінде алаптың солтүстік-шығыс бөлігі топырақ эрозия қаупі жоғары аймақ ретінде танылды. Зерттеу нәтижелері Терісаққан өзені алабының ауылшаруашылық алқаптарында бойынша R – фактордың мәндері шығыстан батысқа қарай өзгеріп отырады. Солтүстік-шығыс бөлігінде максималды мән 151-162 болса, ал минималды көрсеткіш 68-88 оңтүстігінде бөлігінде тең.

Алап аумағындағы су эрозиясымен күресу үшін келесі бағыттар ұсынылады: Агротехникалық шаралар – жауын-шашын мен ағын судың әсері жоғары болатын еңістеу аймақтарда (әсіресе солтүстік-шығыста) егістік алқаптарды контурлы жырту, топырақ қабатын жабу үшін шөпті немесе бұршақ тұқымдас дақылдарды егу, себу жолымен қорғау. Бұл әдістер жауын-шашын суының жерге сіңуін жақсартады және ағынның жылдамдығын бәсеңдетеді.

Мелиорациялық шаралар – эрозия қаупі жоғары учаскелерде (151–162 R-факторлық зонада) жыралар мен сайларды бекіту мақсатында шөптер, бұталар және ағаштар отырғызу ұсынылады. Бұл өсімдіктер тамыр жүйелері арқылы топырақты ұстап, шайылудан қорғайды.

Гидротехникалық шаралар – су тасқыны жиі жүретін бөліктерде (мысалы, картада жауын-шашын көп түсетін зона) шағын бөгеттер, су ағысын реттейтін каналдар және арық жүйелері сияқты инженерлік құрылымдар салу қажет. Бұл құрылыстар су ағынын бақылап, топырақ жуу көлемін азайтады. Аталған шаралар топырақтың су эрозиясына ұшырау деңгейін төмендетіп, оның құнарлылығын сақтауға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер

- Акиянова Ф.Ж., Васильченко Н.И. Soil erosion and deflation processes in the Akmola region in the conditions of agglomeration development of the region // *Ecosystems of Central Asia in modern conditions of social and economic development*. – Ulan-Ude, 2015. – P. 372–376.
- Акиянова Ф.Ж. и др. Применение методов анализа дистанционных данных для оценки плоскостной эрозии на примере территории Акмолинской области // *Гидрометеорология и экология*. – 2015.
- Рамазанова Н. Е., Мақсұтова С. М., Нуфтеннова К. С. ТОПЫРАҚ ШАЙЫЛУЫН АНЫҚТАУДАҒЫ ЖАУЫН-ШАШЫН ҚАРҚЫНДЫЛЫҚ КОЭФФИЦИЕНТІНІҢ (R-FACTOR) МАҢЫЗДЫЛЫҒЫ: (Аққанбұрлық өзен алабы мысалында) // *Journal of Geography & Environmental Management*. – 2024. – Т. 73. – №. 2.
- Amirzhanovna Z.A., Zhanaleyeva K.M., Galimzhanovich B.Z., Saparov K.T., Mendybayev E.H., Atasoy E. Assessment of hydrogeological features of the Yesil River Basin // *Journal of Environmental Biology*. – 2017. – Vol. 38, Special issue. – P. 1115–1120.
- Diarra B. Modeling of soil erosion by water in the provinces of Sikasso and Koulikoro (Republic of Mali) // *Антропогенная трансформация природной среды*. – 2021. – № 2. – С. 36–48.
- Iorgansky A.I., Balgabekov K.B. Water and irrigation erosion in Kazakhstan. – Almaty: Kaynar, 1979.
- Mazhitova G.Z., Janaleyeva K.M., Berdenov Z.G., Doskenova B.B., Atasoy E. Assessment of the sustainability of landscapes of the North-Kazakhstan region to agricultural impact // *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences*. – 2018. – No. 429. – P. 90–95.
- Mueller L., Saparov A., Lischeid G. Novel measurement and assessment tools for monitoring and management of land and water resources in agricultural landscapes of Central Asia. – Berlin: Springer, 2013.
- Pavlova A.N. Geoinformatsionnoe modelirovanie rechnogo basseina po dannym sputnikovoi s[□]emki SRTM (na primere basseina r. Tereshki) // *Izvestiya Saratovskogo gosudarstvennogo universiteta*. – 2009. – Vol. 9. – P. 39–44.
- Ramazanov N.E. Transformatsiya geoekosistem basseina reki Bykovka (bassein reki Zhaiyk) // *Vestnik KazNU. Seriya geograficheskaya*. – 2012. – No. 1 (34). – P. 3–10.
- Ramazanov N.E., Berdenov Z.G., Ramazanov S.K., Kazangapova N.B., Romanova S.M., Toksanbaeva S.T., Wendt J. Landscape geochemical analysis of steppe zone basin Zhaiyk // *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences*. – 2019. – Vol. 4 (436). – P. 33–41.
- Ramazanov N.E., Akhmet A.S., Toksanbaeva S.T. Opredelenie basseina reki Zhaiyk s ispolzovaniem instrumentov ArcGIS // *Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference “World Science: Scientific Issues of the Modernity”*. – Dubai, 2016. – Vol. II. – P. 39–41.
- Ramazanov N., Ozgeldinova Z., Janaleyeva K., Auyezova Z., Mukayev Z. The Present-day Geoecologic Situation of Kenghir River Basin Geosystem // *Biosciences Biotechnology Research Asia*. – 2015. – Vol. 12 (3). – P. 3041–3051.
- Ramazanov N., Ozgeldinova Z., Tursynova T., Asylbekov K., Turyspekova E., Toksanbaeva S., Zhanabayev D. Analysis of the impact of soil erosion in the Embulatovka River Basin on the development of recreational conditions of the natural resource state of the West Kazakhstan region // *GeoJournal of Tourism and Geosites*. – 2022. – Vol. 43 (3). – P. 866–871.
- Ramazanov N., Ozgeldinova Z., Turyspekova E., Akhmedova A., Tursynova T., Toksanbaeva S., Demeuov A., Ayapbekova A. The influence of recreation on the processes of soil erosion in the forests of the West Kazakhstan region // *GeoJournal of Tourism and Geosites*. – 2023. – Vol. 50 (4). – P. 1350–1355.
- Ranzi R., Le T.H., Rulli M.C. A RUSLE approach to model suspended sediment load in the Lo river (Vietnam) effects of reservoirs and land use changes // *Journal of Hydrology*. – 2012. – Vol. 422–423. – P. 17–29.
- Renschler C.S., Mannaerts C., Dieckkrüger B. Evaluating spatial and temporal variability in soil erosion risk rainfall erosivity and soil loss ratios in Andalusia Spain // *Catena*. – 1999. – Vol. 34. – P. 209–225.
- Renard K.G., Foster G.R., Weesies G.A., McCool D.K., Yoder D.C. Predicting soil erosion by water a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation RUSLE. – Washington DC: USDA Agriculture Handbook 703, 1997.
- Sharma A. Integrating terrain and vegetation indices for identifying potential soil erosion risk area // *Geo-Spatial Information Science*. – 2010. – Vol. 13 (3). – P. 201–209.
- Shinde V., Tiwari K., Singh M. Prioritization of micro watersheds on the basis of soil erosion hazard using remote sensing and geographic information system // *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*. – 2010. – Vol. 2 (3). – P. 130–136.
- Udayakumara E.P.N., Shrestha R.P., Samarakoon L., Schmidt-Vogt D. People’s perception and socioeconomic determinants of soil erosion a case study of Samanalawewa watershed Sri Lanka // *International Journal of Sediment Research*. – 2010. – Vol. 25. – P. 323–339.
- Wijesundara N.C., Abeysingha N.S., Dissanayake D.M.S.L.B. GIS based soil loss estimation using RUSLE model a case of Kirindi Oya river basin Sri Lanka // *Modeling Earth Systems and Environment*. – 2018. – Vol. 4 (1). – P. 251–262.
- Wischmeier W.H., Smith D.D. Predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planning. – Washington DC: USDA Agriculture Handbook 537, 1978.
- Xu Y.Q., Shao X.M., Peng J. Assessment of soil erosion using RUSLE and GIS a case study of the Maotiao River watershed Guizhou Province China // *Environmental Geology*. – 2009. – Vol. 56. – P. 1643–1652.
- Zaimes G.N., Schultz R.C., Isenhardt T.M. Riparian land uses and precipitation influences on stream bank erosion in Central Iowa // *Journal of the American Water Resources Association*. – 2006. – Vol. 42 (1). – P. 83–97.

Zevenbergen L.W., Thorne C.R. Quantitative analysis of land surface topography // *Earth Surface Processes and Landforms*. – 1987. – Vol. 12. – P. 47–56.

References

Akiyanova FZh, Vasilchenko NI (2015) Eroziionnye i deflyatsionnye protsessy v Akmolinskoi oblasti v usloviyakh aglomeratsionnogo razvitiya regiona [Soil erosion and deflation processes in the Akmola region under agglomeration development conditions]. *Ekosistemy Tsentralnoi Azii v sovremennykh usloviyakh sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya*, pp. 372–376. (In Russian)

Akiyanova FZh, et al. (2015) Primenenie metodov analiza distantsionnykh dannykh dlya otsenki ploskostnoi erozii [Application of remote sensing data analysis methods for assessing sheet erosion]. *Gidrometeorologiya i ekologiya*. (In Russian)

Amirzhanovna ZA, Zhanaleyeva KM, Galimzhanovich BZ, Saparov KT, Mendybayev EH, Atasoy E (2017) Assessment of hydrogeological features of the Yesil River Basin. *Journal of Environmental Biology*, 38 (Special Issue), 1115–1120.

Diarra B (2021) Modeling of soil erosion by water in the provinces of Sikasso and Koulikoro (Republic of Mali). *Antropogennaya transformatsiya prirodnoi sredy*, 2, 36–48. (In Russian)

Hernando D, Romana MG (2016) Estimate of the R USLE rainfall erosivity factor from monthly precipitation data in mainland Spain. *Journal of Iberian Geology*, 42, 113–124.

Iorgansky AI, Balgabekov KB (1979) Vodnaya i irrigatsionnaya eroziya v Kazakhstane [Water and irrigation erosion in Kazakhstan]. *Almaty Kaynar*. (In Russian)

Kienzler KM, Lamers J, McDonald A, Mirzabaev A, Ibragimov N, Egamberdiev O, Ruzbaev E, Akramkhanov A (2012) Conservation agriculture in Central Asia what do we know and where do we go from here. *Field Crops Research*, 132, 95–105. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.12.008>

Mazhitova GZ, Janaleyeva KM, Berdenov ZG, Doskenova BB, Atasoy E (2018) Assessment of the sustainability of landscapes of the North Kazakhstan region to agricultural impact. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan Series of Geology and Technical Sciences*, 429, 90–95.

Mueller L, Saparov A, Lischied G (2013) Novel measurement and assessment tools for monitoring and management of land and water resources in agricultural landscapes of Central Asia. *Springer Berlin*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-01017-5>

Pavlova AN (2009) Geoinformatsionnoe modelirovanie rechnogo basseina po dannym sputnikovoi s'emki SRTM [GIS based modeling of river basin using SRTM satellite data]. *Izvestiya Saratovskogo gosudarstvennogo universiteta*, 9, 39–44. (In Russian)

Ramazanov NE (2012) Transformatsiya geoekosistem basseina reki Bykovka [Transformation of geoecosystems of the Bykovka River basin]. *Vestnik KazNU Geographical Series*, 1 (34), 3–10. (In Russian)

Ramazanov NE, Akhmet AS, Toksanbaeva ST (2016) Opredelenie basseina reki Zhaiyk s ispolzovaniem instrumentov ArcGIS [Delineation of the Ural River basin using ArcGIS tools]. *World Science Scientific Issues of the Modernity*, II, 39–41. (In Russian)

Ramazanov N. E., Maksutova S. M., Nuftenova K. S. The Importance of Rainfall Intensity Coefficient (R-Factor) in Determining Soil Erosion: A Case Study of the Akkanburlik River Basin // *Journal of Geography & Environmental Management*. – 2024. – Vol. 73. – No. 2.

Ramazanov NE, Berdenov ZG, Ramazanov SK, Kazangapova NB, Romanova SM, Toksanbaeva ST, Wendt J (2019) Landscape geochemical analysis of steppe zone basin Zhaiyk. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan Series of Geology and Technical Sciences*, 4 (436), 33–41. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.95>

Ramazanov N, Ozgeldinova Z, Janaleyeva K, Auyezova Z, Mukayev Z (2015) The present day geoecologic situation of the Kenghir River Basin geosystem. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 12 (3), 3041–3051.

Ramazanov N, Ozgeldinova Z, Tursynova T, Asylbekov K, Turyspekova E, Toksanbaeva S, Zhanabayev D (2022) Analysis of the impact of soil erosion in the Embulatovka River Basin on the development of recreational conditions of the natural resource state of the West Kazakhstan region. *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 43 (3), 866–871. <https://doi.org/10.30892/gtg.43304-898>

Ramazanov N, Ozgeldinova Z, Turyspekova E, Akhmedova A, Tursynova T, Toksanbaeva S, Demeuov A, Ayapbekova A (2023) The influence of recreation on the processes of soil erosion in the forests of the West Kazakhstan region. *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 50 (4), 1350–1355. <https://doi.org/10.30892/gtg.50415-1133>

Ranzi R, Le TH, Rulli MC (2012) A RUSLE approach to model suspended sediment load in the Lo river Vietnam effects of reservoirs and land use changes. *Journal of Hydrology*, 422–423, 17–29. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.12.009>

Renschler CS, Mannaerts C, Dieckruger B (1999) Evaluating spatial and temporal variability in soil erosion risk rainfall erosivity and soil loss ratios in Andalusia Spain. *Catena*, 34, 209–225.

Renard KG, Foster GR, Weesies GA, McCool DK, Yoder DC (1997) Predicting soil erosion by water a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation RUSLE. *USDA Agriculture Handbook 703* Washington DC.

Sharma A (2010) Integrating terrain and vegetation indices for identifying potential soil erosion risk area. *Geo Spatial Information Science*, 13 (3), 201–209. <https://doi.org/10.1007/s11806-010-0342-6>

Shinde V, Tiwari K, Singh M (2010) Prioritization of micro watersheds on the basis of soil erosion hazard using remote sensing and geographic information system. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, 2 (3), 130–136.

Stone RP, Hilborn D (2000) Universal soil loss equation. *Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs Canada Guelph Ontario*.

Udayakumara EPN, Shrestha RP, Samarakoon L, Schmidt Vogt D (2010) People's perception and socioeconomic determinants of soil erosion a case study of Samanalawewa watershed Sri Lanka. *International Journal of Sediment Research*, 25, 323–339.

Wijesundara NC, Abeysingha NS, Dissanayake DMSLB (2018) GIS based soil loss estimation using RUSLE model a case of Kirindi Oya river basin Sri Lanka. *Modeling Earth Systems and Environment*, 4 (1), 251–262. <https://doi.org/10.1007/s40808-018-0419-z>

Wischmeier WH, Smith DD (1978) Predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planning. USDA Agriculture Handbook 537 Washington DC.

Xu YQ, Shao XM, Peng J (2009) Assessment of soil erosion using RUSLE and GIS a case study of the Maotiao River watershed Guizhou Province China. *Environmental Geology*, 56, 1643–1652.

Zaimes GN, Schultz RC, Isenhardt TM (2006) Riparian land uses and precipitation influences on stream bank erosion in Central Iowa. *Journal of the American Water Resources Association*, 42 (1), 83–97. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2006.tb03825.x>

Zevenbergen LW, Thorne CR (1987) Quantitative analysis of land surface topography. *Earth Surface Processes and Landforms*, 12, 47–56. <https://doi.org/10.1002/esp.3290120107>

Авторлар туралы мәлімет:

Рамазанова Нургуль Есеновна – PhD, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің физикалық және экономикалық география кафедрасының профессор м. а. (Астана, Қазақстан, e-mail: nurgulram@gmail.com);

Даметова Гүлназ Нұржанқызы – Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің физикалық және экономикалық география кафедрасының магистранты (Астана, Қазақстан, e-mail, gulnazdametova@mail.ru);

Аяпбекова Алия Ескермесовна – география ғылымдарының кандидаты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің физикалық және экономикалық география кафедрасының аға оқытушысы (Астана, Қазақстан, e-mail: ayapbekova_ae@enu.kz);

Карагойшин Жасхайыр Мухангалиевич – биология ғылымдарының кандидаты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің физикалық және экономикалық география кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Астана, Қазақстан, e-mail: k.zhashaiyr@mail.ru);

Алағуджаева Манира Амангельдиевна – PhD, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің физикалық және экономикалық география кафедрасының доцент м. а. (Астана, Қазақстан, e-mail: alagujayeve_ma@enu.kz);

Токсанбаева Сабина Тұрсыновна – PhD, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің физикалық және экономикалық география кафедрасының доцент м. а. (Астана, Қазақстан, e-mail: sabina.toxanbayeva@gmail.com).

Information about authors:

Ramazanova Nurgul Esenovna – PhD, Acting Professor of the Department of Physical and Economic Geography of L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan, e-mail: nurgulram@gmail.com);

Dametova Gulnaz Nurzhankyzy – Master's Student of the Department of Physical and Economic Geography of L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan, e-mail: gulnazdametova@mail.ru);

Ayapbekova Aliya Eskermesovna – Candidate of Geographical Sciences, Senior Lecturer, Acting Professor of the Department of Physical and Economic Geography of L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan, e-mail: ayapbekova_ae@enu.kz);

Karagoishin Zhaskhair Mukhangalievich – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Acting Professor of the Department of Physical and Economic Geography of L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan, e-mail: k.zhashaiyr@mail.ru);

Alagudzhaeva Manira Amangeldievna – PhD, Senior Lecturer, Acting Professor of the Department of Physical and Economic Geography of L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan, e-mail: alagujayeve_ma@enu.kz);

Toxanbayeva Sabina Tursynovna – PhD, Acting Associate Professor of the Department of Physical and Economic Geography of L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan, e-mail: sabina.toxanbayeva@gmail.com).

Сведения об авторах:

Рамазанова Нургуль Есеновна – PhD, и. о. профессора кафедры физической и экономической географии Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан, e-mail: nurgulram@gmail.com);

Даметова Гүлназ Нұржанқызы – магистрант кафедры физической и экономической географии Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан, e-mail: gulnazdametova@mail.ru);

Аяпбекова Алия Ескермесовна – кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры физической и экономической географии Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан, e-mail: ayapbekova_ae@enu.kz);

Карагойшин Жасхайыр Мухангалиевич – кандидат биологических наук, ассоциированный профессор кафедры физической и экономической географии Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан, e-mail: k.zhashaiyr@mail.ru);

Алағуджаева Манира Амангельдиевна – PhD, и. о. доцента кафедры физической и экономической географии Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан, e-mail: alagujayeve_ma@enu.kz);

Токсанбаева Сабина Тұрсыновна – PhD, и. о. доцента кафедры физической и экономической географии Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан, e-mail: sabina.toxanbayeva@gmail.com).

Келін түсті: 16 қазан 2025 жыл
Қабылданды: 04 желтоқсан 2025 жыл