

# Геоинформационные технологии

## Геоақпараттық технологиялар

### Geoinformation technologies

<https://doi.org/10.55764/2957-9856/2026-1-3-16.1>

УДК 631.459.2  
МРНТИ 87.21.05

Г. А. Есимбеков<sup>1</sup>, Н. Е. Рамазанова<sup>2</sup>, Т. Т. Мусабаев<sup>3</sup>

<sup>1</sup>\* Докторант PhD, главный специалист (Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, РГП «Республиканский центр государственного градостроительного планирования и кадастра», Астана, Казахстан; [Gabitnisa@gmail.com](mailto:Gabitnisa@gmail.com))

<sup>2</sup> PhD, ассоциированный профессор (Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан; [Nurgulram@gmail.com](mailto:Nurgulram@gmail.com))

<sup>3</sup> Д. т. н., профессор, генеральный директор (Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, РГП «Республиканский центр государственного градостроительного планирования и кадастра», Астана, Казахстан; [eti.enu@mail.ru](mailto:eti.enu@mail.ru))

## ЭМПИРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ПЛОСКОСТНОЙ ЭРОЗИИ ПОЧВ НА ОСНОВЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ (НА ПРИМЕРЕ ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ)

**Аннотация.** Рассматривается оценка плоскостной эрозии почв Жамбылской области с использованием модели RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) в геоинформационной среде. Для моделирования факторов R (дождевой эрозионной агрессии), K (почвенной устойчивости), LS (длины и крутизны склона), C (растительного покрова и землепользования) и P (противоэрозионных мероприятий) использовались методы анализа данных дистанционного зондирования, цифровые модели рельефа (SRTM), данные о землепользовании (Land Cover 2024, 10 м) и климатическая информация (WorldClim v2.1). Итоговый фактор A, отражающий среднегодовую потенциальную потерю почвы, был получен в ArcGIS с помощью инструмента Raster Calculator путём перемножения всех входных слоёв. Значения A варьируются от 0 до 22,4 т/га/год. Основная часть территории (98,4 %) характеризуется слабой эрозией (менее 0,3 т/га/год). Умеренно и сильно подверженные эрозии участки (A выше 2 т/га/год) составляют около 0,2 % площади и сосредоточены преимущественно на склонах гор, хребтов, русел рек и оврагов. Установлено, что наибольшее влияние на эрозионные процессы оказывают рельеф (LS-фактор) и структура землепользования (C-фактор), особенно в аграрных ландшафтах с высокой антропогенной нагрузкой. Полученные результаты являются важной основой для планирования почвозащитных мероприятий и устойчивого природопользования в регионе.

**Ключевые слова:** плоскостная эрозия, RUSLE, ГИС, дистанционное зондирование, Жамбылская область, пространственный анализ, почвенные потери.

**Введение.** Почвенная эрозия ведет к деградации земель, снижению урожайности и потере экосистемных функций. В условиях Жамбылской области, где преобладают засушливый климат, рельеф с выраженными склонами и активное сельское хозяйство, плоскостная эрозия проявляется особенно интенсивно. Использование дистанционных методов и ГИС позволяет провести пространственный анализ эрозионных процессов, выявить зоны риска и определить приоритетные направления почвозащитных мероприятий.

Плоскостной смыв является одной из начальных и наиболее распространённых форм водной эрозии, при которой происходит постепенное и малозаметное удаление верхнего слоя почвы под воздействием поверхностного стока [1]. Несмотря на визуальную слабо выраженность, данный

процесс оказывает значительное влияние на агроэкологическое состояние территорий. Он приводит к ухудшению физико-химических свойств почв, снижению их плодородия, сокращению мощностей гумусового горизонта, а также может вызывать заиление водных объектов и ухудшение состояния земельных угодий [2].

По данным государственного отчета о состоянии и использовании земельных ресурсов на территории страны значительная доля сельскохозяйственных угодий подвержена водной эрозии (смыв почвы). Так, в группе земель – смытых, подверженных водной эрозии, насчитывается около 4,9 млн га, из которых 1,2 млн га приходится на пашню [3]. Наибольшая площадь смытых почв отмечена в Акмолинской, Туркестанской, Восточно-Казахстанской и Жамбылской областях, что подчеркивает актуальность исследований в этих регионах [3].

В структуре земельного фонда Жамбылской области на 01.11.2023 г. удельный вес земли сельскохозяйственного назначения занимают 32,3% (4661,6 тыс. га), из которых более половины (77,5%) заняты пастбищами, 16,8% – пашнями [3]. По состоянию на 1 ноября 2022 года согласно данным Комитета по управлению земельными ресурсами Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан площадь эродированных сельскохозяйственных угодий в Жамбылской области составила 2636,7 тыс. га. Из них на водную (плоскостную) эрозию приходится 222,7 тыс. га, что эквивалентно 8,5% от общей площади угодий [3]. Особенно неблагоприятная ситуация наблюдается в структуре пашни: из 54,3 тыс. га эродированной пашни 52,7 тыс. га приходится на почвы, подвергшиеся смыву, что составляет около 97% от всей эродированной пашни [3]. Эти данные указывают на высокую степень уязвимости пахотных земель региона к процессам поверхностного смыва и необходимость принятия эффективных противоэрозионных мероприятий.

Традиционные методы оценки эрозионных процессов, основанные на полевых наблюдениях и лабораторных анализах, обладают высокой точностью. Однако они характеризуются значительными временными и трудовыми затратами. Проведение таких исследований на крупных территориях требует существенных финансовых ресурсов и значительного организационного обеспечения. В этой связи особую актуальность приобретает применение дистанционных методов, основанных на использовании данных спутникового зондирования Земли и геоинформационных систем (ГИС), которые позволяют проводить оперативную и пространственно непрерывную оценку состояния земель. Одним из наиболее распространённых и апробированных подходов к моделированию почвенной эрозии на основе данных дистанционного зондирования является универсальное уравнение потерь почвы (RUSLE), которое позволяет учитывать ключевые факторы эрозионного процесса – климатические, морфометрические, почвенные и землепользовательские параметры в интегрированной геоинформационной среде.

**Район исследования.** Жамбылская область расположена в южной части Казахстана и занимает территорию около 144,3 тыс. км<sup>2</sup>, что составляет примерно 5,3% от общей площади страны. Административным центром региона является город Тараз, обладающий важным историко-культурным значением. Географическое положение области включает разнообразные природно-климатические зоны: от засушливых равнин и полупустынь на севере до предгорий Северного Тянь-Шаня на юге.

Область граничит с Кыргызстаном на юге, а также с Алматинской, Туркестанской, Кызылординской и Карагандинской областями Казахстана. Рельеф преимущественно равнинный и волнистый с повышением в южном направлении, где формируются предгорья и низкогорья. Область характеризуется резко континентальным климатом, для которого типичны жаркое лето, холодная зима и выраженный дефицит атмосферных осадков. По данным РГП «Казгидромет», среднегодовое количество осадков варьируется от 150-300 мм на севере до 400-00 мм в предгорной зоне [4]. Гидрографическую сеть региона формируют крупные реки – Талас, Аса и Шу, имеющие важное значение для ирригации и сельского водоснабжения. Земельный фонд области активно используется в сельском хозяйстве.

**Материалы и методы исследования.** Для оценки плоскостной эрозии применяются различные подходы – от эмпирической модели USLE и её современной модификации RUSLE до сложных физически обоснованных моделей. Популярность RUSLE обусловлена удобством её совмещения с ГИС-инструментами. Тем не менее модель имеет существенные недостатки: она не учитывает оврагообразование, механизмы отложения осадков и кратковременные колебания стока, ограничиваясь лишь усредненными годовыми показателями. Альтернативой эмпирическим методам

выступают такие подходы, как WEPP (Water Erosion Prediction Project), базирующиеся на моделировании фундаментальных гидродинамических и почвенных процессов. Ключевым преимуществом WEPP является учет временной динамики стока [5]. Но неполномерная изученность территорий или дефицит данных мониторинга ограничивают использование этой модели.

В последнее десятилетие в Казахстане и странах Центрально-Азиатского региона наметился активный переход к использованию ГИС-технологий и методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для мониторинга водной эрозии. География исследований охватывает ключевые речные бассейны (Есил, Шыңғырлау, Нура, Жыланды) [6-9] и административные единицы (Алматинская и Акмолинская области, Таласский район) [10-12]. Доминирующим методическим подходом остается интеграция модели RUSLE с высокоточными ЦМР (SRTM, ALOS, ASTER) и данными группировок Sentinel-2/Landsat. Особое внимание в современных работах уделяется прогностическому моделированию: на основе сценариев СМР6 анализируется трансформация фактора эрозионной способности осадков ( $R$ ). Исследователи констатируют, что рост интенсивности экстремальных ливней ведет к закономерному увеличению рисков деградации почвенного покрова [13].

В настоящем исследовании применён комплексный подход, основанный на использовании современных методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), геоинформационных систем (ГИС), а также эмпирической модели оценки почворазрушающей деятельности поверхностного стока – RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) [14], адаптированной под физико-географические условия полупустынной зоны южной части Казахстана.

Для расчётов использованы следующие данные:

– цифровая модель рельефа SRTM (30 м), предоставленная NASA и доступная через платформы USGS earthexplorer, использовалась для определения топографического фактора ( $LS$ ), отражающего форму и протяжённость склонов [15];

– растровые данные землепользования и растительного покрова с пространственным разрешением 10 м, полученные с открытого сервиса ESRI Land Cover Explorer (arcgis Living Atlas of the World) [16];

– климатические данные (осадки и интенсивность дождей), полученные с метеостанций Жамбылской области и дополненные глобальными климатическими наборами (worldclim v2.1), использовались при расчёте  $R$ -фактора [17];

– почвенные карты и справочные базы FAO обеспечили классификацию почв по устойчивости к эрозии ( $K$ -фактор);

– коэффициент  $P$  (support practice factor) определялся на основе обобщённых литературных данных, поскольку пространственно-детализированная информация о конкретных противоэрозионных мероприятиях на исследуемой территории отсутствовала [18].

Значения назначались в зависимости от категории землепользования, отражающей предполагаемый характер агротехнической нагрузки. Значения  $P$ -фактора назначались в зависимости от типа землепользования: для водных объектов и лесных массивов принималось  $P = 0$ ; для сельскохозяйственных земель без противоэрозионных мероприятий –  $P = 1,0$ , при наличии мероприятий –  $0,5-0,7$ ; для пастбищ и лугов использовалось промежуточное значение  $0,4$ ; для застроенных территорий и пойм рек –  $0,2$ ; для голых земель и скальных выходов –  $1,0$  [18].

Модель RUSLE выражается в следующем виде:

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P, \quad (1)$$

где  $A$  – средние годовые потери почвы, т/га/год;  $R$  – эрозионный потенциал осадков;  $K$  – коэффициент эродированности почвы;  $LS$  – комбинированный фактор длины и крутизны склона;  $C$  – коэффициент защитного действия растительности;  $P$  – фактор, учитывающий проведение противоэрозионных защитных мероприятий.

Все пространственные расчёты проводились в средах ArcGIS Pro 3.2 и QGIS 3.28 с использованием дополнений SAGA GIS и GRASS GIS для анализа рельефа, а также инструментария ModelBuilder для автоматизации обработки и генерации карт.

Картографическая визуализация результатов осуществлялась в координатной системе WGS 84 / UTM Zone 42N. Полученные карты позволили определить пространственные различия интенсивности плоскостного смыва на различных участках Жамбылской области.

**Результаты.** Для расчёта R-фактора (фактора эрозионной энергии осадков) использованы среднемноголетние данные по количеству атмосферных осадков за период 2011-2020 гг., полученные из открытых источников WorldClim v2.1 [17]. За основу оценки эрозионного потенциала осадков (R-фактора) применялась эмпирическая зависимость Ренара и Фреймунда (Renard and Freimund, 1994) [19]. Коэффициент R рассчитывался как функция среднемноголетнего количества осадков (P, мм) с учётом порогового значения 850 мм. При  $P < 850$  мм (условия недостаточного увлажнения) использовалась степенная зависимость:

$$R = 0,4830 \cdot P^{1,61}. \quad (2)$$

При  $P \geq 850$  мм применялась квадратичная зависимость [19]:

$$R = 587.8 - 1.219 \cdot P + 0.004105 \cdot P^2. \quad (3)$$

На территории Жамбылской области значения P варьируют от 170 до 1100 мм, что соответствует диапазону R-фактора от 50 до 550 (рисунок 1).

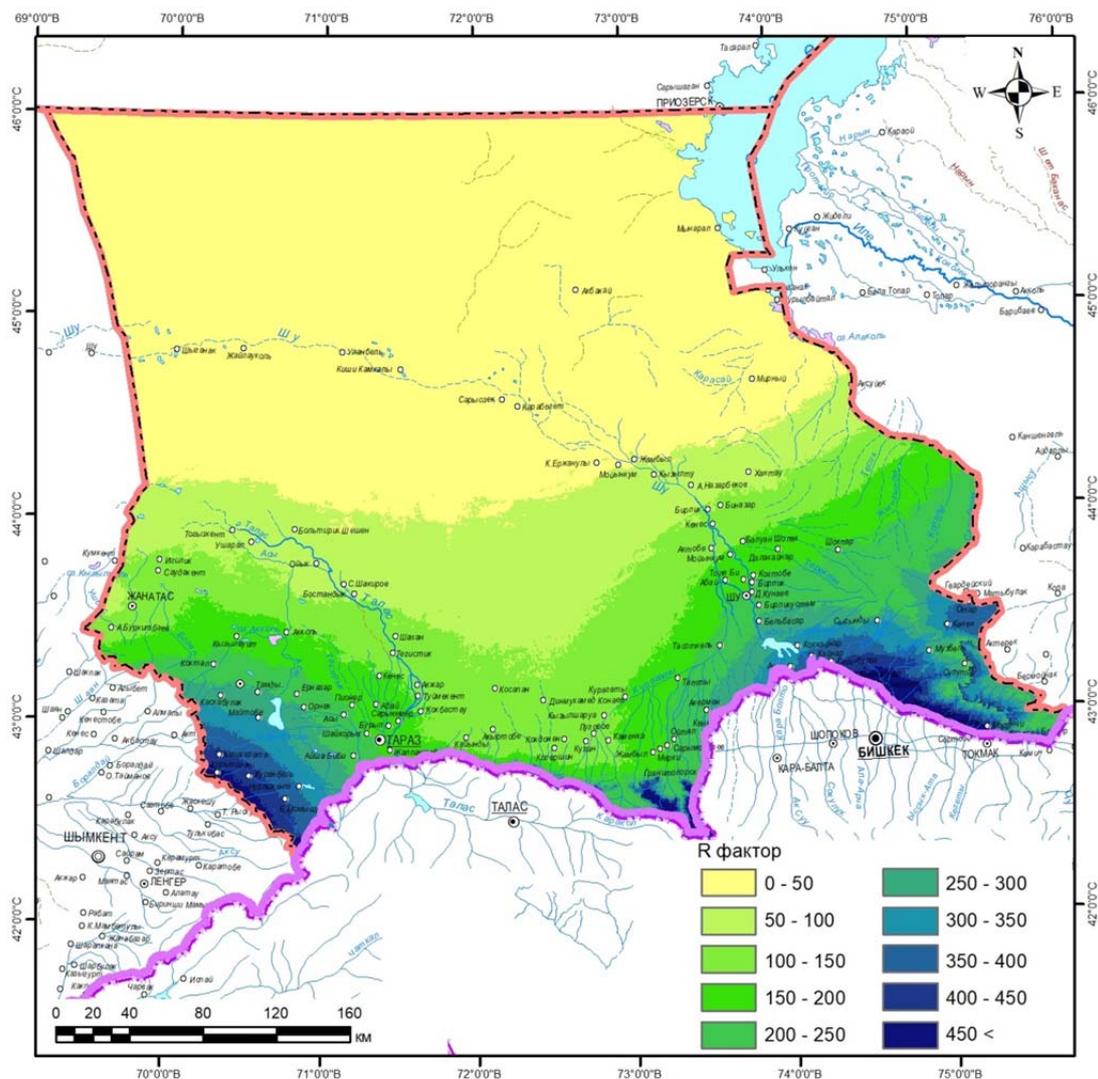


Рисунок 1 – Карта значений R-фактора

Figure 1 – R-factor value map

Пространственное распределение R-фактора, отражающего эрозионную энергию атмосферных осадков, в Жамбылской области демонстрирует отчетливую зональность, обусловленную различиями в орографических и климатических условиях региона.

Минимальные значения R-фактора (менее 100) характерны для северной части области, охватывающей аридные территории пустынь Мойынкум и долины Бетпакадала. Здесь осадки носят эпизодический характер и отличаются низкой эрозионной интенсивностью. В центральной части области, включая равнинно-предгорные районы, R-фактор варьирует от 100 до 200. Это отражает постепенное увеличение количества осадков и их эрозионной энергии по направлению к югу. В предгорных зонах северных склонов Киргизского хребта и восточных склонов хребта Каратау R-фактор достигает 200-300. Здесь более высокая орографическая расчленённость способствует усилению склоновых процессов, а осадки приобретают большую интенсивность. Наибольшие значения R-фактора (от 300 до 450 и более) фиксируются в горных районах юго-восточной и юго-западной частей области, где количество осадков максимальное и их эрозионная энергия достигает наибольших величин. Эти территории характеризуются сложным рельефом, насыщенной гидрографической сетью и интенсивным поверхностным стоком, что значительно повышает риск развития водной эрозии.

Для оценки коэффициента эродруемости почвы (K) в Жамбылской области использовались данные о гранулометрическом составе и органическом содержании почв, полученные из глобальной базы данных Harmonized World Soil Database (HWSD), разработанной FAO и IIASA. Эта база представляет собой унифицированный цифровой почвенный ресурс с пространственным разрешением 1 км, содержащий обобщённые сведения о физических и химических свойствах почв в глобальном масштабе [20].

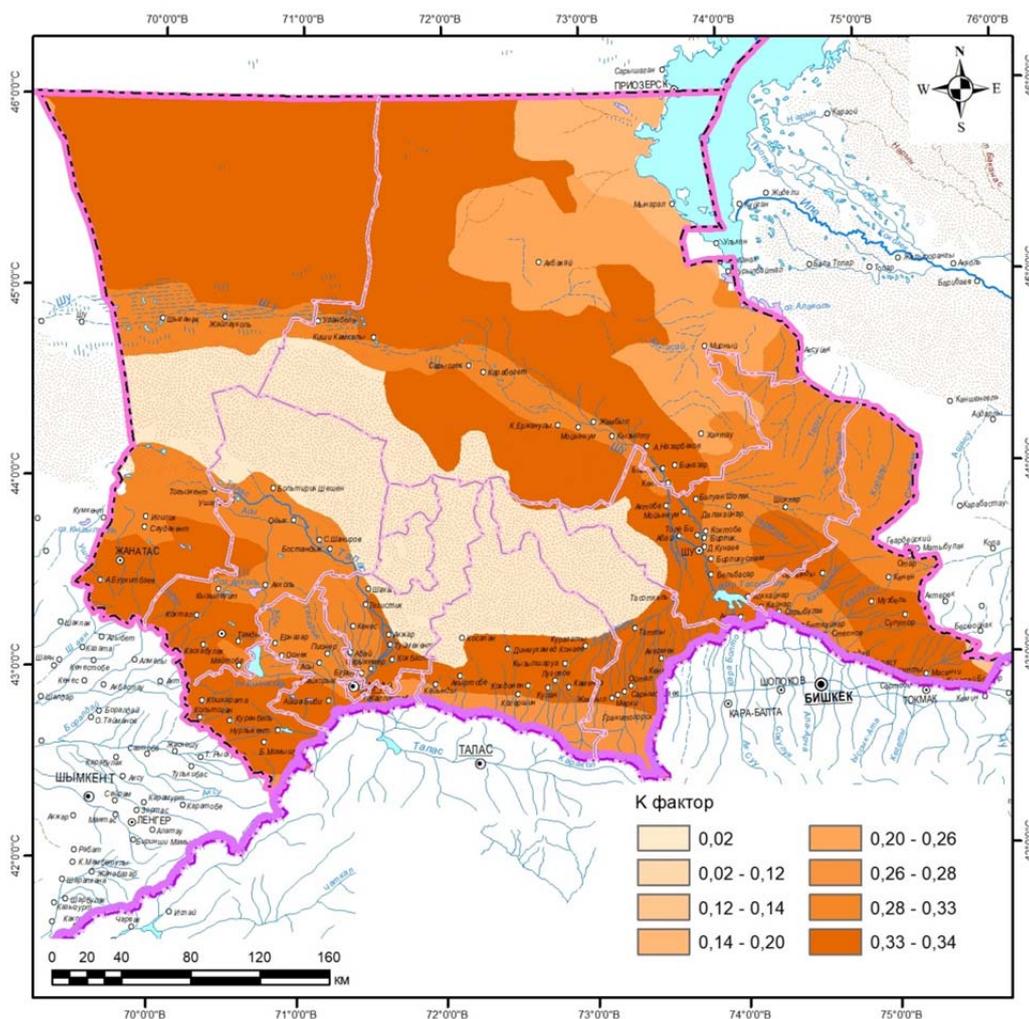


Рисунок 2 – Карта значений K-фактора

Figure 2 – K-factor value map

На основе информации о текстурных классах, содержании ила, песка, глины и органического вещества рассчитаны пространственно распределённые значения К-фактора с использованием эмпирических формул, рекомендованных в модели RUSLE [18]. Расчёты проводились в среде ГИС, что позволило выделить территориальные различия устойчивости почв к эрозии в административных и природных границах Жамбылской области (см. рисунок 2).

Пустынные центральные и юго-западные районы, покрытые песками, имеют наименьшие значения К (0,02). Эти территории обладают высокой устойчивостью к водной эрозии, однако могут быть подвержены ветровой (эоловой) эрозии. Предгорья и горные территории (Жуалинский, Меркенский, Жамбылский районы) демонстрируют повышенные значения К (0,26-0,34), что связано с более тяжелыми почвами (суглинки, супеси), развитым слоем ила и гумуса, а также с высокой уязвимостью при наличии стока. Равнинные участки вдоль долин рек (Талас, Асы, Шу) также попадают в зону средневысоких значений, что требует особого внимания при сельскохозяйственном использовании.

LS-фактор (коэффициент длины и крутизны склона) в модели RUSLE описывает изменение почвенной эрозии в зависимости от рельефа местности. Этот фактор отражает усиление эрозионного воздействия с увеличением длины склона (L) и крутизны (S). В ходе исследования для расчёта LS-фактора использовались инструменты ArcGIS: Spatial Analyst → Hydrology и Surface. Сначала была подготовлена гидрологическая модель рельефа с помощью инструментов Fill, Flow Direction и Flow Accumulation. Затем с использованием функции Slope определены уклоны для каждой ячейки раstra. На основе этих данных в Raster Calculator была применена следующая эмпирическая формула:

$$LS = \left( \frac{\text{Flow Accumulation} \times \text{Cell size}}{22,13} \right)^{0,4} \cdot \left( \frac{\sin(\text{Slope})}{0,0896} \right)^{1,3} \quad (4)$$

Для оценки LS-фактора в рамках модели RUSLE использована цифровая модель рельефа SRTM с пространственным разрешением 30 м. На основе этих данных рассчитаны параметры уклона и аккумуляции потока, необходимые для построения карты LS-фактора. Благодаря высокой детализации модели SRTM удалось получить точную информацию о морфологии поверхности, что обеспечило надёжность расчетов эрозионной опасности.

По результатам пространственного анализа с использованием цифровой модели рельефа (SRTM, разрешение 30 м) установлено, что значения LS-фактора в Жамбылской области варьируются от 0 до 0,779. Наибольшие величины наблюдаются в горных и предгорных районах, а также на крутых склонах, вдоль русел рек, в овражно-балочной системе и других элементах расчленённого рельефа. Это подтверждает высокую чувствительность фактора к параметрам уклона и длине склона, что соответствует положениям модели RUSLE, согласно которым эрозионный риск возрастает с увеличением крутизны и протяжённости стока.

Низкие значения LS-фактора характерны для равнинных и пустынных территорий на севере и западе области, в том числе в песчаных массивах Мойынкум и плато Бетпақдала, где преобладает пологий рельеф и отсутствуют выраженные формы водной аккумуляции. Таким образом, картографирование LS-фактора позволяет точно локализовать участки с потенциально высоким риском водной эрозии и использовать эти данные для рационального планирования природоохранных мероприятий и устойчивого землепользования (рисунок 3).

Для расчёта С-фактора использованы открытые данные по землепользованию и земному покрову с пространственным разрешением 10 м, полученные из сервиса ESRI Land Cover Explorer (ArcGIS Living Atlas), сформированные на основе спутниковых данных Sentinel-2 [16]. Данные имеют пространственное разрешение 10 м и охватывают период с 2017 по 2024 год, что позволило получить актуальные сведения по состоянию растительности в Жамбылской области.

На основе классифицированных типов землепользования (таких, как сельскохозяйственные угодья, пастбища, леса, застроенные территории и пр.) каждому классу был присвоен соответствующий эмпирический коэффициент С согласно литературным источникам и рекомендациям международной практики [14]. Полученный растр С-фактора отражает пространственное распределение способности земного покрова к защите почв от водной эрозии (рисунок 4). Значения коэффициента С, использованные для различных типов землепользования в Жамбылской области, приведены в (таблице 1). Наибольший вклад в возможную эрозию в Жамбылской области вносят сельскохозяйственные земли и оголённые поверхности.

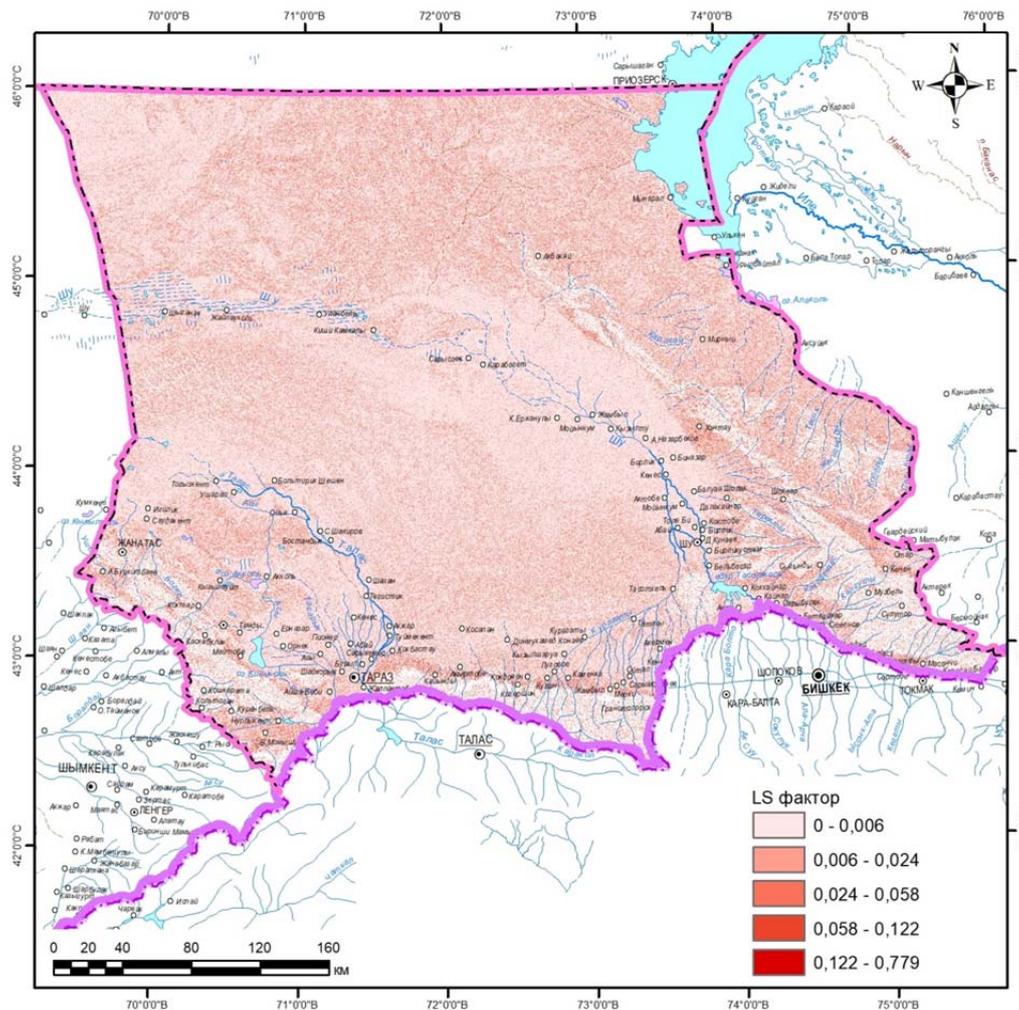


Рисунок 3 – Карта значений LS-фактора

Figure 3 – Map of the LS-factor value

Наибольшую площадь занимает категория пастбищ, которая охватывает 13 159,1 тыс.га. Эти территории характеризуются умеренным С-фактором (0,15), что обусловлено наличием растительности, но также возможным антропогенным воздействием в виде выпаса скота. Сельскохозяйственные обрабатываемые земли по площади охватывают 795,2 тыс. га. Для них установлен высокий С-фактор (0,45), так как в результате обработки почвы и отсутствия постоянного растительного покрова здесь наблюдается наибольший риск водной эрозии. Голая земля и выходы скальных пород покрывают около 107,9 тыс. га и имеют максимальный коэффициент С 0,55, так как практически лишены защитного растительного слоя и наиболее подвержены эрозионным процессам. Застроенные территории, включая города, дороги и другие искусственные покрытия, занимают 81,0 тыс.га. Несмотря на плотность покрытия, им присвоен умеренно низкий С-фактор (0,05), поскольку они не подвержены классической форме водной эрозии, но могут участвовать в поверхностном стоке. Леса и древесные насаждения охватывают 17,5 га. Благодаря густому растительному покрову им присвоен наименьший С-фактор – 0,01, что отражает их высокую способность к защите почвы от эрозии. Поймы рек занимают 29,3 тыс. га и имеют коэффициент 0,05, что обусловлено сезонной подверженностью паводкам и временной утратой растительности. Луга и водоёмы занимают сравнительно небольшую территорию – 1,4 и 262,6 тыс. га соответственно. Лугам присвоен С-фактор 0,05, в то время как водоёмам – 0, так как они не участвуют в процессах почвенной эрозии.

Следующим элементом универсального уравнения потерь почвы RUSLE, используемого в исследовании, является Р-фактор – коэффициент, учитывающий влияние противоэрозионных меро-

приятый, таких, как контурная обработка почвы, террасирование, посадки поперёк склона, покровные культуры и другие методы, направленные на снижение скорости поверхностного стока и соответственно эрозии почв.

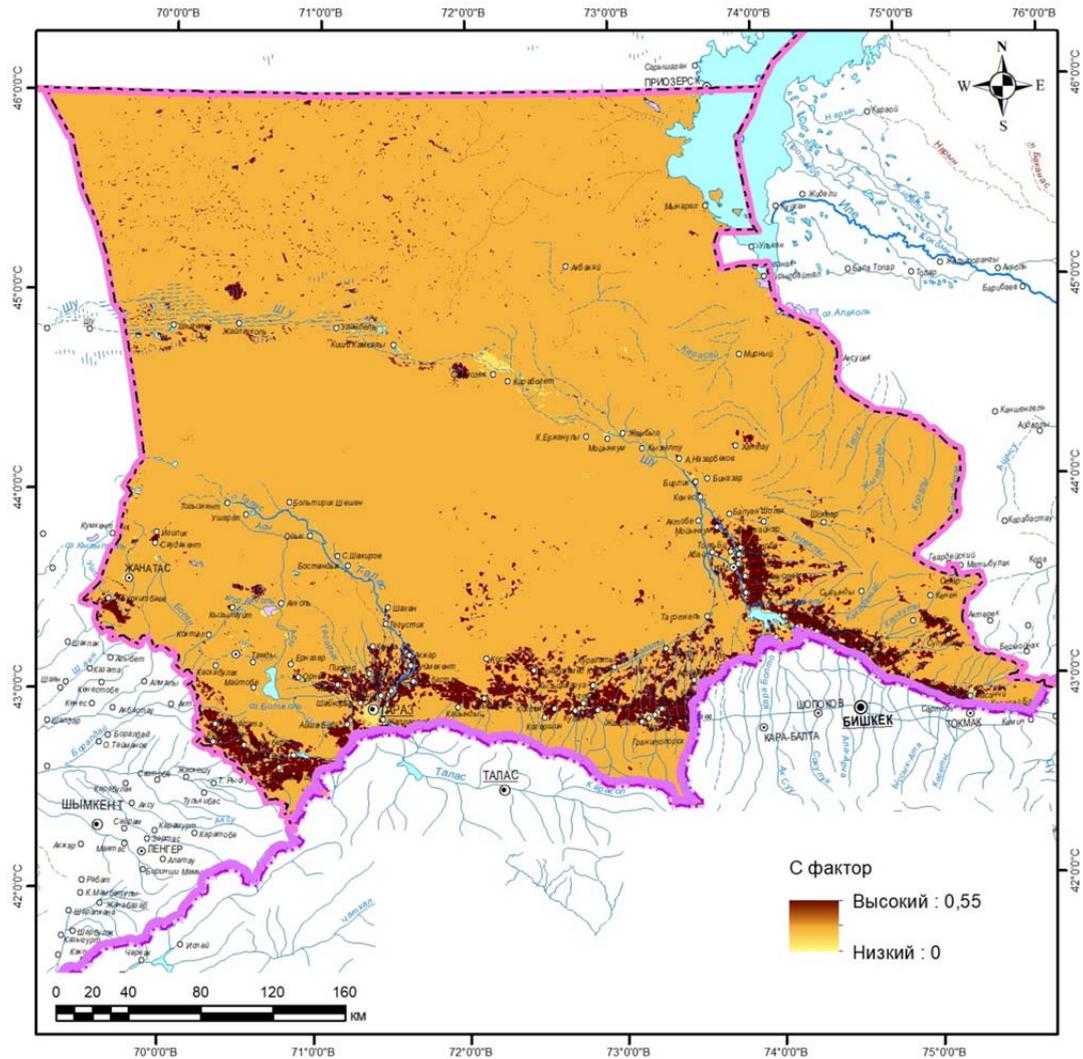


Рисунок 4 – Карта значений С-фактора

Figure 4 – Map of C-factor values

Таблица 1 – Значения коэффициента С, использованные для различных типов землепользования в Жамбылской области  
Table 1 – Values of the C coefficient used for various types of land use in Zhambyl region

Типы землепользования	Площадь, тыс. га	С-фактор
Водоемы	262,6	0
Леса, древесные насаждения	17,5	0,01
Поймы рек	29,3	0,05
Сельскохозяйственные культуры (пашни богарные, поливные, многолетние насаждения, огороды, сады)	795,2	0,45
Застроенные территории (города, дороги и т.д.)	81,0	0,05
Голая земля, выходы скалистых пород	107,9	0,55
Луга	1,4	0,05
Пастбища	13 159,1	0,15

В условиях Жамбылской области с учётом ограниченности пространственных данных о реальных агротехнических мероприятиях величины Р-фактора были назначены на основе литературных источников и аналогичных исследований в зависимости от типов землепользования [18]. В таблице 2 представлены адаптированные значения.

Таблица 2 – Значения коэффициента Р,  
использованные для различных типов землепользования в Жамбылской области  
Table 2 – Values of the P coefficient used for various types of land use in Zhambyl region

Тип землепользования	Р-фактор
Водоёмы	0
Леса, древесные насаждения	0
Поймы рек	0,2
Сельскохозяйственные земли (без мероприятий)	1
Сельскохозяйственные земли (при наличии мер)	0,5-0,7
Застроенные территории	0,2
Пастбища	0,4
Луга	0,4
Голая земля, выходы скалистых пород	1

Фактор А (Annual Soil Loss) является итоговым значением модели RUSLE, отражающим среднегодовую потенциальную потерю почвы вследствие водной эрозии, выраженную в тоннах на гектар в год. Он рассчитывается как произведение всех остальных факторов модели: R, K, LS, C и P с использованием Raster Calculator в среде ArcGIS. В данном исследовании расчет фактора А был выполнен после предварительного анализа всех входных данных, а результирующий растр был классифицирован для удобства интерпретации (рисунок 5).

Анализ распределения значений А по Жамбылской области показал следующее:

площадь с очень низкой эрозией (0-0,3 т/га/год) составляет 13 936,7 тыс. га, что соответствует 98,43% всей территории;

зоны с низкой эрозией (0,3-2 т/га/год) охватывают 198,2 тыс. га, или 1,4%;

средние потери (2-6 т/га/год) наблюдаются на площади 20,5 тыс. га (0,15%);

участки с высокой эрозией (6-22,4 т/га/год) занимают лишь 2,86 тыс. га, что составляет 0,02%.

Таким образом, основная часть территории Жамбылской области подвержена очень слабой эрозии, в то время как интенсивная эрозия наблюдается локально, в основном на крутых склонах и незащищённых землях.

**Обсуждение.** Полученные результаты моделирования плоскостной эрозии почв в Жамбылской области на основе модели RUSLE свидетельствуют о преимущественно низкой степени деградации почвенного покрова. Расчётные среднегодовые потери почвы (фактор А), изменяющиеся от 0 до 22,4 т/га в год, при доминировании слабой эрозии (менее 0,3 т/га/год на 98,4 % площади), в целом соответствуют опубликованным оценкам для аридных и полупустынных территорий Центральной Азии. В подобных природных условиях ограниченная сумма осадков и относительно устойчивый растительный покров существенно сдерживают развитие водно-эрозионных процессов [21]. Полученные результаты подтверждают применимость модели RUSLE для региональных условий, несмотря на её эмпирическую природу.

Анализ вкладов отдельных факторов показал, что определяющую роль в формировании эрозионного потенциала играют рельеф (LS-фактор) и характер землепользования (С-фактор), что является типичным для горно-равнинных ландшафтов Жамбылской области. Участки с повышенными потерями почвы (от 6 до 22,4 т/га/год), занимающие около 0,02 % территории, приурочены преимущественно к склонам хребтов, долинам рек и овражно-балочной сети. Эти зоны характеризуются значительными уклонами (более 15°). В отличие от ранних исследований эрозионных процессов в южной части Казахстана, которые в основном основывались на полевых наблюдениях и обобщённых картографических материалах, современные работы всё чаще используют интеграцию ГИС и данных дистанционного зондирования [10]. Применение модели RUSLE в геоин-

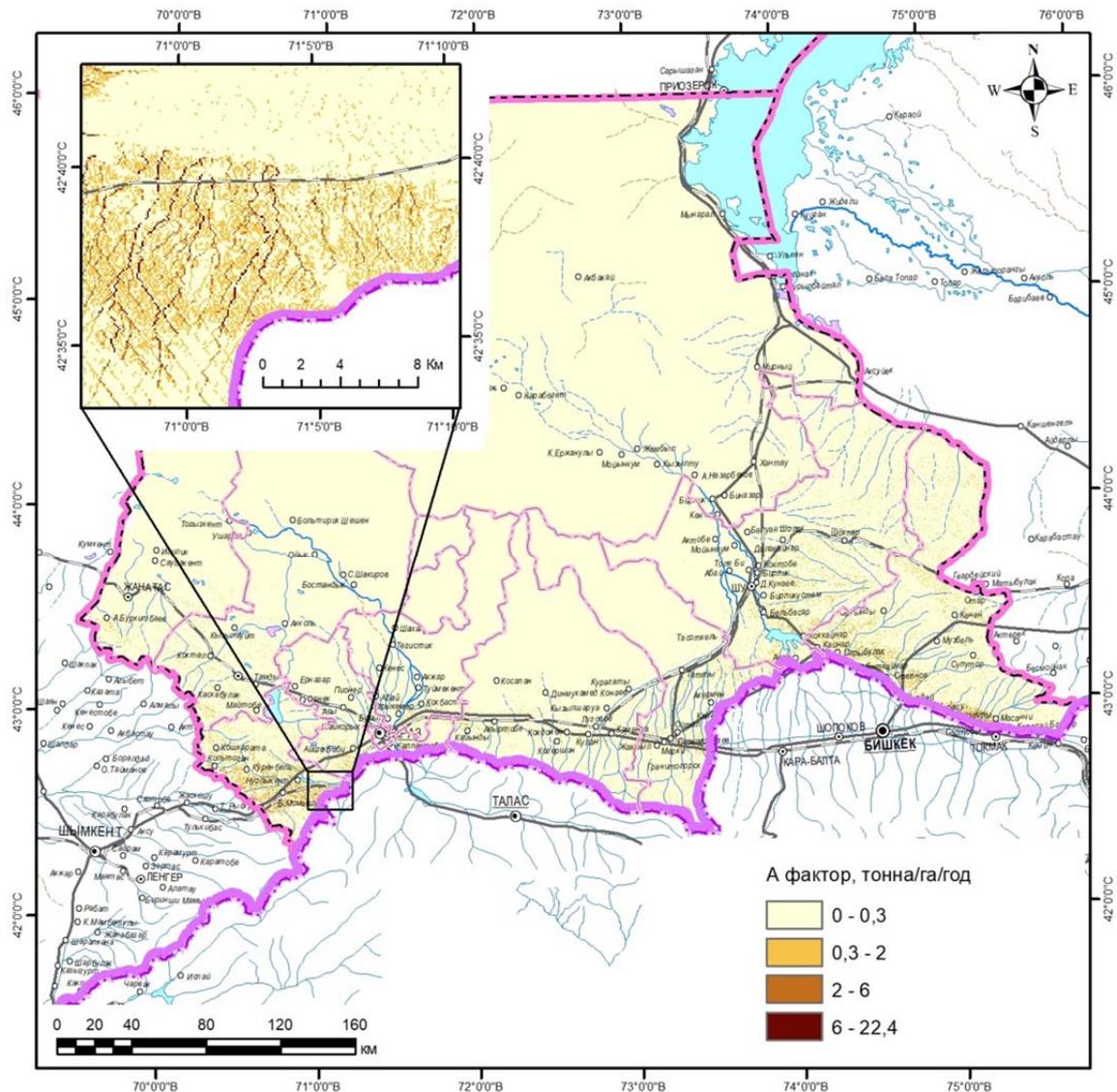


Рисунок 5 – Карта расчетной величины плоскостной эрозии по территориям Жамбылской области, фактор А, т/га/год  
 Figure 5 – Map of the estimated amount of planar erosion in the territories of Zhambyl region, factor A, ton/ha/year

формационной среде позволяет обеспечить сопоставимость результатов на региональном уровне и детализировать пространственную структуру эрозионной опасности, что подчёркивается и в недавних исследованиях по территории Казахстана [10].

Сопоставление полученных оценок с глобальными наборами данных, включая GLObal Surface Soil Erosion [22], показывает, что средние значения фактора А для Жамбылской области в целом ниже типичных для Центральной Азии (0,5–5 т/га/год). Это объясняется сравнительно умеренной эрозионной агрессивностью осадков, для которой расчётные величины R-фактора составляют порядка 100–300 MJ·мм/га·ч·год по данным WorldClim v2.1 [17]. Вместе с тем локальные максимумы эрозии, выявленные в пределах речных долин и водосборов, указывают на потенциальные риски деградации почв и заиления русел, которые могут усиливаться в условиях ожидаемых климатических изменений, связанных с ростом интенсивности экстремальных осадков [23].

К ограничениям проведённого моделирования следует отнести обобщённый характер входных данных, включая использование цифровой модели рельефа SRTM с пространственным разрешением 30 м, а также отсутствие полевой верификации параметров К- и Р-факторов. Кроме того, модель RUSLE не учитывает процессы линейной и овражной эрозии. В дальнейшем для повышения достоверности оценок целесообразно привлечение локальных метеорологических наблюдений и результатов полевых исследований.

**Закключение.** В ходе исследования была осуществлена пространственная оценка водной эрозии почв на территории Жамбылской области на основе универсального уравнения потерь почвы (RUSLE). В качестве исходных данных использовались результаты расчета факторов R (дождевой эрозионной активности), K (почвенной устойчивости), LS (длины и крутизны склона), C (покрова растительности и землепользования) и P (противоэрозионных мероприятий). Итоговый фактор A (Annual Soil Loss) был получен посредством инструментов Raster Calculator в ArcGIS как произведение указанных факторов.

По результатам анализа потенциальные потери почвы (A) варьируются от 0 до 22,4 т/га в год. Преобладающая часть территории (98,4 %) характеризуется низкими показателями эрозии (до 0,3 т/га/год), что свидетельствует о слабовыраженном смыве и относительной устойчивости почвенного покрова. В то же время локальные участки с высокими значениями A сосредоточены в горных и предгорных районах, на крутых склонах и в зонах нерационального землепользования, где фиксируется интенсивная эрозия почвы, достигающая критических уровней.

Наибольшее влияние на уровень эрозии оказали следующие факторы:

- фактор ls – вносит наибольший вклад в эрозионный процесс за счёт выраженного рельефа, особенно в южных и юго-восточных частях области;
- фактор c – оказывает значительное влияние в зонах с пашнями, пастбищами и голой землёй;
- фактор p – в большинстве районов отсутствуют эффективные меры противоэрозионной защиты, что усугубляет ситуацию.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Пространственное моделирование по модели RUSLE эффективно для определения зон с высоким риском водной эрозии почв.
2. Основными зонами риска в Жамбылской области являются предгорные склоны, пастбищные угодья и территории с распаханной землей, расположенные на уклонах.
3. Необходима дифференцированная система противоэрозионных мер, включающая агролесомелиорацию, внедрение почвозащитных технологий в земледелии, а также мониторинг состояния почв в уязвимых районах.
4. Полученные карты и классификации могут служить основой для принятия оптимальных управленческих решений в области устойчивого природопользования и планирования землепользования.

Таким образом, применение модели RUSLE и методов геоинформационного анализа позволяет не только количественно оценить потери почвы, но и разработать пространственно обоснованные меры по снижению эрозионных процессов, что особенно актуально в условиях полупустынных и горных территорий юга Казахстана.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Глазовская М. А. Общая геохимия ландшафтов. – М.: Высшая школа, 1981. – 327 с.
- [2] Тлеумаханов А. М., Мырзахметов С. Б. Оценка эрозионных процессов методом ДЗЗ в условиях Южного Казахстана // Вестник КАЗНИИЗиКР. – 2015. – № 2. – С. 58-64.
- [3] Комитет по управлению земельными ресурсами МИР РК. Государственный отчет о состоянии и использовании земель Республики Казахстан за 2023 год. – URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/qoldau/documents/details/460741>
- [4] РГП «Казгидромет». Агрометеорологический обзор. URL: <https://www.kazhydromet.kz>
- [5] Phinzi, K., Ngetar, N.S., 2019. The assessment of water-borne erosion at catchment level using GIS-based RUSLE and remote sensing: A review. *International Soil and Water Conservation Research* 7(1), 27-46. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2018.12.002>
- [6] Mukanov, Y., Chen, Y., Baisholanov, S. et al. Estimation of annual average soil loss using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) integrated in a Geographical Information System (GIS) of the Esil River basin (ERB), Kazakhstan. *Acta Geophys.* 67, 921-938 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11600-019-00288-0>
- [7] Ramazanova, N., Turyspekova, E., Assylbekov, K., Ovgeldinova, Z., Ahmedova, A., Ayapbekova, A., Samarkhanov, T., Khamzaeva, J. (2023). Soil erosion and impact on recreational resources in the Shyngyrlau Basin, Western Kazakhstan: A multi-analytical assessment // *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 51(4spl), 1812-1822. <https://doi.org/10.30892/gtg.514spl22-1177>
- [8] Токсанбаева С. Т., Рамазанова Н. Е., Туусупбеков Ж. А. Оценка эрозии почв по модели «Rusle» бассейна реки Нура // *Journal of Geography and Environmental Management*. – 2021. – Т. 61, № 2. – С. 108-119. – DOI: 10.26577/JGEM.2021.v61.i2.10.
- [9] Маханова Н. Б., Берденов Ж. Г., Абильдинов К. К., Мендыбаев Е. Х. Оценка эрозии почв по модели «RUSLE» бассейна реки Жыланды // *Journal of Geography and Environmental Management*. – 2020. – Т. 59, № 4. – DOI: 10.26577/JGEM.2020.v59.i4.05.

- [10] Kaliyeva, D., Tokbergenova, A., Mirzabaev, A., Zulpkyharov, K., Bissenbayeva, S., Taukebayev, O. Qadir, M. (2025). Assessing Soil Erosion Risk in Kazakhstan: A RUSLE-Based Approach for Land Rehabilitation // Polish Journal of Environmental Studies, 34(3), 3187-3198. <https://doi.org/10.15244/pjoes/187595>
- [11] Акиянова Ф., Каракулов Е., Зинабдин Н., Васильченко Н. Применение методов анализа дистанционных данных для оценки плоскостной эрозии на примере территории Акмолинской области // Гидрометеорология и экология. – 2019. – № (2). – С. 22-37.
- [12] Rakhimova, M., Zulpkyharov, K., Assylbekova, A., Zhengissova, N., Taukebayev, O. (2024). 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, 16(2), 574. <https://doi.org/10.3390/su16020574>
- [13] Duulatov E, Chen X, Amanambu AC, Ochege FU, Orozbaev R, Issanova G, Omurakunova G. Projected Rainfall Erosivity Over Central Asia Based on CMIP5 Climate Models // Water. 2019; 11(5):897. <https://doi.org/10.3390/w11050897>
- [14] 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). USDA Handbook No. 703. – Washington, D.C.: USDA, 1997. – 404 p.
- [15] Farr, T.G., Rosen, P.A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., Kobrick, M., Paller, M., Rodriguez, E., Roth, L., Seal, D., Shaffer, S., Shimada, J., Umland, J., Werner, M., Oskin, M., Burbank, D., Alsdorf, D. The Shuttle Radar Topography Mission // Reviews of Geophysics. 2007. Vol. 45(2), RG2004. DOI: 10.1029/2005RG000183
- [16] Esri. Land Cover Explorer. – URL: <https://livingatlas.arcgis.com/landcoverexplorer> (дата обращения: 12.06.2025).
- [17] Fick, S.E., Hijmans, R.J. WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas // International Journal of Climatology. 2017. Vol. 37(12). P. 4302-4315. DOI: 10.1002/joc.5086
- [18] Wischmeier, W.H., Smith, D.D. Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. – USDA Agriculture Handbook No. 537. – Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, 1978. – 64 p.
- [19] Renard K. G., Freimund J. R. Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE // Journal of hydrology. 1994; 157(1-4), 287-306.
- [20] FAO/IIASA/ISRIC/ISSCAS/JRC. Harmonized World Soil Database (version 1.2). Rome: FAO and Laxenburg: IIASA, 2012. URL: <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/harmonized-world-soil-database-v12/en/>
- [21] Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Yu, B., Klik, A., Jae Lim, K., Yang, J.E., Ni, J., Miao, C., Chattopadhyay, N., Sadeghi, S.H., Hazbavi, Z., Zabihi, M., Larionov, G.A., Krasnov, S.F., Gorobets, A., Levi, Y., Erpul, G., Birkel, C., Hoyos, N., Naipal, V., Verstraeten, G. Global rainfall erosivity assessment based on high-temporal resolution rainfall records // Scientific Reports. 2015. Vol. 5. Article 11111. <https://doi.org/10.1038/srep11111>
- [22] Borrelli, P., Alewell, C., Alvarez, P., Anache, J. A. A., Baartman, J., Ballabio, C., Bezak, N., Biddoccu, M., Cerdà, A., Chalise, D., Chen, S., Chen, W., De Girolamo, A. M., Gessesse, G. D., Deumlich, D., Diodato, N., Efthimiou, N., Erpul, G., Fiener, P., Panagos, P. Soil erosion modelling: A global review and statistical analysis // Science of the Total Environment. 2021. Vol. 780. Article 146494. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.146494>
- [23] IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2021. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>

## REFERENCES

- [1] Glazovskaya, M.A. General Geochemistry of Landscapes. Moscow: Vysshaya Shkola, 1981. 327 p. (in Russ.).
- [2] Tleumakhanov, A.M., Myrzakhmetov, S.B. Assessment of Erosion Processes Using Remote Sensing Methods in the Conditions of Southern Kazakhstan // Vestnik KAZNIIZiKR. 2015. No. 2. P. 58-64 (in Russ.).
- [3] Committee for Land Resources Management of the Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan. State Report on the Condition and Use of Land of the Republic of Kazakhstan for 2023. – URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/qoldau/documents/details/460741> (in Russ.).
- [4] RSE «Kazhydromet». Agrometeorological Review. – URL: <https://www.kazhydromet.kz> (in Russ.).
- [5] Phinzi, K., Ngetar, N.S., 2019. The assessment of water-borne erosion at catchment level using GIS-based RUSLE and remote sensing: A review. International Soil and Water Conservation Research 7(1), 27-46. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2018.12.002>
- [6] Mukanov, Y., Chen, Y., Baisholanov, S. et al. Estimation of annual average soil loss using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) integrated in a Geographical Information System (GIS) of the Esil River basin (ERB) // Kazakhstan. Acta Geophys. 67, 921-938 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11600-019-00288-0>
- [7] Ramazanova, N., Turyspekova, E., Assylbekov, K., Ovgeldinova, Z., Ahmedova, A., Ayapbekova, A., Samarkhanov, T., Khamzaeva, J. (2023). Soil erosion and impact on recreational resources in the Shyngyrlau Basin, Western Kazakhstan: A multi-analytical assessment // GeoJournal of Tourism and Geosites, 51(4spl), 1812-1822. <https://doi.org/10.30892/gtg.514spl22-1177>
- [8] Toksanbayeva, S.T., Ramazanova, N.E., Tusupbekov, Zh.A. Assessment of Soil Erosion Using the RUSLE Model in the Nura River Basin // Journal of Geography and Environmental Management. 2021. Vol. 61, No. 2. P. 108-119. <https://doi.org/10.26577/JGEM.2021.v61.i2.10> (in Russ.).
- [9] Makhanova, N.B., Berdenov, Zh.G., Abildinov, K.K., Mendybayev, E.Kh. Assessment of Soil Erosion Using the RUSLE Model in the Zhylandy River Basin // Journal of Geography and Environmental Management. 2020. Vol. 59, No. 4. <https://doi.org/10.26577/JGEM.2020.v59.i4.05> (in Russ.).
- [10] Kaliyeva, D., Tokbergenova, A., Mirzabaev, A., Zulpkyharov, K., Bissenbayeva, S., Taukebayev, O. Qadir, M. (2025). Assessing Soil Erosion Risk in Kazakhstan: A RUSLE-Based Approach for Land Rehabilitation // Polish Journal of Environmental Studies, 34(3), 3187-3198. <https://doi.org/10.15244/pjoes/187595>

- [11] Akiyanova, F., Karakulov, E., Zinabdin, N., Vasilchenko, N. (2019). Application of Remote Sensing Data Analysis Methods for Assessing Sheet Erosion: A Case Study of the Akmla Region // *Hydrometeorology and Ecology*. 2019. No. (2), P. 22-37 (in Russ.).
- [12] Rakhimova, M., Zulpykharov, K., Assylbekova, A., Zhengissova, N., Taukebayev, O. (2024). 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*, 16(2), 574. <https://doi.org/10.3390/su16020574>
- [13] Duulatov E, Chen X, Amanambu AC, Ochege FU, Orozbaev R, Issanova G, Omurakunova G. Projected Rainfall Erosivity Over Central Asia Based on CMIP5 Climate Models // *Water*. 2019; 11(5):897. <https://doi.org/10.3390/w11050897>
- [14] 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). – USDA Handbook No. 703. Washington, D.C.: USDA, 1997. 404 p.
- [15] Farr, T.G., Rosen, P.A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., Kobrick, M., Paller, M., Rodriguez, E., Roth, L., Seal, D., Shaffer, S., Shimada, J., Umland, J., Werner, M., Oskin, M., Burbank, D., Alsdorf, D. The Shuttle Radar Topography Mission // *Reviews of Geophysics*. 2007. Vol. 45(2), RG2004. DOI: 10.1029/2005RG000183
- [16] Esri. Land Cover Explorer. – URL: <https://livingatlas.arcgis.com/landcoverexplorer> (дата обращения: 12.06.2025)
- [17] Fick, S.E., Hijmans, R.J. WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas // *International Journal of Climatology*. 2017. Vol. 37(12). P. 4302-4315. DOI: 10.1002/joc.5086
- [18] Wischmeier, W.H., Smith, D.D. Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. – USDA Agriculture Handbook No. 537. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, 1978. 64 p.
- [19] Renard K. G., Freimund J. R. Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE // *Journal of hydrology*. 1994. Vol. 157, No. 1-4. P. 287-306.
- [20] FAO/IIASA/ISRIC/ISSCAS/JRC. Harmonized World Soil Database (version 1.2). Rome: FAO and Laxenburg: IIASA, 2012. URL: <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/harmonized-world-soil-database-v12/en/>
- [21] Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Yu, B., Klik, A., Jae Lim, K., Yang, J.E., Ni, J., Miao, C., Chattopadhyay, N., Sadeghi, S.H., Hazbavi, Z., Zabihi, M., Larionov, G.A., Krasnov, S.F., Gorobets, A., Levi, Y., Erpul, G., Birkel, C., Hoyos, N., Naipal, V., Verstraeten, G. Global rainfall erosivity assessment based on high-temporal resolution rainfall records // *Scientific Reports*. 2015. Vol. 5. Article 11111. <https://doi.org/10.1038/srep11111>
- [22] Borrelli, P., Alewell, C., Alvarez, P., Anache, J. A. A., Baartman, J., Ballabio, C., Bezak, N., Biddoccu, M., Cerdà, A., Chalise, D., Chen, S., Chen, W., De Girolamo, A. M., Gessesse, G. D., Deumlich, D., Diodato, N., Efthimiou, N., Erpul, G., Fiener, P., Panagos, P. Soil erosion modelling: A global review and statistical analysis // *Science of the Total Environment*. 2021. Vol. 780. Article 146494. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.146494>
- [23] IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2021. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>

**Г. А. Есимбеков<sup>\*1</sup>, Н. Е. Рамазанова<sup>2</sup>, Т. Т. Мусабаев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>\*PhD докторант, бас маман (Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, «Республикалық мемлекеттік қала құрылысын жоспарлау және кадастр орталығы» РМК, Астана, Қазақстан; [Gabitnisa@gmail.com](mailto:Gabitnisa@gmail.com))

<sup>2</sup>PhD, қауымдастырылған профессор (Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан; [Nurgulram@gmail.com](mailto:Nurgulram@gmail.com))

<sup>3</sup>Т. ғ. д., профессор, бас директор (Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, «Республикалық мемлекеттік қала құрылысын жоспарлау және кадастр орталығы» РМК, Астана, Қазақстан; [eti.enu@mail.ru](mailto:eti.enu@mail.ru))

### **ЖЕРДІ ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДТАУ ДЕРЕКТЕРІН ГЕОАҚПАРАТТЫҚ ТАЛДАУ НЕГІЗІНДЕ ТОПЫРАҚТЫҢ ЖАЗЫҚТЫҚ ЭРОЗИЯСЫН БАҒАЛАУДЫҢ ЭМПИРИКАЛЫҚ МОДЕЛДЕРІ (ЖАМБЫЛ ОБЛЫСЫНЫҢ МЫСАЛЫНДА)**

**Аннотация.** Мақалада геоақпараттық ортада RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) үлгісін пайдалана отырып, Жамбыл облысының аумағындағы топырақтың жазықтық эрозиясын бағалау қарастырылады. R (жаңбыр эрозиясының қарқындылығы), K (топырақ төзімділігі), LS (беткейдің ұзындығы мен еңістігі), C (жер жамылғысы және жерді пайдалану) және P (эрозияға қарсы іс-шаралар) факторларын үлгілеу үшін қашықтықтан зондтау деректерін талдау әдістері, бедердің сандық моделі (SRTM), жер беті жамылғысы туралы мәліметтер (Land Cover 2024, 10 м) және климаттық ақпарат (WorldClim v2.1). ArcGIS-те топырақтың орташа жылдық ықтимал жоғалуын көрсететін соңғы A факторы барлық кіріс қабаттарын көбейту арқылы Raster Calculator құралының көмегімен алынды. A мәндері жылына 0-ден 22,4 т/га-ға дейін өзгереді. Аумақтың негізгі бөлігі (98,4 %) әлсіз эрозиямен сипатталады (жылына 0,3 т/га-дан аз). Орташа және эрозияға қатты ұшыраған учаскелер (A мәні жылына 2 т/га-дан жоғары) ауданның шамамен 0,2% құрайды және негізінен таулардың, жоталардың, өзен арналары мен сайлардың баурайында шоғырланған. Эрозия

процестеріне ең үлкен әсер ететін факторларға рельеф (LS факторы), жерді пайдалану құрылымы (C факторы) және аграрлық ландшафттардағы жоғары антропогендік жүктеме екендігі анықталды. Нәтижелер аймақтағы топырақты қорғау іс-шараларын жоспарлау және табиғатты тұрақты пайдалану үшін маңызды негіз болып табылады.

**Түйін сөздер:** су эрозиясы, RUSLE, ГАЗ, қашықтықтан зондтау, Жамбыл облысы, кеңістіктік талдау, топырақ шығыны.

G. A. Yessimbekov<sup>\*1</sup>, N. Ye. Ramazanova<sup>2</sup>, T. T. Musabaev<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> PhD doctoral student, Senior Specialist (L. N. Gumilyov ENU, «Respublican Center for State Urban Planning and Cadastre» RSE, Astana, Kazakhstan; [Gabitnisa@gmail.com](mailto:Gabitnisa@gmail.com))

<sup>2</sup> PhD, Associate Professor (L. N. Gumilyov ENU, Astana, Kazakhstan; [Nurgulram@gmail.com](mailto:Nurgulram@gmail.com))

<sup>3</sup> Doctor of technical sciences, professor, General Director  
(L. N. Gumilyov ENU, «Respublican Center for State Urban Planning and Cadastre» RSE, Astana, Kazakhstan; [eti.enu@mail.ru](mailto:eti.enu@mail.ru))

### EMPIRICAL MODELS FOR ASSESSING SHEET SOIL EROSION BASED ON GEOINFORMATION ANALYSIS OF REMOTE SENSING DATA (A CASE STUDY OF THE ZHAMBYL REGION)

**Abstract.** The article considers the assessment of planar soil erosion in the Zhambyl region using the RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) model in a geoinformation environment. Remote sensing data analysis methods, digital terrain models (SRTM), and land use data (Land Cover 2024, Living Atlas) were used to model factors R (rain erosion aggression), K (soil resistance), LS (slope length and steepness), C (cover and land use), and P (erosion control measures) and climate information (WorldClim v2.1). The final factor A, reflecting the average annual potential soil loss, was obtained in ArcGIS using the Raster Calculator tool by multiplying all input layers. A values range from 0 to 22.4 t/ha per year. The main part of the territory (98.4%) is characterized by mild erosion (less than 0.3 t/ha/year). Moderately and severely eroded areas (A values above 2 t/ha/year) account for about 0.2% of the area and are concentrated mainly on the slopes of mountains, ridges, riverbeds and ravines. It has been established that the relief (LS-factor) and the structure of land use (C-factor) have the greatest influence on erosion processes, especially in agricultural landscapes with high anthropogenic load. The results obtained are an important basis for planning soil protection measures and sustainable environmental management in the region.

**Keywords:** water erosion, RUSLE, GIS, remote sensing, Zhambyl region, spatial analysis, soil losses.