

# Палеогеография и геоморфология

## Палеогеография және геоморфология

### Paleogeography and geomorphology

---

---

<https://doi.org/10.55764/2957-9856/2024-3-58-67.26>

МРНТИ 39.01.00; 39.01.94; 39.19.00  
УДК 551.4.042; 551.4.02

А. Д. Абитбаева<sup>1</sup>, А. А. Бектурсынова<sup>2</sup>, Ж. М. Шарапханова<sup>3</sup>, К. Б. Егембердиева\*<sup>4</sup>

<sup>1</sup> К. г. н., ведущий научный сотрудник (АО «Институт географии и водной безопасности», Алматы, Казахстан; [ainagul\\_1982@mail.ru](mailto:ainagul_1982@mail.ru))

<sup>2</sup> Научный сотрудник (АО «Институт географии и водной безопасности», Алматы, Казахстан; [aruzhan.bekkuliyeva@mail.ru](mailto:aruzhan.bekkuliyeva@mail.ru))

<sup>3</sup> PhD студент (Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан; [sharaphanova@gmail.com](mailto:sharaphanova@gmail.com))

<sup>4\*</sup> К. г. н., руководитель лаборатории геотуризма и геоморфологии (АО «Институт географии и водной безопасности», Алматы, Казахстан; [kamshat.yegemberdiyeva@gmail.com](mailto:kamshat.yegemberdiyeva@gmail.com))

## ОЦЕНКА И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЧАРЫНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКА

**Аннотация.** Целью этой статьи являются оценка и составление интегральной карты степени опасности геолого-геоморфологических процессов Чарынского государственного национального природного парка (ГНПП) для обеспечения безопасности посетителей и защиты туристской инфраструктуры. В исследовании использованы полевые методы для определения опасных геолого-геоморфологических процессов. На основе собранных данных выполнен сравнительный анализ в камеральных условиях, применён картографический метод с использованием ГИС-технологий для построения тематических карт. Оценка опасности была проведена на основе таких показателей, как вертикальная и горизонтальная расчленённость, крутизна и экспозиция склона, литологический состав пород и функциональные зоны. В результате исследования составлена карта степени опасности геолого-геоморфологических процессов для территории Чарынского ГНПП. Выявлены опасные обвально-осыпные и эрозионные процессы (боковая и овражная эрозия), представляющие угрозу для туристов и препятствующие безопасному развитию деятельности ГНПП.

**Ключевые слова:** геолого-геоморфологические процессы, плоскостной смыв, боковая эрозия, овражная эрозия, обвально-осыпные процессы, государственный национальный природный парк.

**Введение.** Чарынский ГНПП славится своими живописными ландшафтами, которые сформированы причудливыми формами рельефа, где также развиваются геолого-геоморфологические процессы. Именно эти процессы могут быть лимитирующим фактором для развития туристско-рекреационной деятельности в национальном парке. Например, интенсивное развитие боковой и овражной эрозии может разрушить природные формы рельефа, создавая опасные участки и ухудшая условия для туристов. Образование и расширение оврагов, вызванные интенсивным стоком воды, могут привести к обрушению склонов и разрушению туристских троп. Обвально-осыпные процессы могут стать серьёзной угрозой для туристских троп и инфраструктуры. В результате они блокируют дороги и тропы, создают опасные участки и приводят к значительным разрушениям. В этой связи оценка и картографирование степени опасности геолого-геоморфологических процессов являются важными исследованиями [1], которые позволяют

разработать меры по предотвращению или смягчению потенциальных угроз, таких, как укрепление склонов, создание защитных конструкций или ограничение доступа к наиболее опасным зонам. Знание о потенциальных опасностях позволяет своевременно информировать посетителей, создать предупреждающие знаки и разработать инструкции по безопасности.

Таким образом, оценка и картографирование степени опасности геолого-геоморфологических процессов Чарынского ГНПП играют ключевую роль в обеспечении безопасности туристов, устойчивом развитии туризма и охране природных ресурсов. Эти действия способствуют сохранению живописных природных ландшафтов и поддержанию комфортных условий для посетителей, а также минимизации потенциальных рисков и ущерба.

**Материалы и методы исследования.** Оценка степени опасности геолого-геоморфологических процессов Чарынского ГНПП проведена на основе методики, разработанной в Институте геологических наук Армении Ф. С. Геворкян и других зарубежных авторов [2–5].

В соответствии с этой методикой оценка проводится с учетом четырех основных показателей рельефа, которые определяют степень их опасности – вертикальное (глубина) расчленение рельефа, горизонтальное (густота) расчленение рельефа, уклон (крутизна склонов) и экспозиция склонов. В ходе работ эта методика была адаптирована и дополнена для территории Чарынского ГНПП двумя показателями: литологией слагающих пород, которая существенно влияет на распространение и степень развития геолого-геоморфологических процессов, а также функциональными зонами территории с соответствующими режимами использования.

В качестве исходных материалов при оценке степени опасности геолого-геоморфологических процессов Чарынского ГНПП были использованы цифровая модель рельефа (ЦМР) Airbus WorldDEM4Ortho с разрешением 24 м, топографические и геологические карты в масштабе 1:200 000. Первым этапом оценки стало разбиение территории на сетки расчетных квадратов площадью 1 км<sup>2</sup>. Далее каждому квадрату присваивались от 1 до 3 баллов по каждому показателю. Расчеты проведены с использованием инструментов стандартного модуля ArcGIS 10.8 – Spatial Analyst (рисунок 1). По особенностям этих показателей была составлена оценочная таблица (см. таблицу) и карта с учетом вклада показателей в общую интегральную оценку.

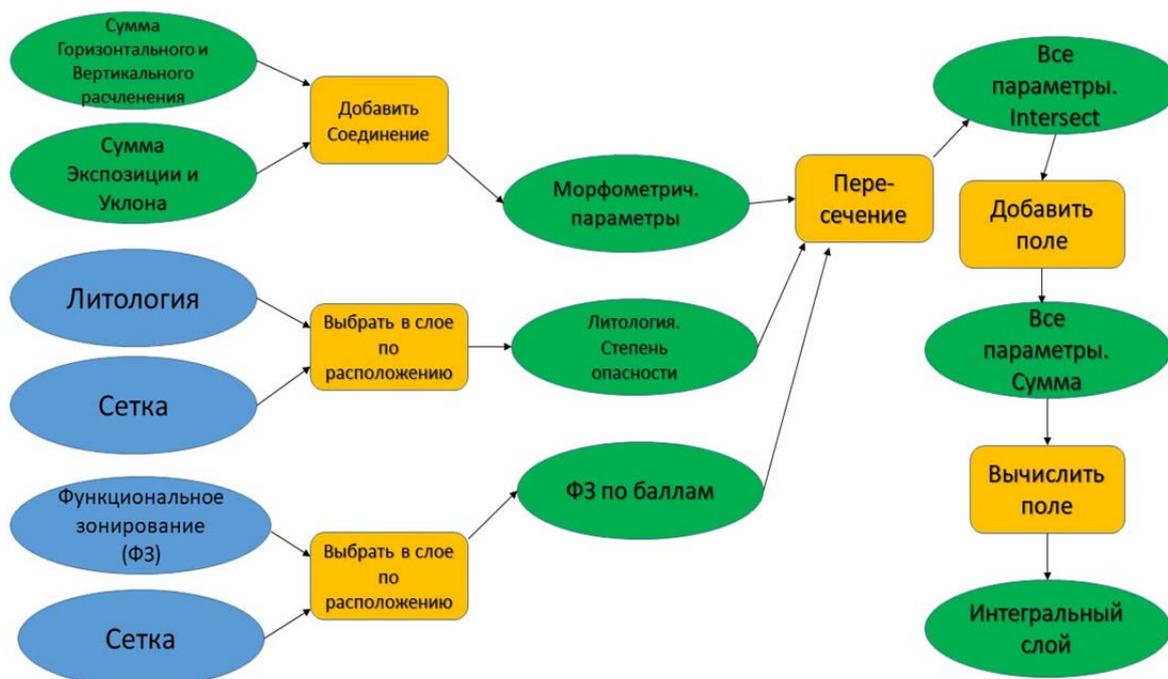


Рисунок 1 – Общая геоинформационная модель построения интегральной карты по степени опасности геолого-геоморфологических процессов Чарынского ГНПП

Figure 1 – General geoinformation model for the construction of integral map by the degree of geological and geomorphological processes' danger in the Charyn SNNP

Параметры оценки степени опасности геолого-геоморфологических процессов  
Parameters of geological and geomorphological processes assessment by the degree of danger

Вертикальное расчленение рельефа		Горизонтальное расчленение рельефа		Крутизна склона (уклон)		Экспозиция склонов		Литологический состав пород		Функциональная зона	
м/км <sup>2</sup>	баллы	км/км <sup>2</sup>	баллы	градус	баллы	градус	баллы	породы	баллы	зоны	баллы
6,4-48,3	1	0-1,33	1	До 8	1	С, СВ, СЗ	1	Известняки, песчаники, алевролиты, конгломераты, валунно-галечники	1	Заповедного режима, экологической стабилизации	1
48,3-130,5	2	1,34-3,04	2	8-35	2	В, З	2	Глины, мергели	2	Туристской и рекреационной деятельности	2
130,5-451,6	3	3,1-7,6	3	Более 35	3	ЮЗ, ЮВ, Ю	3	Лёссы, лёссовидные супеси, суглинки, пески	3	Ограниченной хозяйственной деятельности	3

**Результаты и их обсуждение.** *Вертикальное расчленение рельефа.* Интенсивность вертикального расчленения позволяет охарактеризовать активность геодинамических процессов (рисунок 2). Показателем вертикального расчленения рельефа служит амплитуда колебания высот земной поверхности, т.е. относительное превышение вершин положительных форм над ближайшими отрицательными формами. Эта величина равна глубине расчленения рельефа [6, 7]. Данный показатель определялся с помощью инструмента зональной статистики (Zonal Statistics), где в пределах выделенных квадратов вычислялась разница между наименьшим и наибольшим значениями всех ячеек раstra, которые принадлежат той же зоне, что и выходная ячейка (RANGE) [8]. По результатам оценки более 71,4% (976,9 м/км<sup>2</sup>) территории Чарынского ГНПП занимает слабая степень вертикального расчленения рельефа, умеренная и сильная степень – 20,6% (281,8 м/км<sup>2</sup>) и 8% (109,9 м/км<sup>2</sup>) соответственно. Крутые склоны выделены по лево- и правобережью южной части р. Шарын, гор Торайгыр и Улькен Бугыты, что подтверждает развитие обвально-осыпных процессов.

*Горизонтальное расчленение рельефа.* Показателем горизонтального расчленения рельефа явился детальный анализ эрозионной сети (рисунок 3). Этот показатель получен с использованием ЦМР и алгоритмом вычислений с помощью инструментов «Гидрология» (Spatial Analyst), который проводился в следующей последовательности [9]: заполнение некорректных понижений рельефа (Fill), классификация направлений стока по румбам (Flow Direction), построение растрового слоя суммарного стока (Flow Accumulation), идентификация водотоков (Stream Link), порядка водотоков (Stream order), водоток в пространственный объект (Stream to Feature). Далее инструментами слияние (Dissolve), пересечение (Intersect) и пространственное соединение (Join Features) устанавливалась протяженность эрозионной сети в пределах выделенных квадратов. По результатам оценки более 45,8% территории Чарынского ГНПП занимает умеренная степень горизонтального расчленения рельефа, слабая и сильная степень – 26,4 и 27,8% соответственно. Полученные результаты показывают, что эрозионная сеть на территории ГНПП распределена равномерно. Это свидетельствует о наличии плоскостного смыва по всей территории парка.

*Крутизна склона (уклон).* Далее уклон поверхности рассчитывался инструментом уклон (Slope) группы инструментов «Поверхность» (Surface) (рисунок 4). Для каждой ячейки инструмент уклон вычисляет максимальную степень изменения в значении z между конкретной ячейкой и соседними с ней ячейками [10]. Расчет диапазона уклона аналогичен расчету диапазона значений вертикального расчленения. Диапазоны значений уклона были сгруппированы в 3 группы: до 8° – очень пологие и пологие; 8°-35° – средней крутизны и крутые; более 35° – очень крутые [11].

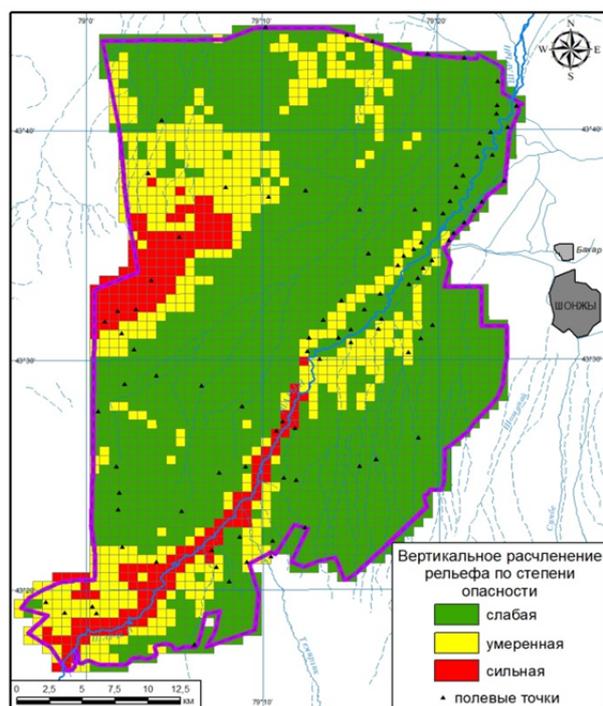


Рисунок 2 – Вертикальное расчленение рельефа

Figure 2 – Vertical dissection of the relief

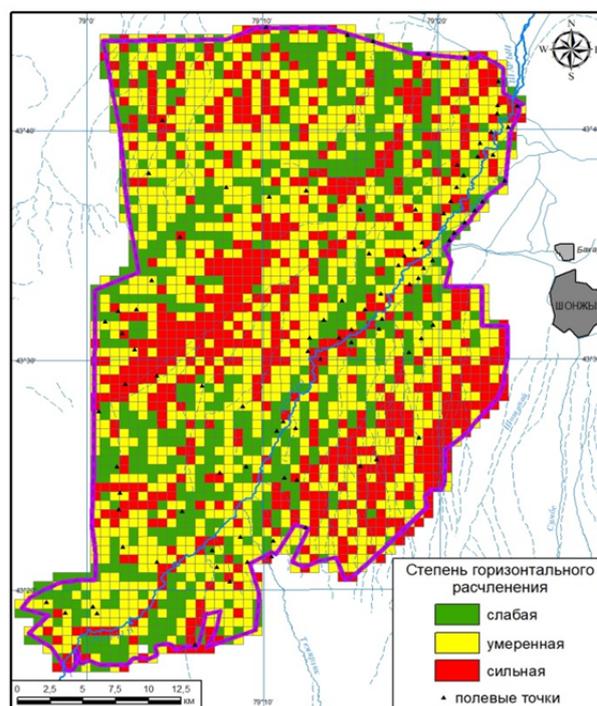


Рисунок 3 – Горизонтальное расчленение рельефа

Figure 3 – Horizontal dissection of the relief

Характер и интенсивность склоновых процессов находятся в большой зависимости от крутизны склонов. На территории Чарынского ГНПП наибольшие показатели уклонов поверхности (более  $35^\circ$  составляет 12,2% площади ГНПП) подвержены сильной степени опасности и характерны для гор Улькен Бугыты и Торайгыр, а также для высоких пойм каньона р. Шарын до выхода ее на равнину. Территории со средними показателями уклонов ( $8-35^\circ$  – 43% территории) расположены на денудационно-наклонном пенеппене на увалистых и грядовых холмах к юго-западу от горы Торайгыр, на аккумулятивно-эрозионных холмах овражного размыва выше междуречья рек Шарын и Темирлик. Также территории со средними показателями уклонов приурочены к эрозионным холмам (бедленд) южнее урочища Сарытогай, к долинно-увалистым холмам севернее гор Улькен Бугыты. Большую часть территории Чарынского ГНПП занимают районы с низкими значениями уклонов (до  $8^\circ$  – 44,8 % территории ГНПП).

Экспозиция склонов рассчитывалась с помощью инструмента экспозиция (Aspect), который извлекает экспозицию склонов из растровой поверхности (рисунок 5). Инструмент определяет направление уклона максимальной скорости изменения значений от каждой ячейки до соседних с ней ячеек [12]. Каждой экспозиции дали соответствующий балл, где в основе лежит неравномерное распределение солнечной энергии на различных склонах. Соответственно на карте экспозиции склонов Чарынского ГНПП слабую степень получили северные, северо-восточные и северо-западные направления, которые занимают 44,3% территории ГНПП, сильная степень занимает юго-восточные, южные и юго-западные экспозиции склонов с небольшим 14,6% соотношением, восточные и западные экспозиции склонов занимают остальные 41,1% территории ГНПП с умеренной степенью.

*Литологический состав пород.* Оценка литологического состава пород и далее классификация были проведены по степени размываемости (рисунок 6). К сильной степени размываемости пород относятся рыхлые несцементированные обломочные породы – лёссы, лёссовидные супеси и суглинки, а также пески (см. таблицу). К территориям, сложенным этими породами, принадлежат долинно-увалистые холмы и пролювиально-наклонные равнины вокруг гор Улькен Бугыты, поймы и первые надпойменные террасы р. Шарын (начиная с урочища Сарытогай до северо-восточной части ГНПП), а также юго-восточная часть национального парка. Территории с сильной степенью проявления занимают  $429,7 \text{ км}^2$ , или 31,4% от общей площади парка ( $1368,6 \text{ км}^2$ ).

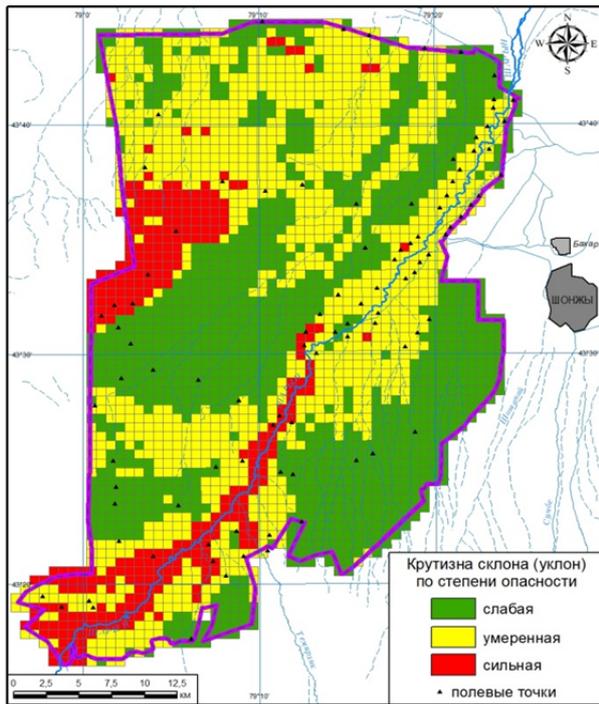


Рисунок 4 – Крутизна склона (уклон)  
Figure 4 – Curvature (Slope)

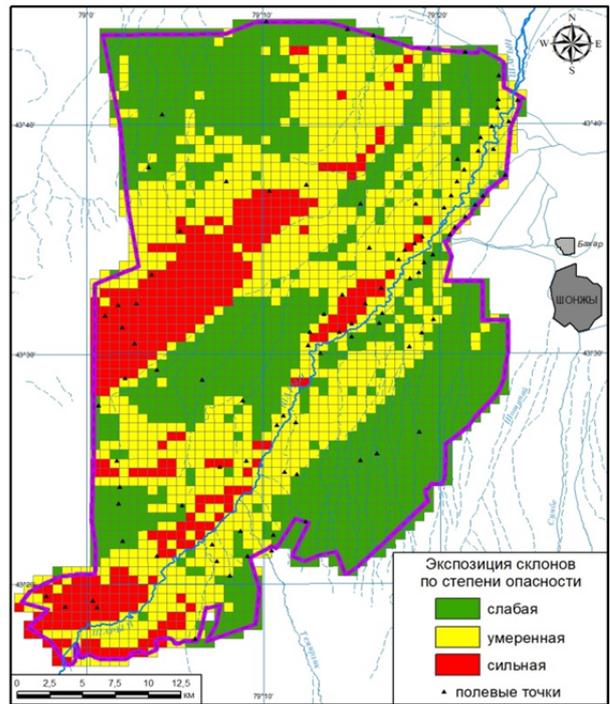


Рисунок 5 – Экспозиция склонов  
Figure 5 – Aspect of slopes

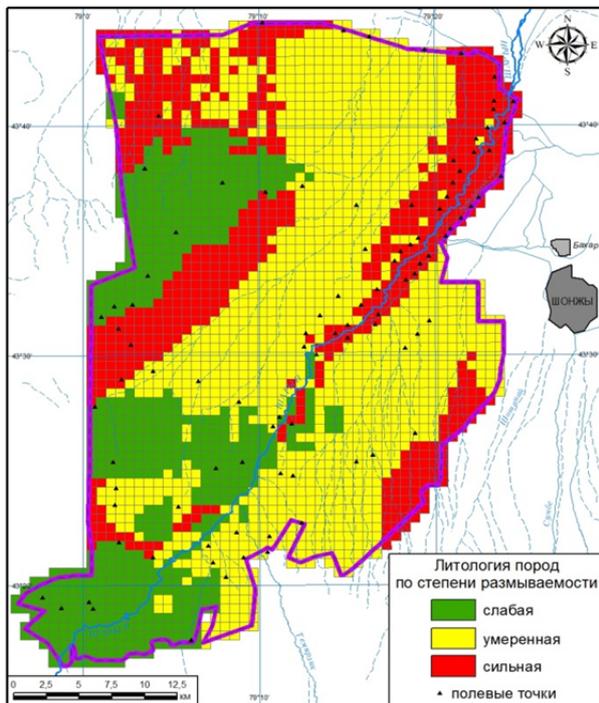


Рисунок 6 – Литология пород  
Figure 6 – Lithology

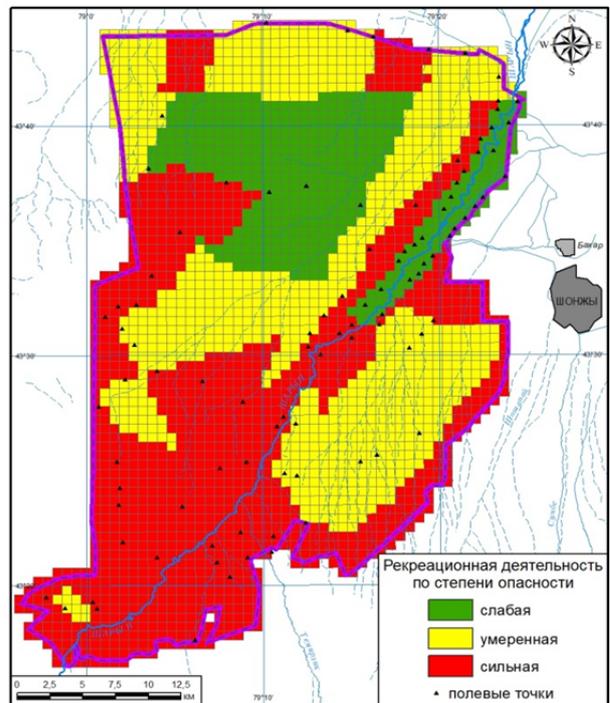


Рисунок 7 – Функциональные зоны  
Figure 7 – Functional zones

К умеренной степени размываемости относятся сцементированные осадочные породы – глины, мергели. Они имеют более плотный состав, соответственно более устойчивые к эрозионным и обвально-осыпным процессам. Районы с умеренной степенью размываемости пород занимают значительную часть рассматриваемой территории, простираясь с севера до юго-восточной части национального парка. Они расположены на долинно-увалистых холмах на правобережье и левобережье р. Шарын, а также на вторых надпойменных террасах и эрозионных холмах «бедленд» (на правобережье). Территории с умеренной степенью проявления охватывают 603,6 км<sup>2</sup>, или 44,1% от общей площади парка. К слабой степени относятся твердые сцементированные породы (скальные и полускальные): известняки, песчаники, конгломераты, валунно-галечниковые отложения (см. таблицу). К территориям со слабой степенью размываемости принадлежат горы Торайгыр и Улькен Бугыты, увалисто-грядовые холмы между ними, а также юго-западная часть национального парка. Они занимают 335,3 км<sup>2</sup>, или 24,5% территории.

Методом экспертной оценки для каждой *функциональной зоны* территории Чарынского ГНПП были присвоены баллы с учетом их режима охраны и антропогенной нагрузки на них (рисунок 7). Зону заповедного режима (режим охраны заповедный) и экологической стабилизации определили как слабую степень опасности (режим охраны заповедный с отдельными допущениями по научной деятельности и рекреации). Зона туристкой и рекреационной деятельности отнесена к умеренной степени. В данной зоне установлен заказной режим охраны, обеспечивающий сохранение природных комплексов и объектов природно-заповедного фонда, также допускается регулируемое туристское и рекреационное использование (кроме охоты) с учетом научно обоснованных норм использования территории в рекреационных целях. Зону ограниченной хозяйственной деятельности (режим охраны регулируемый) отнесли к сильной степени опасности.

Здесь одновременно с охранными, защитными и восстановительными мероприятиями предусматривается хозяйственная деятельность с регулируемым режимом охраны. В пределах зоны ведется хозяйственная деятельность [13]. Все действующие туристские маршруты находятся в данной зоне, которая относится к сильной степени опасности.

**Заключение.** В результате выполненных расчетов были получены карты вертикального и горизонтального расчленения рельефа, крутизны и экспозиции склона, размываемости пород и карта функциональных зон по степени опасности. Далее с помощью инструмента «Добавить соединение» слои 6 показателей объединены по общему полю «ID» и полученные суммы были ранжированы путем группировки схожих значений в 3 степени опасности процессов: 7-10 баллов – низкая, 11-12 баллов – средняя и 13-17 баллов – высокая (рисунок 8).

В результате анализа интегральной карты высокогорные участки вдоль лево- и правобережья верхнего течения р. Шарын, где простираются горы Торайгыр, Катугу, ниже охвачен участок урочищ Мойынтогай, Таскора и участок гор Улькен Бугыты – территории с сильной степенью расчлененности, с твердыми скальными и полускальными породами и крутизной склонов более 35° относятся к сильной степени опасности процессов. Здесь расположен наиболее посещаемый туристами маршрут – Долина замков. Данная территория может представлять опасность в виде проявления обвально-осыпных процессов, овражной и боковой эрозии. На территориях умеренной и слабой степени опасности процессов преобладают процессы плоскостного смыва, местами процессы овражной эрозии.

На территории Чарынского ГНПП современный рельеф со всем разнообразием слагающих его форм является отражением геолого-геоморфологических процессов, происходивших в альпийскую эпоху. В ходе полевых исследований было подтверждено, что обвально-осыпные процессы, овражная и боковая эрозия встречаются реже, чем процессы плоскостного смыва, которые распространены повсеместно.

*Плоскостной смыв.* Крутизна (уклон) склона является одной из главных характеристик смыва, так как определяет скорость стекания поверхностных вод, следовательно, и их эродирующую силу [14]. На исследуемой территории плоскостной смыв проявляется в виде удаления материала верхнего слоя почвы или продуктов выветривания горных пород дождевыми или тальными водами, стекающими по склону сплошным слоем или мелкими струями. На обнаженных склонах гор Улькен Бугыты нередко встречаются мелкоструйчатые формы размыва, параллельные борозды глубиной 5-10 см. В связи с небольшим количеством осадков плоскостной смыв представляет умеренную и слабую степень опасности. При увеличении объема и продолжительности осадков

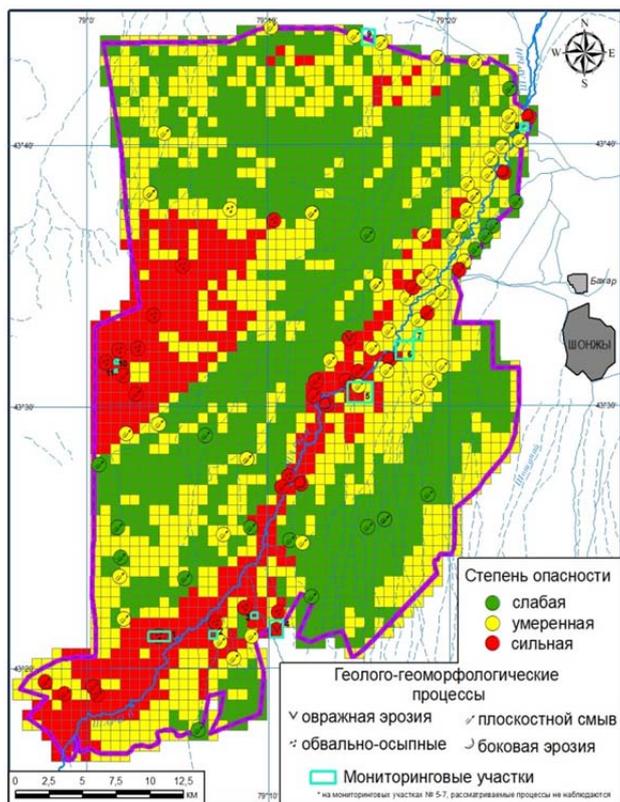


Рисунок 8 –  
Интегральная оценка  
по степени опасности  
процессов  
Figure 8 –  
Integral assessment  
of processes  
by degree of danger

активизация процесса плоскостного смыва на территории Чарынского ГНПП может привести к изменению морфологических и морфометрических характеристик склонов, деградации почвенного покрова, а также заилению рек продуктами смыва.

*Боковая эрозия* активно развивается меандрированием русла р. Шарын, тем самым усиливая русловую и боковую эрозию в пойме реки. В северной части Ясеновой рощи наблюдается боковая эрозия (мониторинговый участок 8, рисунок 9). Русловая и боковая эрозия разрушают пойму реки и имеют сильную степень опасности.

*Овражная эрозия.* На аккумулятивно-эрозионных низких холмах на обоих берегах р. Шарын распространены процессы овражного размыва. Здесь характерны врезы логов до 10-15 м с выпуклыми и задернованными склонами крутизной в 5-10°. Согласно карте уклонов склоны крутизной менее 8° наименее подвержены эрозии, а при крутизне более 8° наблюдается значительное развитие эрозионных процессов. Ниже по течению лога переходят в овраги, врезанные на 30-40 м, склоны становятся крутыми (25-30°) и формируется рельеф овражного размыва. Овраги левобережья, прямолинейно вытянутые на 3-4 км и в устье переросшие в каньон, вполне могут соответствовать тектоническим нарушениям. Овраги правого берега имеют длину не более 1 км, но громадный объем выносимого ими материала существенно влияет на меандрирование русла р. Шарын. На правом борту р. Темирлик наблюдается развитие овражных процессов (мониторинговый участок 4, рисунок 10). Овраги глубокие, вершины близко подступают к полевой дороге, имеют водобойные колодцы глубиной более 10 м. Глубина оврагов по склонам достигает 20-30 м и имеют сильную степень опасности.

*Обвально-осыпные* процессы распространены преимущественно в горной части Чарынского ГНПП, что обусловлено сочетанием орографических и климатических условий. *Обвалы* наблюдаются на береговых склонах рек, где происходит нарушение гравитационной устойчивости блоков вследствие подмыва или абразии. В долине р. Шарын обвалы встречаются повсеместно на самом популярном туристском маршруте «Долине замков» на склоне гор Торайгыр и в каньоне р. Бестамак (мониторинговые участки 1-2), а также в каньоне р. Темирлик (на мониторинговых участках 3-4, рисунок 11). Движение обломков происходит при крутизне поверхности более 20-25°. Довольно серьезную угрозу могут нести камнепады. *Осыпи* приурочены к крутым склонам (20-30°) речных долин временных и постоянных водотоков, низкогорных массивов рассматри-

ваемой территории. По Чарынскому каньону, на участках выходов скальных пород, развиваются осыпи, которые представляют собой скопление обломков выветренных пород. Они особенно интенсивно развиваются весной и осенью. В горах Торайгыр, в каньонах рек Бестамак и Темирлик (мониторинговые участки 1-4), а также на восточном склоне гор Улькен Бугыты (мониторинговые участки 10-11, рисунок 12) развиты обвально-осыпные процессы, создающие определённые трудности и угрозу для посетителей парка. Осыпи сложены обломками от 5 до 40 см, отделенные эрозионно-тектоническими уступами высотой 40-70 м. Обвально-осыпные процессы имеют сильную степень опасности на территории Чарынского ГНПП.



Рисунок 9 – Определение точных координат развития русловой и боковой эрозии русла р. Шарын на мониторинговом участке № 8

Figure 9 – Determination of the exact coordinates of the channel and lateral erosion development on Sharyn river at the monitoring site No. 8



Рисунок 10 – Обследование оврагов на склоне р. Темирлик на мониторинговом участке № 4

Figure 10 – Survey of gully on the Temirlık River slope at monitoring site No. 4



Рисунок 11 – Обвальные процессы, каньон «Долина замков» на мониторинговом участке №1-2

Figure 11 – Landslide processes, the «Valley of Castles» canyon at monitoring site No. 1-2

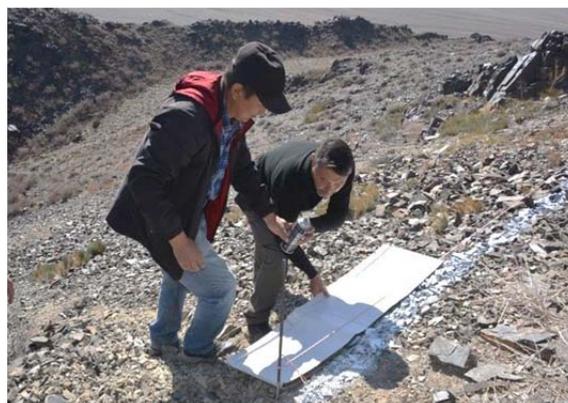


Рисунок 12 – Горы Улькен Бугыты. Мониторинг осыпных процессов, участок №10-11

Figure 12 – Ulken Bugyty Mountains. Monitoring of landslide processes, monitoring sites No. 10-11

Таким образом, представляющие опасность геолого-геоморфологические процессы для любых видов природопользования, а также угрозу для туристов препятствуют дальнейшему безопасному развитию деятельности ГНПП. Приведенная методика оценки по степени опасности геолого-геоморфологических процессов в последующем может служить основой для выделения территорий, безопасных для туристско-рекреационной деятельности.

**Финансирование.** В статье использованы результаты исследований, полученные в рамках проекта №AP05131504 «Инструментально-методическая оценка опасных природных явлений и процессов Чарынского государственного национального природного парка».

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Al-Hemoud A., Al-Enezi A., Al-Dashti H. et al. Hazard Assessment and Hazard Mapping for Kuwait // *International Journal of Disaster Risk Science*. – 2023. – No. 4. – P. 143-161. <https://doi.org/10.1007/s13753-023-00473-2>.
- [2] Геворкян Ф. С. О комплексных геоморфологических показателях для характеристики эрозийного расчленения // *Геоморфология*. – 1972. – № 3. – С. 44-48.
- [3] Padala Raja Shekar, Aneesh Mathew. Morphometric analysis of watersheds: A comprehensive review of data sources, quality, and geospatial techniques // *Watershed Ecology and the Environment*. – 2024. – No. 6. – P. 13-25. <https://doi.org/10.1016/j.wsee.2023.12.001>.
- [4] Md. Ashikur Rahman Joy, Sharfan Upaul, Kaniz Fatema, F. M. Rezvi Amin. Application of GIS and remote sensing in morphometric analysis of river basin at the south-western part of great Ganges delta, Bangladesh // *Hydrology Research*. – 2023. – P. 739-755. <https://doi.org/10.2166/nh.2023.087>.
- [5] Syed Ahmad Ali, Nazia Khan. Evaluation of Morphometric Parameters – A Remote Sensing and GIS Based Approach // *Open Journal of Modern Hydrology*. – 2013. – Vol. 3, No. 1. – P. 20-27. <https://doi.org/10.4236/ojmh.2013.31004>.
- [6] Позаченюк Е. А., Петлюкова Е. А. ГИС-анализ морфометрических показателей рельефа центрального предгорья главной гряды Крымских гор для целей ландшафтного планирования // *Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. География. Геология*. – 2016. – № 2. – С. 95-111.
- [7] Спиридонов А. И. Основы общей методики полевых геоморфологических исследований и геоморфологического картографирования. – М.: Высшая школа, 1970. – 456 с.
- [8] Егембердиева К. Б. Оценка туристского потенциала рельефа в целях устойчивого развития туризма на примере Щучинско-Боровской курортной зоны // *Вопросы географии и геоэкологии*. – 2021. – № 3. – С. 52-58.
- [9] Михайлов В. А. Комплексный морфометрический анализ Тарханкутского полуострова с помощью ГИС // *Современные научные исследования и инновации*. – 2015. – № 2-4 (46). – С. 5-13.
- [10] Уклон [Электрон. ресурс]. – URL:<https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.4/tools/spatial-analyst-toolbox/slope.htm> (дата обращения: 10.04.2024).
- [11] Леонтьев О. К., Рычагов Г. И. Общая геоморфология. – М.: Высшая школа, 1988. – 319 с.
- [12] Экспозиция [Электрон. ресурс]. – URL:<https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.4/tools/spatial-analyst-toolbox/aspect.htm> (дата обращения: 16.07.2024).
- [13] Керімбай Н. Н., Керимбай Б. С., Мазаржанова К. М., Ахметов Е. М., Нысанбаева Г. Н. Современное состояние рекреационного потенциала природной среды Шарынского ГНПП. – Алматы: ТОО «Тау Кайнар», 2019. – 204 с.
- [14] Сурмач Г. П. Водная эрозия и борьба с ней. – Л.: Гидрометеоздат, 1976. – 254 с.

#### REFERENCES

- [1] Al-Hemoud A., Al-Enezi A., Al-Dashti H. et al. Hazard Assessment and Hazard Mapping for Kuwait // *International Journal of Disaster Risk Science*. 2023. No. 4. P. 143-161. <https://doi.org/10.1007/s13753-023-00473-2>.
- [2] Gevorgyan F. S. On complex morphometric indicators for the characterization of erosive dissection in mountainous areas (on the example of the Lake basin. Sevan in the Armenian SSR) // *Geomorphology*. 1972. No. 3. P. 44-48 (in Russ.).
- [3] Padala Raja Shekar, Aneesh Mathew. Morphometric analysis of watersheds: A comprehensive review of data sources, quality, and geospatial techniques // *Watershed Ecology and the Environment*. 2024. No. 6. P. 13-25. <https://doi.org/10.1016/j.wsee.2023.12.001>.
- [4] Md. Ashikur Rahman Joy, Sharfan Upaul, Kaniz Fatema, F. M. Rezvi Amin. Application of GIS and remote sensing in morphometric analysis of river basin at the south-western part of great Ganges delta, Bangladesh // *Hydrology Research*. 2023. P. 739-755. <https://doi.org/10.2166/nh.2023.087>.
- [5] Syed Ahmad Ali, Nazia Khan. Evaluation of Morphometric Parameters – A Remote Sensing and GIS Based Approach // *Open Journal of Modern Hydrology*. 2013. Vol. 3, No. 1. P. 20-27. <https://doi.org/10.4236/ojmh.2013.31004>.
- [6] Pozachenyuk E. A., Petukhova E. A. GIS-analysis of morphometric relief indicators of the central foothills of the Main ridge of the Crimean Mountains for the purposes of landscape planning // *Scientific notes of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology*. 2016. No.2. P. 95-111 (in Russ.).
- [7] Spiridonov A. I. Fundamentals of the general methodology of field geomorphological research and geomorphological mapping. M.: Higher School, 1970. 456 p. (in Russ.).
- [8] Yegemberdiyeva K. B. Assessment of the tourist potential of the relief for the purposes of sustainable tourism development using the example of the Shchuchinsk-Borovskaya resort area // *Issues of geography and geoecology*. 2021. No. 3. P. 52-58. (in Russ.).
- [9] Mikhailov V. A. Complex morphometric analysis of the Tarkhankut peninsula using GIS // *Modern scientific research and innovations*. 2015. No. 2-4 (46). P. 5-13 (in Russ.).
- [10] Slope [Electronic resource]. – URL:<https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.4/tools/spatial-analyst-toolbox/slope.htm> (date of access: 10/04/2024).
- [11] Leontyev O. K., Rychagov G. I. General geomorphology. M.: Higher School, 1988. 319 p. (in Russ.).
- [12] Aspect [Electronic resource]. – URL:<https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.4/tools/spatial-analyst-toolbox/aspect.htm> (date of access: 16/07/2024).

[13] Kerimbay N. N., Kerimbay B. S., Mazarzhanova K. M., Akhmetov E. M., Nysanbaeva G. N. The current state of the recreational potential of the natural environment of the Sharyn State Nature Reserve. Almaty: Tau Kainar LLP, 2019. 204 p. (in Russ.).

[14] Surmach G. P. Water erosion and its control. L.: Hydrometeoizdat, 1976. 254 p. (in Russ.).

**А. Д. Абитбаева<sup>1</sup>, А. А. Бектұрсынова<sup>2</sup>, Ж. М. Шарапханова<sup>3</sup>, К. Б. Егембердиева<sup>\*4</sup>**

<sup>1</sup> Г. ғ. к., жетекші ғылыми қызметкер («География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Алматы, Қазақстан; *ainagul\_1982@mail.ru*)

<sup>2</sup> Ғылыми қызметкер («География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Алматы, Қазақстан; *aruzhan.bekkuliyeva@mail.ru*)

<sup>3</sup> PhD студент (әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; *sharaphanova@gmail.com*)

<sup>4\*</sup> Г. ғ. к., геотуризм және геоморфология зертханасының жетекшісі («География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Алматы, Қазақстан; *kamshat.yegemberdiyeva@gmail.com*)

### ШАРЫН МЕМЛЕКЕТТІК ҰЛТТЫҚ ТАБИҒИ ПАРКІНДЕГІ ГЕОЛОГИЯЛЫҚ-ГЕОМОРФОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРДІҢ ҚАУІПТІЛІК ДӘРЕЖЕСІН БАҒАЛАУ ЖӘНЕ КАРТОГРАФИЯЛАУ

**Аннотация.** Мақаланың мақсаты келушілердің қауіпсіздігін қамтамасыз ету және туристік инфрақұрылымды қорғау үшін Шарын мемлекеттік ұлттық табиғи паркіндегі (МҰТП) геологиялық-геоморфологиялық процестердің қауіптілік дәрежесін бағалау және интегралдық картасын жасау болып табылады. Зерттеуде қауіпті геологиялық-геоморфологиялық процестерді анықтау үшін далалық зерттеу әдістері қолданылды. Камералдық жағдайда жиналған мәліметтерге салыстырмалы талдау жасалып, тақырыптық карталарды құру үшін ГАЖ технологияларын пайдалана отырып картографиялық әдіс қолданылды. Қауіптілік дәрежесін бағалау бедердің тік және көлденең тілімденуі, беткейдің құлдығы және экспозициясы, тау жыныстарының литологиялық құрамы және функционалды аймақтар сияқты көрсеткіштер негізінде жүргізілді. Зерттеу нәтижесінде Шарын МҰТП аумағы үшін геологиялық-геоморфологиялық процестердің қауіптілік дәрежесінің картасы жасалды. Туристерге қауіп төндіретін және МҰТП қызметінің қауіпсіз дамуына кедергі келтіретін қауіпті опырылымдық-қорымдық және эрозиялық процестер (бүйірлік және жыралық эрозия) анықталды.

**Түйін сөздер:** геологиялық-геоморфологиялық процестер, жазықтық шайылу, бүйірлік эрозия, жыралық эрозия, опырылымдық-қорымдық процестер, мемлекеттік ұлттық табиғи парк.

**A. D. Abitbayeva<sup>1</sup>, A. A. Bektursynova<sup>2</sup>, Zh. M. Sharapkhanova<sup>3</sup>, K. B. Yegemberdiyeva<sup>\*4</sup>**

<sup>1</sup> Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher (Institute of Geography and Water Security JSC, Almaty, Kazakhstan; *ainagul\_1982@mail.ru*)

<sup>2</sup> Scientific researcher (Institute of Geography and Water Security JSC, Almaty, Kazakhstan; *aruzhan.bekkuliyeva@mail.ru*)

<sup>3</sup> PhD Student (Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; *sharaphanova@gmail.com*)

<sup>4\*</sup> Candidate of Geographical Sciences, Head of the Department of Geotourism and Geomorphology (Institute of Geography and Water Security JSC, Almaty, Kazakhstan; *kamshat.yegemberdiyeva@gmail.com*)

### ASSESSMENT AND MAPPING OF THE DANGEROUS GEOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL PROCESSES OF THE CHARYN SNNP

**Abstract.** The purpose of this article is to assess and compile an integrated map of the danger degree of geological and geomorphological processes in the Charyn State National Nature Park (SNNP) to ensure visitors' safety and protect tourism infrastructure. The study used field methods to determine dangerous geological and geomorphological processes. Based on the collected data, a comparative analysis was performed in office conditions, and a cartographic method was applied using GIS technologies to create thematic maps. The danger assessment was carried out based on vertical and horizontal dissection, slope steepness and exposure, lithological composition of rocks and functional zones. As a result of the study, a map of the danger degree of geological and geomorphological processes for the territory of the Charyn SNNP was compiled. Dangerous landslide-talus and erosion processes (lateral and gully erosion) were identified, posing a threat to tourists and hindering the safe development of the SNNP activities.

**Keywords:** geological and geomorphological processes, sheet erosion, lateral erosion, gully erosion, landslide-talus processes, state national natural park.