



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра прикладной и системной экологии

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Бакалаврская работа

На тему Геоинформационное моделирование почвенных характеристик и  
эрозийных процессов в Национальном парке «Приэльбрусье»

Исполнитель Виноградов Фёдор Владимирович

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Алексеев Денис Константинович

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат географических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Алексеев Денис Константинович

(фамилия, имя, отчество)

«06» 06 2022 г.

Санкт-Петербург

2022

## Оглавление

|   |    |
|---|----|
| Введение.....                                     | 3  |
| 1. Физико-географическая характеристика .....     | 5  |
| 1.1 Климат.....                                   | 8  |
| 1.2 Рельеф.....                                   | 10 |
| 1.3 Геологическое строение .....                  | 12 |
| 1.4 Почвы .....                                   | 13 |
| 1.5 Растительность .....                          | 16 |
| 1.6 Ландшафты .....                               | 18 |
| 2. Материалы исследования .....                   | 19 |
| 2.1 Цифровая модель рельефа.....                  | 19 |
| 2.2 Данные дистанционного зондирования земли..... | 21 |
| 3. Методика работы.....                           | 22 |
| 4. Результаты исследования .....                  | 32 |
| Заключение .....                                  | 43 |
| Список литературы .....                           | 45 |
| Приложения .....                                  | 48 |
| Приложение А .....                                | 48 |
| Приложение Б.....                                 | 49 |
| Приложение В .....                                | 52 |

## Введение

Проблема эрозии почв является сложной междисциплинарной, межведомственной, интернациональной проблемой. Эрозия почв затрагивает интересы не только сельского хозяйства. Она оказывает негативное влияние на состояние водного и рыбного хозяйства, на экологическую обстановку всей территории водосборного бассейна. В течение последних 20 лет темпы прироста эродированных земель каждые пять лет составляют 6 – 7 %, т.е. до 1,5 млн. га в год.

В настоящее время главным и, пожалуй, единственным негативным последствием эрозии почв является потеря урожайности земель на сельскохозяйственных территориях. При этом упускаются такие последствия эрозии, как заиление и загрязнение водоемов, нарушение структуры ландшафтов и снижение их устойчивости к негативным факторам. Особенности эрозионных процессов таковы, что они могут начинаться с незначительных потерь мелких фракций, а заканчиваться интенсивным уничтожением всего почвенного покрова. При том, попытки сохранить почву уже на поздних стадиях эрозии являются практически бесполезными.

Тем не менее, чтобы защитить почву от эрозии даже не обязательно проводить масштабные и затратные почвозащитные мероприятия. Все зависит от степени и распределения антропогенной нагрузки на конкретной территории. Зачастую для защиты почвы и ландшафтов достаточно грамотное распределение хозяйственной деятельности в соответствии с эрозионной устойчивостью почв.

*Цель работы:* Оценка потенциальной водной эрозии на территории Национального парка «Приэльбрусье».

Для достижения поставленной цели поставлены следующие *задачи*:

1. Проанализировать физико-географическую характеристику района исследования для выявления особенностей развития водной эрозии;
2. Определить эрозионную способность ливневых осадков и талых вод;

3. Оценить противоэрозионную стойкость почв;
4. Выявить геоморфологические предпосылки развития эрозии;
5. Оценить влияние растительного покрова на противоэрозионную стойкость почвы.

6. Рассчитать среднегодовые потери почвы от водной эрозии с помощью ГИС-технологий и оценить степень их выраженности;

В качестве объекта исследования был выбран национальный парк «Приэльбрусье», являющийся особо охраняемой природной территорией (далее – ООПТ) федерального значения. В качестве предмета исследования будет рассматриваться водная эрозия почв данного национального парка.

По своим природно-климатическим условиям район Центрального Кавказа относится к эрозионно-опасным районам России. Территория испытывает на себе воздействие как интенсивных ливневых осадков, так и стока талых вод. С учетом осуществления хозяйственной деятельности район находится в зоне риска деградации почв.

Как известно, одной из главных задач ООПТ является сохранение природных комплексов, уникальных и эталонных природных участков и объектов. Сохранение такого компонента биосферы, как почва, является предельно важной задачей, поскольку она является центральным звеном во взаимодействии геологического и биологического круговоротов вещества в биосфере. При полной деградации почв она перестает выполнять свои функции, нарушается баланс обмена энергии между живым и неживым веществом, территория становится малопродуктивной и непригодной для существования биоты.

## 1. Физико-географическая характеристика

Кавказская физико-географическая страна характеризуется одним из наиболее высоких уровней биологического и ландшафтного разнообразия на Земле, сохранение которого имеет Федеральное и мировое значение.

В 1986 году в Кабардино-Балкарской республике в предгорье самой высокой горы Европы «Эльбрус» был создан национальный парк «Приэльбрусье» с целью сохранения природных комплексов и объектов, имеющих особую экологическую, историческую и эстетическую ценность [1].

Национальный парк расположен в предгорной и высокогорной зоне Центрального Кавказа в пределах Главного Кавказского и Бокового хребтов. На юге Приэльбрусье граничит с Грузией, на западе с Карачаево-Черкесией, а на севере и востоке граничит с Зольским и Эльбрусским районами Кабардино-Балкарии, в пределах которых он и располагается. На рисунке 1.1 представлено его местоположение в физико-географическом отношении:

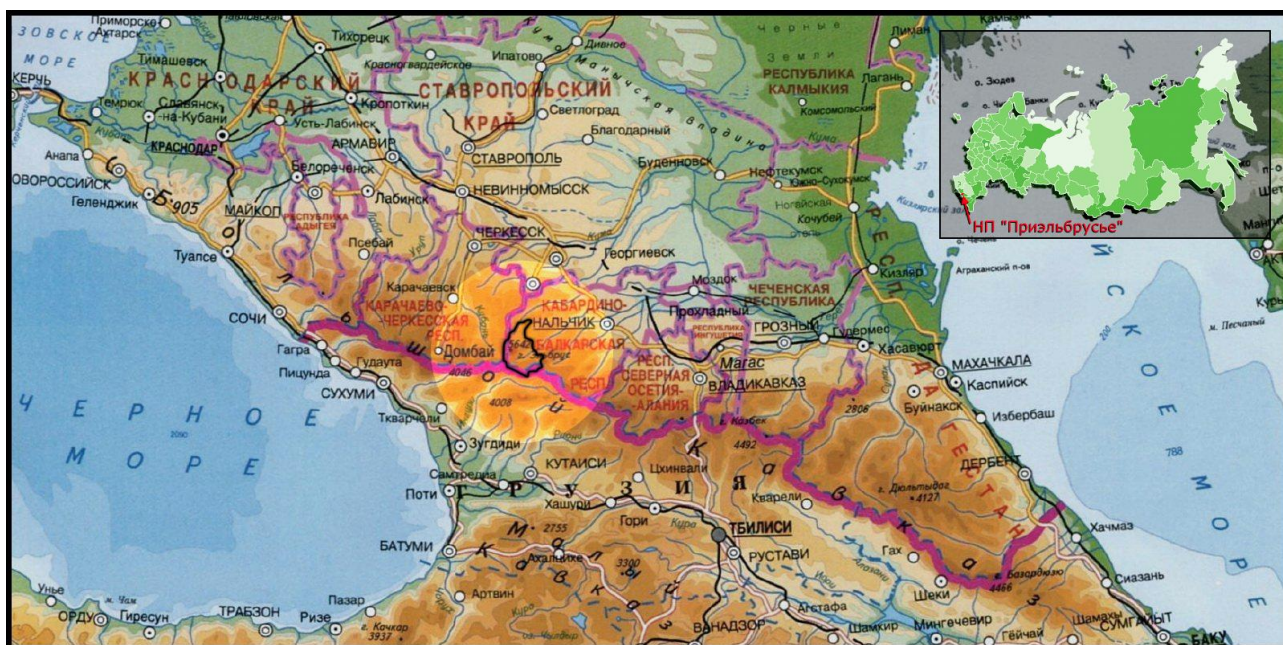


Рисунок 1.1 – Местоположение НП «Приэльбрусье»

Парк располагается в пределах двух водосборных бассейнов, разделенных Эльбрусским хребтом. Границы ООПТ в том числе совпадают с границами сопряженных водосборов.

На территории парка выделено 5 функциональных зон: заповедная, особо охраняемая, хозяйственная, рекреационная.

В заповедной зоне (63,7 тыс. га) запрещены все виды хозяйственной и рекреационной деятельности, кроме научных исследований, экологического мониторинга и природоохранных мероприятий. Включает в себя основные ландшафты нетронутой природной средой.

В особо охраняемой зоне (43,6 тыс. га) допускаются некоторые виды хозяйственной и рекреационной деятельности, не нарушающей естественного облика ландшафтов. Она является некой буферной зоной для заповедной территории и вместе с ней образует основное экологическое ядро ООПТ.

В рекреационной зоне (28,2 тыс. га), расположенной главным образом по берегам реки Баксан, разрешено строительство хозяйственных объектов, обеспечивающих функционирование рекреационных учреждений. Помимо рекреации в ней организовано проведение познавательного туризма. Основные направления: альпинизм, экскурсии, экотуризм и горнолыжный спорт.

Зона хозяйственного назначения (56,1 тыс. га) включает земли, не изъятые из хозяйственного пользования. В основном это сельскохозяйственные угодья и хозяйственно-бытовые объекты для обслуживания рекреационной деятельности.

Также имеются некоторые особые зоны, связанные с приграничным положением и традиционным природопользованием [1].

Функциональное деление национального парка «Приэльбрусье» представлено на рисунке 1.2:

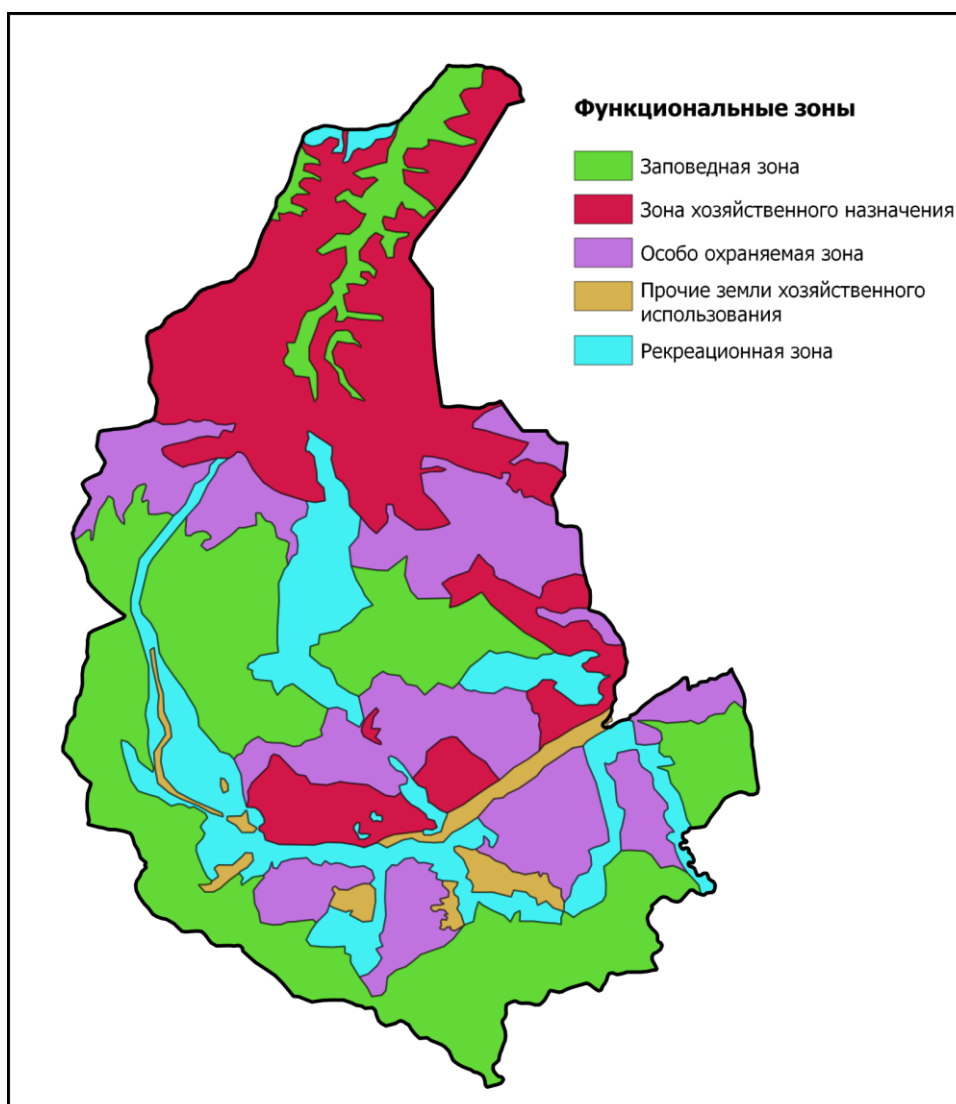


Рисунок 1.2 – Функциональное зонирование НП «Приэльбрусье»

Множество ледников и снежников в сочетании с сильно пересеченным рельефом обуславливают наличие большого количества малых и сверхмалых водотоков — притоков рек Баксан и Малка. Всего в верховьях реки Малка, в пределах Национального парка, насчитывается 113 притоков, из которых наиболее протяженные и полноводные являются Ингушли, Кызылкол, Тогайкол и т. д. В верховьях реки Баксан — около 100 притоков. Самыми крупными из них являются Адылсу, Адырсу, Гарабаши, Донгузорун, Ирик, Терскол и Юсенги.

Водный режим рек в значительной мере зависит от режима таяния снега и ледников в горах и дождей ливневого характера. В высокогорье, где

распространены ледники и вечные снега, реки характеризуются преобладающей долей ледникового питания с летним половодьем и паводками в теплое время года, осенним спадом уровней и зимней меженью [2].

## 1.1 Климат

Кавказ расположен на границе умеренного и субтропического климатических поясов, причем Центральный Кавказ целиком входит в умеренный пояс и взаимодействует с различными системами циркуляции. Горный барьер в виде Кавказских хребтов делает границу между поясами более резкой, существенно видоизменяя циркуляцию. Этот барьер особенно заметен зимой, когда система большого Кавказа почти полностью задерживает вторжение арктических масс в Закавказье. Поэтому разница между температурами Предкавказья и Закавказья достаточно резкая. Летом температурные различия сглаживаются. Рельеф также сильно обостряет границу между влажными воздушными массами Черного моря – с одной стороны, и влиянием сухого континентального климата Средней Азии – с другой. Национальный парк подвергается влиянию двух этих воздушных масс. Для этой территории характерна ощутимая разница между климатом высоких гор Большого Кавказа и низкогорий и возвышенных равнин Предкавказья. Предкавказье находится под воздействием черноморской депрессии и защищено Ставропольским плато от восточных континентальных воздействий. Циклоны, зарождающиеся на Средиземном море, приносят теплый и влажный воздух. Проходя над Черным морем, усиливаются циклонические возмущения, что приносит в Закавказье обилие интенсивных осадков. Встречаясь с орографическим препятствием воздушные массы замедляются и продвигаются вверх, интенсивно выделяя осадки. Многочисленные формы мезорельефа (ущелья, долины, межгорные котловины) в том числе создают сложную циркуляцию воздуха, значительно усложняя распределение осадков [3].

При этом выделяются общие закономерности, позволяющие описать

распределение осадков на местности. Прежде всего, это возрастание осадков до высоты 3000 м, а выше их уменьшение. Возрастание количества осадков с высотой распространяется во влажных районах до более низкого уровня, чем в засушливых, возрастание с высотой значительнее для твердых, чем для жидких.

Также, отмечается рост осадков не только перед возвышенностями, но и за хребтом с подветренной стороны. Он связан с заносом продуктов конденсации (особенно снега), переносом и отложением их на подветренном склоне в 10 – 20 км за хребтом. По мере переваливания через хребты осадки значительно уменьшаются. Поэтому, глубокие ущелья, обширные плато и горные понижения характеризуются аномально малыми для своей высоты количеством осадков (станции Теберда, Учкулан, Верхний Баксан, Унал). С высотой, распределение осадков в котловинах сильно отличается от линейного, характерного для открытых склонов.

Увеличение осадков с высотой зимой в Восточном Предкавказье выражено слабо, ведущую роль в распределении осадков здесь играет экспозиция склонов. Осадки в западном Предкавказье обусловлены взаимодействием циркуляции со склонами соответствующих экспозиций, вследствие чего на южном склоне Кавказа выпадает наибольшее количество осадков. В среднем, количество осадков за год уменьшается с юга на север и с запада на восток [3].

Климатические условия складываются преимущественно под влиянием свободной атмосферы. В предгорной и горной зонах температура воздуха в июле ниже, чем на равнине, и чем выше в горы, тем становится ниже. В высокогорье лето холодное и суровое. Так, в июле температура воздуха составляет в зоне 1500 м 14,5 °С – 15,5 °С, а на высотах 2500–3000 м 7,5 °С – 8,0 °С, а на Эльбрусе средняя температура июля отрицательная, –1,4 °С. Начиная с высоты 2500 м практически отсутствуют дни с устойчивой активной температурой воздуха выше 10 °С. Зима в высокогорье очень суровая. Средняя температура воздуха в январе на отдельно стоящих вершинах составляет в зоне 2500-3000 с –9 °С, –13 °С, а на Эльбрусе –19 °С. Первые заморозки начинаются октябре. Период с устойчивыми морозами начинается в декабре и продолжается до 273 дней. Весна

– самое короткое время года с продолжительностью около двух месяцев и средней температурой 5 °С [4].

Снежный покров имеет важное климатическое значение на исследуемой территории. Запасы влаги в снежном покрове, характер его залегания и таяния весной определяют величину весеннего стока, режим рек и других водоемов. Зима обычно начинается с достаточно продолжительного предзимья. Большая изрезанность рельефа определяет пестроту распределения снежного покрова. Устойчивый снежный покров формируется в декабре. Снеговая линия в среднем на отметке 3500 м. Высота снежного покрова зависит от распределения осадков под воздействием рельефа [3]. Наибольшая аккумуляция снежного покрова наблюдается на подветренных склонах. Снежный покров начинает сходить в середине марта – апреле.

Таяние снега происходит в два этапа: в дневное время верхние слои снега подтаивают, кристаллы укрупняются и увеличивается расстояние между ними. Этот этап называется фазой аккумуляции и занимает примерно треть периода снеготаяния. На втором этапе вода начинает стекать, в толще снега устанавливается нулевая температура. Таким образом плотность снега возрастает от 0,2 г/см<sup>3</sup> до 0,3 – 0,4 г/см<sup>3</sup> [5].

## 1.2 Рельеф

Национальный парк располагается в пределах двух геоморфологических макроструктур: Бокового и Главного Кавказского хребтов. В общих чертах рельеф местности представлен системой хребтов и впадин, вытянутых преимущественно в соответствии с простираем основных морфоструктур Большого Кавказа: с северо-запада на юго-восток. Абсолютные высоты увеличиваются к юго-востоку с 500-600 м до 5000 и выше (5642,7 - высота Эльбруса, наивысшая точка всего Кавказа). На северо-востоке располагается предгорная равнина, в пределах которой находится группа островных гор, представляющая собой лакколиты. Наиболее высокая из них (1400 м) - г. Бештау

[6].

Севернее и северо-западнее группы лакколлитов, в пределах той же наклонной равнины, располагаются невысокие, округлые, слегка асимметричные гряды, простирающиеся с северо-запада на юго-восток. Их высоты увеличиваются в том же направлении до 900 м.

Далее к юго-западу гряды, простирающиеся продольно, становятся выше – до 1500-1600 м, приобретают более четкую морфологическую выраженность и несколько большую асимметрию.

Гребень Бокового хребта неровный, острый, местами разъеденный льдом и снегом. Эльбрус одет «шапкой» льда и снега, от которой в разные стороны спускаются ледниковые «языки», весьма разнообразные по форме и типу, дно обусловлено как долавым рельефом и его неравномерными подвижками, так и сложным разновозрастным рельефом лав.

Долинная сеть Большого Кавказа в целом, и, в частности, исследуемой территории, отличается характерным сложным рисунком. Крупные реки, стекающие с Главного и Бокового хребтов, все ориентированы на северо-восток, но в верхнем течении большей частью текут в продольных депрессиях Кавказского направления [6].

Большая часть склонов Эльбруса (до высоты 4000 м) пологая, затем крутизна достигает в среднем 35°. Отдельные склоны крутые, обрывистые. В верхней части южный склон Эльбруса сравнительно ровный, но уже с высоты 3800 м и ниже он становится более изрезанным. Для южного склона характерны отвесные скальные участки высотой до 600-700 м, значительное количество ледопадов и трещин на многочисленных ледниках.

Обилие трещин, отвесных скально-ледовых участков, ледопадов и ледниковых обвалов также на северных и западных склонах Эльбруса. Восточные склоны более сглаженные [3].

В слагающих Водораздельный и Боковой хребты кристаллических породах прекрасно выражены формы нивально-гляциальной скульптуры: ледниковые цирки, кары, карообразные мульды. Задние стенки каров противоположных

склонов, сближаясь, образуют острые гребни, вершины имеют форму пиков. Кары и цирки верхнего яруса заполнены фирном и снегом, откуда вниз по троговым долинам спускаются языки ледников. Часто фирновые бассейны сливаются между собой и тянутся сплошной полосой вдоль гребня хребта на много километров. Фирны и снега противоположных склонов нередко смыкаются, перекрывая гребень.

### 1.3 Геологическое строение

Кавказ как целостная тектоническая единица и структурно, и генетически связан с внутриконтинентальными впадинами Черного моря и Южного Каспия. Эта связь была подтверждена сопоставлением схем мощности земной коры и мощности гранитного склона [3].

Остатки древнейшего вулкана на месте Эльбруса представлены метаморфическими породами кристаллических сланцев и гнейсов нижнепалеозойской макерской серии на относительно слабо расчлененной поверхности древнего эрозионного рельефа, где залегает толща разнообразных вулканических пород общей мощностью 0,8–1,0 км. Вулканические толщи стены цирка Уллукама представляют собой древнейшие образования массива Эльбруса и распространены только в его крайней западной части, слагая вулкан, большая часть которого уничтожена ледниковой экзарацией, а другая, восточная часть скрыта под более молодыми лавами Эльбруса [7].

Наклонная предгорная равнина расположена под палеогеновыми, меловыми и юрскими отложениями который погребен герцинский фундамент Русской платформы, спаянный с палеозойским складчатый фундаментом Большого Кавказа. Фундамент залегает на разной глубине – от 1 до 2,5 км.

Продольные гряды сложены толщей известняков и мергелем мелового возраста, залегающей полого моноклиналино, с наклонов пластов к северу.

В структуре и рельефе Кавказа большую роль играют также и поперечные глубинные разломы, и разрывные нарушения более поверхностного заложения, по

которым наклонный к северу фундамент расколот поперек. Расколы формировались на фоне общего сводового вздымания фундамента к юго-западу, что обусловило блоковое строение фундамента.

#### 1.4 Почвы

Территорию Национального парка «Приэльбрусье» занимают специфические горные почвы, отличающиеся от равнинных аналогов. В соответствии с почвенной картой (рис. А1), в зоне исследования располагается 5 типов почв, которые были взяты для дальнейшего исследования: горно-луговая дерново-торфянистая, горно-луговая дерновая, горно-луговая черноземовидная, горная лугово-степная и горная примитивная.

Горные почвы на Кавказе сравнительно «молодые», характеризуются маломощностью и скелетностью профиля. На возвышенных участках преобладают плотные метаморфические и изверженные почвообразующие породы, а на более дренированных территориях плотные сланцевые породы. Исходя из особенностей почвообразующих пород, можно сделать вывод, что поверхностный и внутрипочвенный сток атмосферной влаги преобладает над просачиванием осадков в толщу грунта.

Горно-луговые почвы имеют небольшую плотность верхних горизонтов, для них характерны большая влагоемкость и высокая водопроницаемость, уменьшающаяся от верхних горизонтов к нижним. Последнее также является основной причиной формирования верховодки. Горно-луговые почвы содержат большое количество гумуса, преимущественно грубого с преобладанием фульвокислот. Гранулометрический состав колеблется в широких пределах – от супесчаных до тяжелосуглинистых [8].

В условиях сильно пересеченного рельефа на склонах разной экспозиции и крутизны резко проявляется смена почвенных разностей. На крутых склонах процессы смыва и размыва преобладают над процессами аккумуляции. На таких участках формируются смытые и неполноразвитые почвы.

*Горно-луговые дерново-торфянистые почвы* являются преобладающим типом почв для территории Центрального Кавказа и Приэльбрусья. Он распространен на высотах 2300–2700 м под альпийскими разнотравно-осоково-злаковыми лугами. Для них характерен дерново-торфянистый горизонт мощностью 10–15 см темно-коричневого цвета с непрочной зернистой структурой и обилием корней. Торфянистым данный тип характеризуется по наличию слоя мелких слаборазложившихся растительных остатков, рассеянных в массе верхнего горизонта. Заторможенность трансформации опада является прямым следствием климатических условий высокогорья – краткости вегетационного периода с низкими ночными температурами и высокой влажностью.

*Горные лугово-степные почвы*, вторые по распространенности в национальном парке, развиваются под альпийскими и субальпийскими остепненными лугами и луговыми степями Центрального Кавказа. Горные лугово-степные почвы формируются в зонах пониженного увлажнения на слабонасыщенных силлитных продуктах выветривания плотных осадочных и массивно-кристаллических пород.

Профиль горной лугово-степной почвы состоит из дернины  $A_d$  мощностью около 10 см серовато-коричневого цвета, порошистой структуры. Верхний горизонт  $A$  мощностью 10 – 15 см — черный, с зернистой структурой, многочисленными следами почвенной фауны, легкосуглинистого состава. Он сменяется более светлым переходным слабо оструктуренным горизонтом, постепенно переходящим в почвообразующую породу. Весь профиль отличает наличие щебня, часто карбонатного.

Содержание гумуса в гумусово-аккумулятивном горизонте составляет около 10%, а состав гумуса — гуматный и фульватно-гуматный, что определяет высокую насыщенность основаниями [9].

*Горно-луговые черноземовидные почвы*, третьи по распространенности в ООПТ, формируются в зонах умеренного увлажнения на элюво-делювии известняков и других карбонатных пород. В профиле выделяются интенсивно

## Заключение

Анализ полученной в ходе исследования карты распределения потенциальной водной эрозии позволил выделить на территории национального парка «Приэльбрусье» наиболее проблемные с точки зрения природопользования участки. Применение новейших геоинформационных технологий в оценке и визуализации сложного многофакторного процесса, позволило, на основе обработки большого массива данных, получить количественные параметры высокой детальности.

На основании проделанной работы сформулированы следующие выводы:

1. По своим физико-географическим характеристикам Национальный парк «Приэльбрусье» находится в эрозионно-опасном регионе России, что главным образом обусловлено сложностью рельефа;

2. Наибольший вклад в водную эрозию вносят ливневые осадки в районе Терскола, что обусловлено расположением наветренных склонов крупных орографических единиц. Талые воды обладают наибольшей эрозионной активностью на подветренных склонах крупных орографических единиц. На плоских участках рельефа талые воды не влияют на эрозию почв.

3. Содержание гумуса является основным показателем почвы, определяющим ее противозэрозионную стойкость. Закономерности высотной поясности оказывают значительное влияние на распределение всех почвенных характеристик.

4. Эрозионный потенциал рельефа колеблется в очень широких пределах, оказывая решающую роль в смываемости почвы с конкретных участков.

5. Растительный покров является главным фактором, защищающим почву от эрозии. Плотность растительного покрова прямо пропорциональна высоте над уровнем моря.

6. В пределах сильной эрозии (более 15 т/га/год) находится 37 %

исследуемой территории. Показатели потери почвы значительно завышены на многих участках. Тем не менее, существующее функциональное зонирование ООПТ достаточно грамотного распределено в соответствии с противоэрозионной устойчивостью земель. Например, в хозяйственной зоне доля умеренной эрозии (менее 15 т/га/год) составляет 81 %.

На данный момент точность модели зависит только от определения параметров. Необходимы дальнейшие эмпирические исследования для стандартизации коэффициентов, подходящих для местных условий в уравнении RUSLE. На отметках выше 3000 м показатели водной эрозии показали наивысшие значения. Вероятнее всего, это связано со специфическими условиями высокогорных почв и экстремальными характеристиками окружающей среды. Расчет потенциальной эрозии на таких высотах следует проводить по иным методикам, специализированным для высотных областей. На данный момент лишь становится очевидным, что ведение хозяйственной деятельности выше 3000 м. считается наиболее потенциально опасным.

Полученные результаты могут стать основой для выработки комплекса превентивных противоэрозионных мероприятий.

## Список литературы

1. Кюль Е.В. Национальный парк «Приэльбрусье»: краткое описание проблемы и пути развития [Текст] / Е.В. Кюль – Н.: Изд-во КБНЦ РАН // Биота и среда природных территорий. 2018. № 2. с. 66–84.
2. Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 17. [Текст] / Научный редактор Р.С. Чалов. – М.: Изд-во МГУ. 2010. — 268 с.
3. Справочник по климату СССР. Вып. 13, ч. IV [Текст] / отв. ред. Проценко В.Ф. – Л: Гидрометеорологическое издательство, 1968. – 355 с.
4. Справочник по климату СССР. Вып. 13, ч. II [Текст] / отв. ред. Проценко В.Ф. – Л: Гидрометеорологическое издательство, 1968. – 491 с.
5. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв: Учебник [Текст] / М.С. Кузнецов, Г.П. Глазунов; – М.: Изд-во МГУ, 1996 – 335 с.
6. Башенина Н.В., Тушинский Г.К., Голубев Г.Н., Мягков С.М. Краткий геоморфологический очерк Приэльбрусья [Текст] / Н.В. Башенина, Г.К. Тушинский, Г.Н. Голубев, С.М. Мягков: . – М. : Изд-во МГУ, 1974. – 91 с.
7. Короновский М.В., Мышенкова М.С. Строение западного склона вулкана Эльбрус и Приэльбрусья [Текст] / М.В. Короновский, М.С. Мышенкова. М.: // Геология и геофизика юга России, №2. — М: Изд-во МГУ, 2016. — с. 60–73.
8. Горно-луговые почвы. Горные лугово-степные почвы [Электронный ресурс] // soil-db.ru: информационно-справочный портал. URL: <https://soil-db.ru/soilatlas/razdel-3-pochvy-rossiyskoy-federacii/gorno-lugovye-pochvy-gornye-lugovo-stepnye-pochvy> [дата обращения: 03.05.2022].
9. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России [Электронный ресурс] // egrpr.esoil.ru: информационно-справочный портал. URL: <http://egrpr.esoil.ru/content/1sem.html>: [дата обращения: 18.04.2022].
10. Гвоздецкий Н.А. Кавказ [Текст] / Н.А. Гвоздецкий. – М.: Государственное издательство географической литературы, 1963. – 262 с.

11. Оньков И.В. Оценка точности высот SRTM для целей ортотрансформирования космических снимков высокого разрешения [Текст] // ГЕОМАТИКА. – 2011. – №3. – с. 40-46.

12. SRTM [Электронный ресурс] // gis-terra.kz: информационно-справочный портал. URL: <http://gis-terra.kz/globalnye-modeli-relefa/srtm.html> [дата обращения: 12.05.2022].

13. Landsat 8 [Электронный ресурс] // www.usgs.gov: информационно-справочный портал. URL: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8> [дата обращения: 13.05.2022].

14. Кержанцев А.С., Майснер Р., Демидов В.В. и др. Моделирование эрозионных процессов на территории малого водосборного бассейна [Текст] / А.С. Кержанцев, Р. Майснер, В.В. Демидов и др.; Ин-т фундамент. проблем биологии РАН. – М.: Наука, 2006. – 224 с.

15. Ларионов Г.А. Разномасштабная оценка и картографирование природной опасности эрозии почв [Текст] / Г.А. Ларионов // Эрозия почв и русловые процессы. – 2000. – №12. – с. 49-62.

16. Шевченко Д. А. Влияние стока талых вод на водную эрозию [Текст] / Д. А. Шевченко, Ю. В. Сивоконь // Международный научно-исследовательский журнал. — 2015. — №7 (38) Часть 2. — с. 133—135.

17. РД 52.08.730-2010. ПРОИЗВОДСТВО НАБЛЮДЕНИЙ НАД ИНТЕНСИВНОСТЬЮ СНЕГОТАЯНИЯ И ВОДООТДАЧЕЙ ИЗ СНЕЖНОГО ПОКРОВА [Текст]. – взамен Методических указаний управлениям Гидрометслужбы N 70 "Производство наблюдений над интенсивностью снеготаяния и водоотдачей из снежного покрова; разработан ГУ "ГГИ" Росгидромета. введ. 2010 – 10 – 01.

18. Soil Erodibility in Europe [Электронный ресурс] // esdac.jrc.ec.europa.eu: информационно-справочный портал. URL: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/themes/soil-erodibility-europe> [дата обращения: 17.04.2022].

19. About RUSLE [Электронный ресурс] // iwr.msu.edu: информационно-

справочный портал. URL: <http://www.iwr.msu.edu/rusle/about.htm> [дата обращения: 17.05.2022].

20. NDVI – теория и практика [Электронный ресурс] // [gis-lab.info](http://gis-lab.info): информационно-справочный портал. URL: <https://gis-lab.info/qa/ndvi.html> [дата обращения: 07.05.2022].

21. Разумов В. В., Ларионов Г. А., Литвин Л. Ф. Водная и ветровая эрозия почв [Текст] / В.В. Разумов, Г.А. Ларионов, Л.Ф. Литвин. – М.: // Опасные природные процессы юга Европейской части России. — М: Феория, 2008. — с. 155.