

Н.И. Белая<sup>1</sup>, М.Р. Владимирова<sup>2</sup>, И.С. Воскресенский<sup>3</sup>, А.А. Сучилин<sup>4</sup>, Л.А. Ушакова<sup>5</sup>

**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГИС  
ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ  
ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИОНЕЖЬЯ  
(В ПРЕДЕЛАХ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ)**

**АННОТАЦИЯ**

Исследования эколого-геоморфологических условий особо охраняемых природных территорий ландшафтных заказников Верхнеандомский, «Атлека» и памятника природы Андомская гора в пределах Андомской возвышенности и Прионежской низины (юго-восточное Прионежье в пределах Вологодской области РФ) выполнены в 2002–2017 годах сотрудниками МГУ имени М.В. Ломоносова и МИИГАиК. Целью исследования была оценка условий развития экзогенных рельефообразующих процессов под воздействием естественных факторов с применением геоинформационных систем (ГИС). При формировании структуры ГИС слои были сгруппированы в «топографический» и «тематический» блоки. Топографические источники (карты масштаба 1:100 000) формализованы в векторный формат и приведены к единой системе координат (проекция Гаусса-Крюгера, Пулково-42). ГИС позволила провести эколого-геоморфологический анализ экзогенных рельефообразующих процессов особо охраняемых природных территорий (ООПТ), опираясь на сгруппированные материалы в БД, добавить параметры «пласта эрозии» и провести последующую их обработку. Пространственный анализ в среде ГИС позволил выявить сходство в карстовых процессах и различие в их интенсивности, выраженное в мощности и пространственном распределении «пласта эрозии» ландшафтных заказников Верхнеандомский и ООПТ «Атлека», которое определяется рельефом карстово-ледниково-озёрной котловины и соответственно «карстового» плато. В пределах памятника природы Андомская гора господствуют суффозионно-карстовый процесс и оврагообразование, что обусловлено литологией (пески и песчаники) горных пород и значительной относительной высотой берегового уступа. Топографическая, геолого-геоморфологическая и тематическая информация, а также границы и уникальные характеристики ООПТ позволили составить серию производных карт, отражающих цель исследований.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** особо охраняемые природные территории (ООПТ), эколого-геоморфологические условия, экзогенные рельефообразующие процессы, геоинформационная система

---

<sup>1</sup> МГУ имени М.В. Ломоносова, 119991, Россия, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ имени М.В. Ломоносова, Музей Землеведения, *e-mail*: [belaynadegda@mail.ru](mailto:belaynadegda@mail.ru)

<sup>2</sup> Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК); 105064, Россия, Москва, Гороховский пер., 4, *e-mail*: [mvladimirova@yandex.ru](mailto:mvladimirova@yandex.ru)

<sup>3</sup> МГУ имени М.В. Ломоносова, 119991, Россия, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, *e-mail*: [isvoskresensky@rambler.ru](mailto:isvoskresensky@rambler.ru)

<sup>4</sup> МГУ имени М.В. Ломоносова, 119991, Россия, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, *e-mail*: [asuhov308@gmail.com](mailto:asuhov308@gmail.com)

<sup>5</sup> МГУ имени М.В. Ломоносова, 119991, Россия, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, *e-mail*: [la.ushakova@mail.ru](mailto:la.ushakova@mail.ru)

**Nadegda I. Belaya<sup>1</sup>, Marina R. Vladimirova<sup>2</sup>, Ivan S. Voskresensky<sup>3</sup>, Alexander A. Suchilin<sup>4</sup>, Liudmila A. Ushakova<sup>5</sup>**

**THE EXPERIENCE OF GIS APPLICATION  
FOR ESTIMATION OF ECOLOGICAL-GEOMORPHOLOGICAL CONDITIONS  
OF SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREAS OF ONEGA LAKE REGION  
(WITHIN THE VOLOGDA REGION)**

**ABSTRACT**

The assessment of ecological-geomorphological conditions of Verkhneandomsky (on the Upper Andoma river), “Atleka” and Andomskaya Gora (Andoma Mountain) protected areas was performed by Moscow State University and Moscow State University of Geodesy and Cartography researchers during 2002–2017. The aim of the study was to evaluate conditions for the development of exogenous relief-forming processes under the influence of natural factors using geoinformation systems (GIS). Topographic maps (scale 1:100 000) were vectorized and transformed to the uniform coordinate reference system (Gauss-Krueger projection, Pulkovo-42 datum). The GIS allows carrying out the ecological-geomorphological analysis of exogenous relief-forming processes of specially protected natural areas (PAs), relying on the grouped materials in the database, adding the parameters of the “erosion layer” and conducting their subsequent processing. Spatial analysis in GIS environment made it possible to identify similarities in karst processes and the difference in their intensity, expressed in the thickness and spatial distribution of the “erosion stratum” of the landscape reserves of the Verkhneandomsky and “Atleka”, which is defined by the relief of the karst-glacial-lake basin and the “karst” plateau, respectively. On the Andomskaya Gora natural monument, the suffusion-karst process and ravine dominate, which is caused by lithology (sand and sandstones) of rocks and significant relative height of the coastal ledge. Topographic, geological, geomorphological, and thematic information, as well as the boundaries and unique characteristics of the protected areas, allowed us to compile a series of derived maps reflecting the purpose of the research.

**KEYWORDS:** specially protected natural areas (PAs), ecological-geomorphological conditions, exogenous relief-forming processes, GIS

**ВВЕДЕНИЕ**

Исследования эколого-геоморфологических условий особо охраняемых природных территорий ландшафтных заказников Верхнеандомский, «Атлека» и памятника природы Андомская гора [Особо охраняемые..., 1993; Александров и др., 2011] в пределах Андомской возвышенности и Прионежской низины (рис. 1) выполнены в 2002–2017 годах сотрудниками МГУ имени М.В. Ломоносова и МИИГАиК.

Согласно концепции, изложенной в монографии [Ананьев и др., 1980], на территории юго-восточного Прионежья господствует равнинный вторичный ледниковый рельеф, сформированный на известняках карбона. На Андомской возвышенности в бассейнах

---

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, the Museum of Natural History; 119991, Russia, Moscow, Leninskie Gory, e-mail: [belaynadegda@mail.ru](mailto:belaynadegda@mail.ru)

<sup>2</sup> Moscow State University of Geodesy and Cartography (MSUGC); 105064, Russia, Moscow, Gorokhovskiy byst 4, e-mail: [mvladimirova@yandex.ru](mailto:mvladimirova@yandex.ru)

<sup>3</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography; 119991, Russia, Moscow, Leninskie Gory 1, e-mail: [isvoskresensky@rambler.ru](mailto:isvoskresensky@rambler.ru)

<sup>4</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography; 119991, Russia, Moscow, Leninskie Gory 1, e-mail: [asuhov308@gmail.com](mailto:asuhov308@gmail.com)

<sup>5</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography; 119991, Russia, Moscow, Leninskie Gory 1, e-mail: [la.ushakova@mail.ru](mailto:la.ushakova@mail.ru)

Балтики (река Андома и её притоки – северная и восточная части территории) и Волжском (река Сойда и её притоки – на западе и юге территории) распространены моренные гряды и холмы. Они сочетаются с карстовыми формами рельефа [Золотарёв, 1990], озёрными и аллювиальными террасами. В пределах озёрно-аллювиальной равнины Прионежской низины установлены фрагменты древних долин [Кичигин, 2008]. В настоящее время на территории активно протекают процессы карста и суффозионно-карстовые [Гвоздецкий, 1972], а также деятельность водных потоков, озёр, оврагообразование [Зорина, 2003], склоновые процессы – обвалы, осыпи, оползни, различные виды массового смещения чехла склоновых отложений [Воскресенский, 1971].

Юго-Восточное Прионежье характеризуется В.И. Кружалиным [2001], как территория со «слабо устойчивым состоянием» эколого-геоморфологических условий вследствие действия разнообразных рельефообразующих процессов. Н.Г. Судакова [Судакова и др., 2013] связывает их активность с карстующимися горными породами на данной территории, а А.Н. Кичигин — с изменением эколого-геоморфологических условий при лесоразработках [Кичигин, 1995]. Целью исследования является оценка с применением ГИС-технологий условий развития экзогенных рельефообразующих процессов под воздействием естественных факторов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Применение ГИС для оценки эколого-геоморфологических условий особо охраняемых природных территорий (ООПТ) включает использование совокупности аппаратно-программных средств и алгоритмических процедур, предназначенных для сбора, ввода и хранения, математико-картографического моделирования и образного представления геопространственной информации [Берлянт, 2005].

Проект сформирован в среде ГИС MapInfo 12.5. Территориальный охват составляет 36°00'–37°00' восточной долготы, 60°40'–62°00' северной широты.

При формировании структуры ГИС слои были сгруппированы в «топографический» и «тематический» блоки. Топографические источники (карты масштаба 1:100 000) формализованы в векторный формат и приведены к единой системе координат (проекция Гаусса-Крюгера, Пулково-42). Тематический блок включил специализированные карты морфолитоогенной основы ландшафтов ООПТ [Пузаченко и др., 1997]:

- форм рельефа флювиального, карстового и другого генезиса;
- современных рельефообразующих процессов;
- мощности «пласта эрозии» [Воскресенский, 1971] для оценки интенсивности их протекания [Спиридонов, 1970].

Интенсивность рассчитана как относительная высота, измеряемая в метрах (м) между сопряжёнными формами рельефа. Её определение проведено методом «скользящего окна» со стороной 2 см по топографической карте масштаба 1:100 000.

По значениям точек относительной высоты была составлена модель «расчленения» методом триангуляции (триангуляция Делоне), где каждые пары точек соединяются между собой рёбрами с соблюдением определённых условий. Таким образом, образуется сеть треугольников, по рёбрам которых проводится интерполяция, то есть модель максимально приближена к первоначальным параметрам.

Построение изолиний (изоплет) «мощности пласта эрозии» проводилась в стандартном приложении ГИС «Vertical Mapper»; интервал заложения принят равным 5 м, исходя из заложения горизонталей на топографической карте масштаба 1:100 000. В работе приводятся результаты пространственного анализа указанного приложения.

Актуализация топографической информации проводилась по космическим снимкам дистанционного зондирования с сервисов Yandex и Bing Maps; использовались материалы сервиса ООПТ России ФГБУ ААНИИ (<http://oopt.aari.ru/>), правоустанавливающие документы Минприроды РФ ([www.mnr.gov.ru](http://www.mnr.gov.ru)) и правительства Вологодской области

(<http://vologda-oblast.ru>).

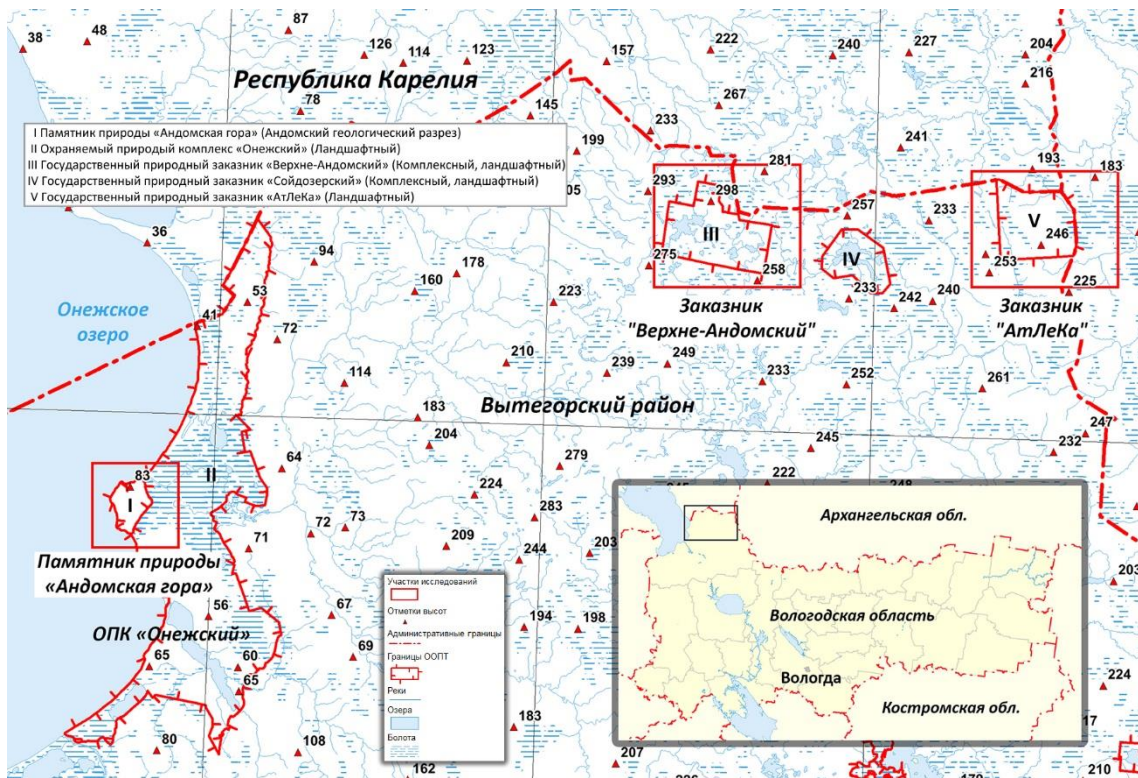


Рис. 1. Местоположение исследованных территорий  
(на врезке – положение территории исследования в Вологодской области)

Fig. 1. The location areas

(on the incut – the position of the studied areas within Vologda region is shown)

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Территории ООПТ различаются по морфологии современного рельефа, литологии горных пород, комплексам (парагенезам) современных экзогенных рельефообразующих процессов.

Верхнеандомская ООПТ занимает наиболее высокую (абсолютная высота 215–298 м) часть Андомской возвышенности. На рис. 2 показаны крупные формы рельефа – группы холмов и днища котловин, частично занятые озёрами. Они сложены известняками карбона, которые перекрыты валунниками морен и галечно-песчаными водноледниковыми отложениями различной мощности.

Сопоставление форм рельефа и рельефообразующих процессов (рис. 2 и 3) показывает, что на днище ледниково-карстово-озёрной котловины и её холмистом обрамлении господствуют «покрытый карст», склоновые процессы и эрозия временных водотоков. Это объясняется разнообразием различных по морфологии форм рельефа в днище крупной котловины. Парагенез карстовых, склоновых и пролювиальных (временных водотоков) процессов приурочен к межозёрным холмам на севере Верхнеандомской ООПТ, что связано с проявлением «покрытого карста» при инфильтрации поверхностных вод [Гвоздецкий, 1972].

Мощность «пласта эрозии» в пределах Верхнеандомской ООПТ (рис. 4) колеблется в диапазоне 15–30 м. Максимальных значений (до 30 м и более) она достигает на участках карстовых, склоновых и пролювиальных процессов в центральной части ледниково-карстово-озёрной котловины.



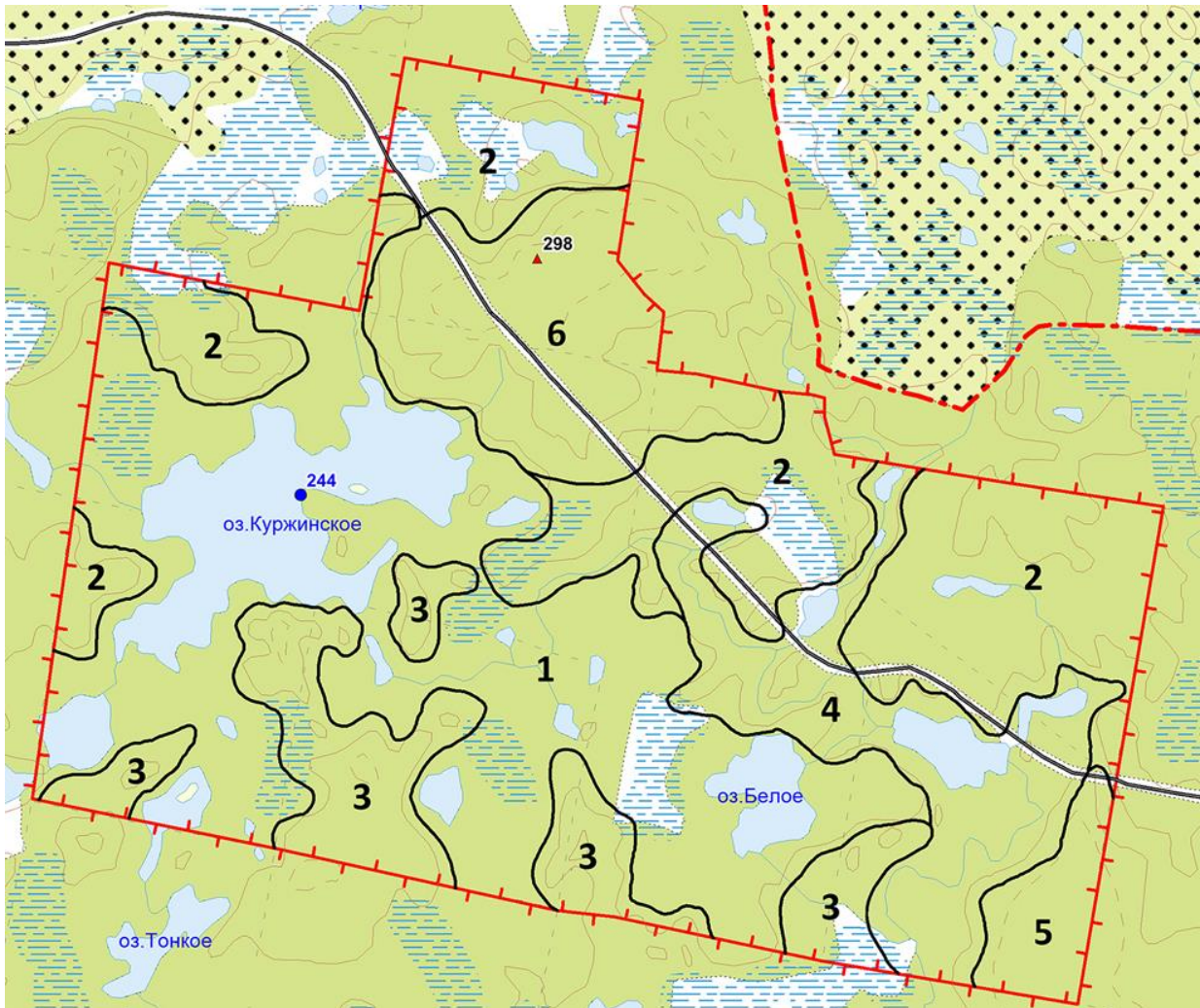


Рис. 2. Крупные формы рельефа Верхнеандомской ООПТ

Условные обозначения

1. Днище ледниково-карстово-озёрной котловины (250–270 м абсолютной высоты) с озёрными террасами, западинами и холмами;
2. Фрагменты пологоволнистых поверхностей (255–275 м абсолютной высоты) с «сухими» ложбинами;
3. Межозёрные гряды холмов (245–265 м абсолютной высоты);
4. Днища озёрных котловин и межозёрных ложбин (230–250 м абсолютной высоты);
5. Днища долины реки Андомы и её притоков (220–240 м абсолютной высоты) с озёрными котловинами и заболоченными западинами;
6. Гряды холмов междуречья в верховьях рек Андомы и Сойды (240–298 м абсолютной высоты)

Fig. 2. Major landforms of Verkhneandomsky PA

Legend

1. The bottom of the glacial-karst-lake basin (250–270 m of absolute height) with lake terraces, depressions and hills;
2. Fragments of shallow-wavy surfaces sloping surfaces (255–275 m of absolute height) with “dry” troughs;
3. Interlake ridges of hills (245–265 m of absolute height);
4. The bottoms of lake basins and interlake hollows (230–250 m of absolute height);
5. The bottoms of the Andoma river valley and its inflows (220–240 m of absolute height) with lake basins and swampy depressions;
6. Ridges of interfluvial hills in the upper reaches of the Andoma and Soida rivers (240–298 m of absolute height)

Распространение современных рельефообразующих процессов на ООПТ определяется основными формами рельефа (рис. 3).

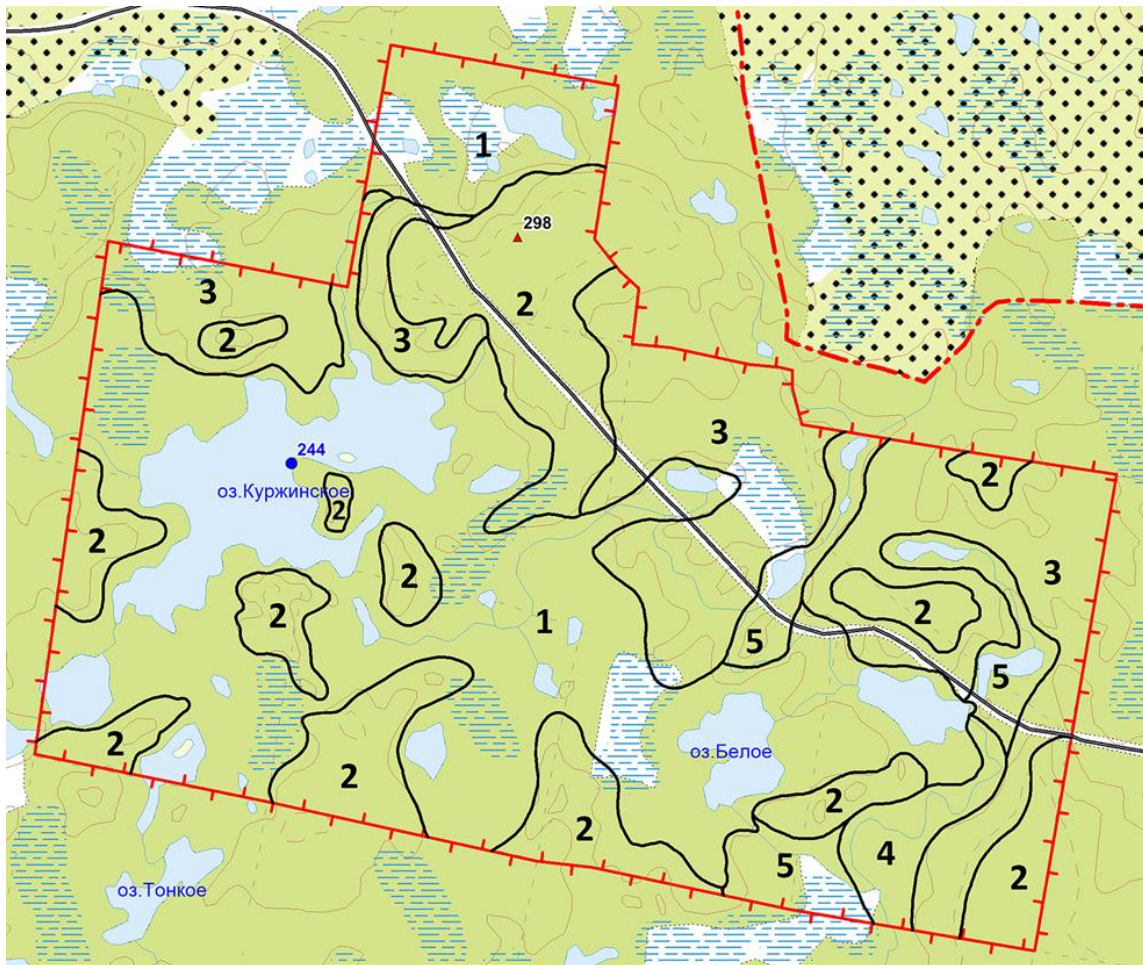


Рис. 3. Современные рельефообразующие процессы Верхнеандомской ООПТ  
Условные обозначения

1. «Озёрно-болотный» парагенез — озёрная береговая абразия и аккумуляция, заболачивание;
2. «Склоновый» парагенез — мелкоблоковое оползание и массовое смещение с отложений на склонах;
3. «Карстово-склоново-пролювиальный» парагенез — «покрытый карст», массовое смещение склонового материала, мелкоблоковое оползание, аккумуляция временных водотоков;
4. «Аллювиально-склоновый» парагенез — эрозия и аккумуляция постоянных и временных водотоков, мелкоблоковое оползание;
5. «Озёрно-аллювиально-склоновый» парагенез — озёрные береговая абразия и аккумуляция, эрозия и аккумуляция постоянных водотоков, массовое смещение склонового чехла, мелкоблоковое оползание

Fig. 3. Modern relief-forming processes of Verkhneandomskiy PA  
Legend

1. “Lake-swamp” paragensis — lake coastal abrasion and accumulation, waterlogging;
2. “Slope” paragensis — shallow block creeping and mass displacement from sediments on slopes;
3. “Karst-slope-proluvial” paragensis — “covered karst”, the mass displacement of the slope material, shallow block creeping, the accumulation of temporary streams;
4. “Alluvial-slope” paragensis — erosion and accumulation of permanent and temporary streams, shallow block creeping;
5. “Lake-alluvial-slope” paragensis — lake coastal abrasion and accumulation, erosion and accumulation of permanent watercourses, mass displacement of the slope cover, shallow block creeping



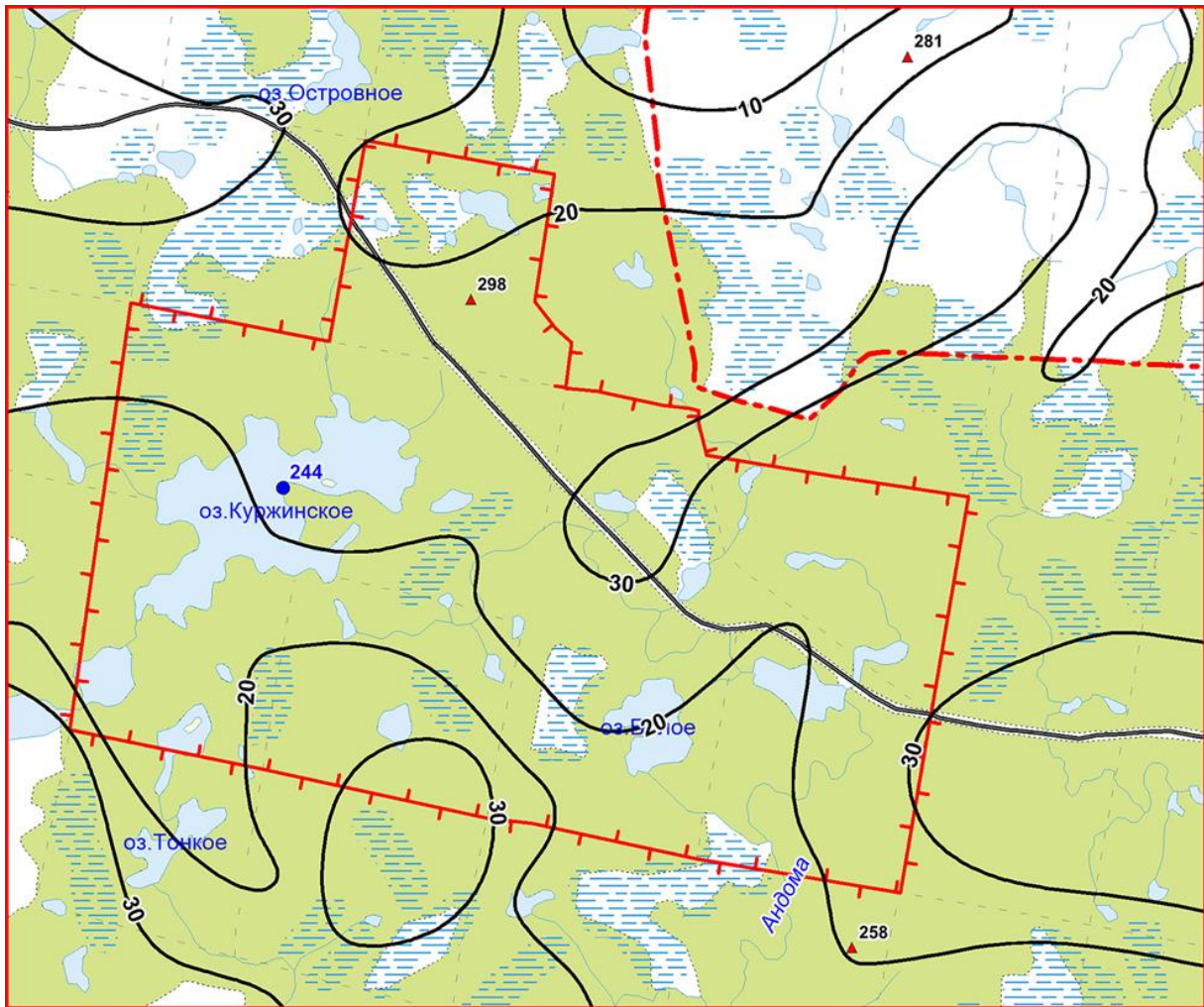


Рис. 4. Интенсивность современных рельефообразующих процессов – мощность «пласта эрозии» (м; изоплеты)  
 Fig. 4. The intensity of modern relief-forming processes: “erosion stratum” thickness (m; isopleths)

Сопоставление основных форм рельефа с распространением рельефообразующих процессов и мощностью «пласта эрозии» (рис. 2, 3 и 4) позволяет заключить, что рельеф крупной озёрно-карстовой котловины Верхнеандомской ООПТ сформировался при активном действии процесса «покрытого карста» в перигляциальных условиях [Гвоздецкий, 1972]. Значительная рельефообразующая роль «покрытого карста» проявлялась в сочетании со склоновыми процессами и эрозией временных водотоков, господствовавших в Прионежье в позднем плейстоцене.

ООПТ «Атлека» занимает возвышенную северо-восточную часть (абсолютные высоты 220–270 м) «карстового плато» на северо-востоке Андомской возвышенности. Центральную часть междуречий притоков реки Сойды занимают пологоволнистые поверхности с холмами и ложбинами (рис. 5). Междуречье разделено на фрагменты долинами рек с узкими днищами и озёрными котловинами. В пределах пологих склонов встречаются неглубокие ложбины, нередко заболоченные и без постоянного водотока. Местами на поверхность междуречий и бортов долин выходят коренные породы – известняки карбона. Они перекрыты маломощным (иногда менее 1 м) чехлом ледниковых валунно-галечно-песчаных накоплений морен.

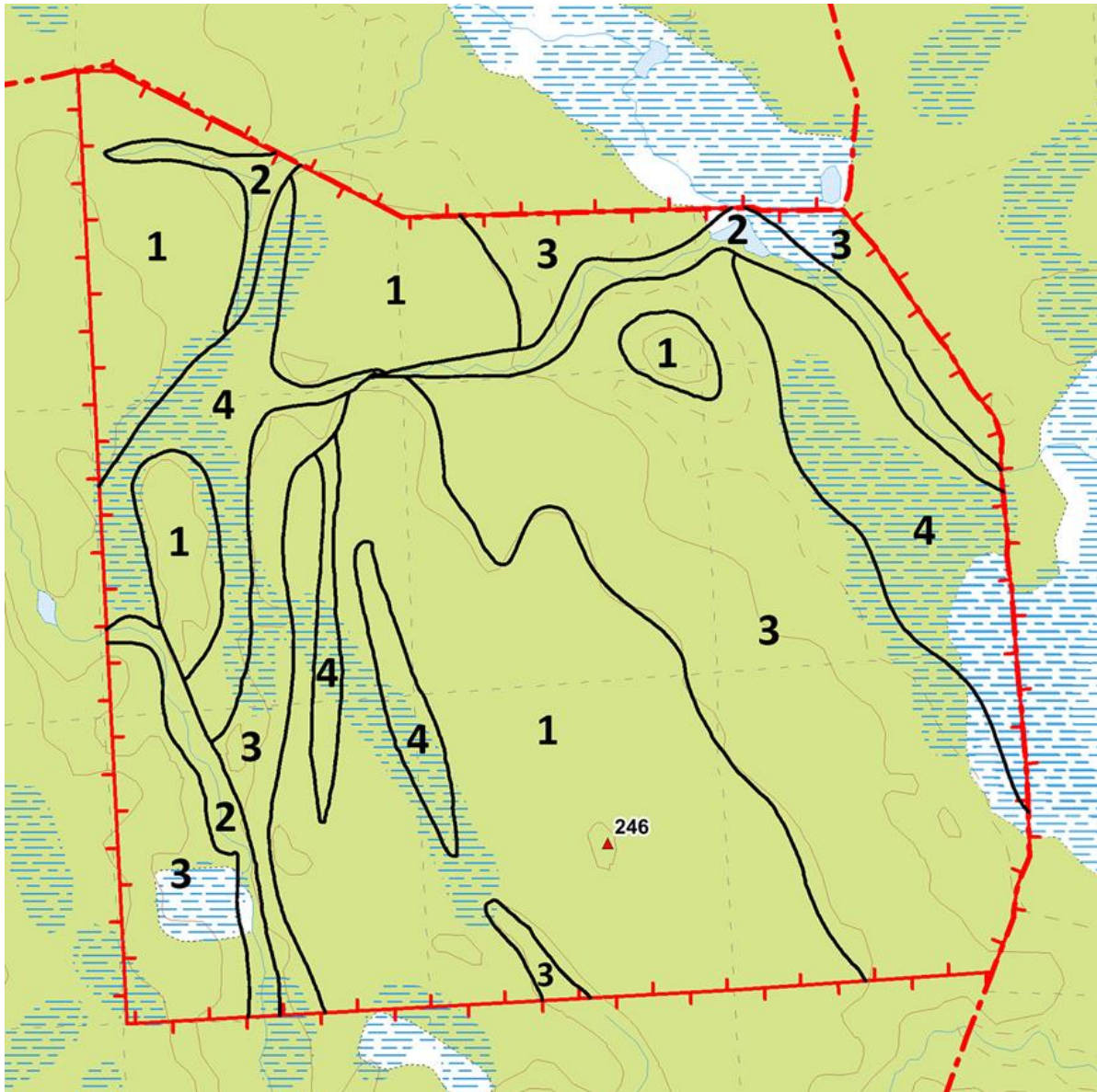


Рис. 5. Крупные формы рельефа «структурной поверхности карстового плато»

Условные обозначения

1. «Пологоволнистые междуречья» фрагмента (абсолютные высоты 240–270 м) с холмами и западинами;
2. «Днища долин» рек (абсолютные высоты 180–220 м) 1–2 порядка с озёрными котловинами;
3. «Склоны долин» пологие (3–15°);
4. «Террасовидные поверхности» (абсолютные высоты 180–240 м) с ложбинами

Fig. 5. Major landforms of “the structural surface of the karst plateau”

Legend

1. “The shallow-wavy interfluves” of a fragment (absolute heights of 240–270 m) with hills and depressions;
2. “The bottoms of the valleys” of rivers (absolute heights of 180–220 m) of 1–2 order with lake basins;
3. Gentle “slopes of the valleys” (3–15 °);
4. “Terraced surfaces” (absolute heights of 180–240 m) with hollows

Современные рельефообразующие процессы представлены проявлениями карстовых, склоновых, русловых эрозионных и аккумулятивных, озёрных и болотных процессов (рис. 6).





Рис. 6. Рельефообразующие процессы ООПТ «Атлека»

Условные обозначения

1. «Карстовый» парагенез — покрытый и задернованный карст;
2. «Склоновый» парагенез — массовое смещение и мелкоблоковое оползания чехла рыхлых отложений;
3. «Аллювиально-озёрно-склоновый» парагенез — эрозия и аккумуляция постоянных водотоков в малых долинах, абразия берегов озёр, массового смещения и мелкоблокового оползание рыхлых отложений;
4. «Склоново-болотный» парагенез — массовое смещения чехла рыхлых отложений и заболачивание;
5. «Ложбинно-западинно-болотный» парагенез — эрозия и аккумуляция временных водотоков заболачивание днищ ложбин и западин;
6. «Грунтовых потоков» парагенез — линейно-массовое смещение рыхлых отложений в увлажнённых днищах ложбин;
7. «Карстово-болотный» парагенез — задернованный и покрытый карст и заболачивание

Fig. 6. Relief-forming processes of "Atleka" PA

1. "Karst" paragenesis — covered and turf-covered karst;
2. "Slope" paragenesis — mass displacement and shallow block creeping of loose sediment cover;
3. "Alluvial-lake-slope" paragenesis — erosion and accumulation of constant watercourses in small valleys, abrasion of the shores of lakes, mass displacement and small-block creeping of loose sediments;
4. "Slope-swamp" paragenesis — mass displacement of loose sediment cover and waterlogging;
5. "Hollow-depression-swamp" paragenesis — erosion and accumulation of temporary watercourses, swamping of bottoms of hollows and depressions;
6. "Ground flows" paragenesis — linear-mass displacement of loose deposits in the moist bottoms of the hollows;
7. "Karst- swamp" paragenesis — turf-covered and covered karst and waterlogging

Карстовые процессы приурочены к наиболее высокой части междуречий долин притоков реки Сойды (рис. 5 и 6). На их склонах протекает «массовое и линейно-массовое смещение чехла рыхлых отложений» в условиях заболачивания, что связано с выходом грунтовых вод на поверхность из массива карстующихся пород.

Мощность «пласта эрозии» и её распределение в пределах (рис. 7) ООПТ «Атлека» изменяется в диапазоне от 50 до 20 м, увеличиваясь более чем в 2 раза в её южной части по сравнению с северной. Максимальные значения тяготеют к южной части фрагмента карстового плато, где распространены активно протекающие процессы «покрытого и задернованного» карста. В юго-западной части ООПТ (долина реки Белый) при значениях мощности «пласта эрозии», превышающих 40 м, активно протекают процессы линейно-массового смещения отложений на склонах.

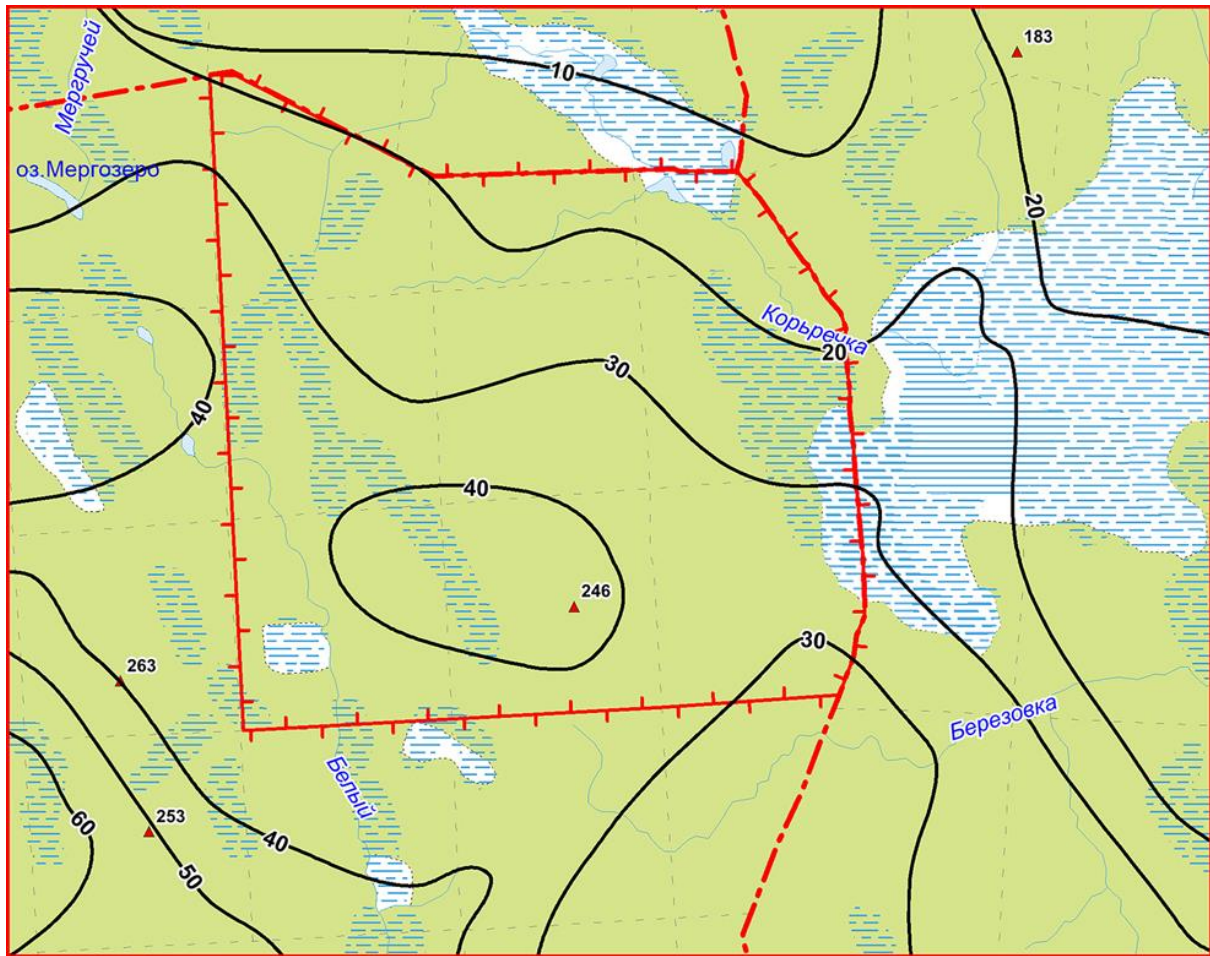


Рис. 7. Интенсивность современных рельефообразующих процессов – мощность «пласта эрозии» (м; изоплеты)

Fig. 7. The intensity of modern relief-forming processes: erosion stratum thickness (m; isopleths)

Таким образом, в южной части ООПТ «Атлека» сохранился «исходный» рельеф карстового плато, который в послеледниковое время подвергается преобразованию «задернованным» и «покрытым» карстом и склоновыми процессами линейно-массовой разновидности смещения чехла рыхлых отложений.

Памятник природы Андомская гора занимает асимметричный холм на побережье Прионежской низины (урез Онежского озера – 33 м абсолютной высоты) в низовьях реки

Анды. Холм сложен песками и песчаниками девона и плейстоцена, которые перекрыты толщей валунно-галечных отложений и переотложенных ледниковых отложений. Рельеф ООПТ – холмистая поверхность (абсолютная высота 63–88 м) с многочисленными ложбинами и западинами. Со стороны Онежского озера Андомская гора ограничена крутым склоном высотой до 30–33 м (рис. 8).

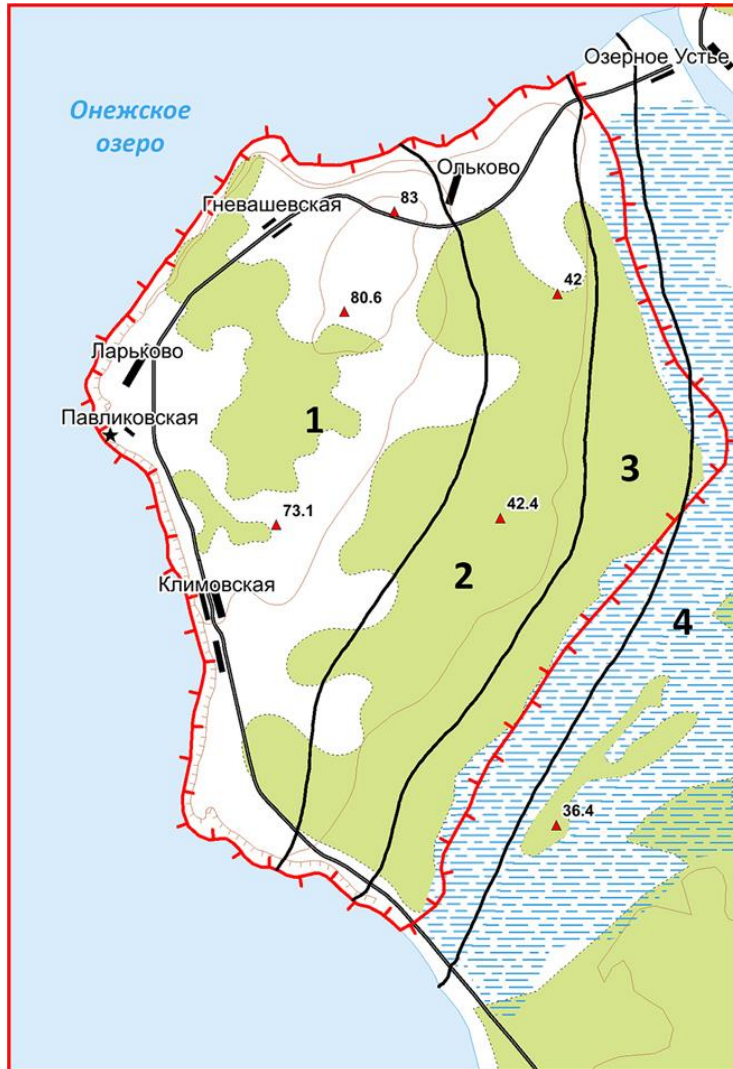


Рис. 8. Рельеф ООПТ памятника природы Андомская Гора  
Условные обозначения

1. Пологоволнистая поверхность холма Андомской Горы с абсолютными высотами 60–88 м;
2. Склон пологий (3–10°), расчленённый ложбинами и балками;
3. Террасовидная поверхность на левом берегу реки Андомы относительной высотой до 5–7 м;
4. Пологоволнистая поверхность абсолютной высотой 33–38 м и относительными высотами до 3 м берегового вала, поймы реки Андомы и поверхность болотной аккумуляции в пределах ООПТ

Fig. 8. Relief of Andomskaya Gora (Andoma Mountain) natural monument

Legend

1. The gently sloping surface of the hill of Andomskaya Gora Mountain with absolute heights of 60–88 m;
2. The gentle slope (3–10°), dissected by hollows and ravines;
3. Terraced surface on the left side of the Andoma river with a relative height of 5–7 m;
4. The flat-wavy surface with an absolute height of 33–38 m and relative heights of up to 3 m of the coastal rampart, the floodplain of the Andoma River and the surface of swamp accumulation within the PA



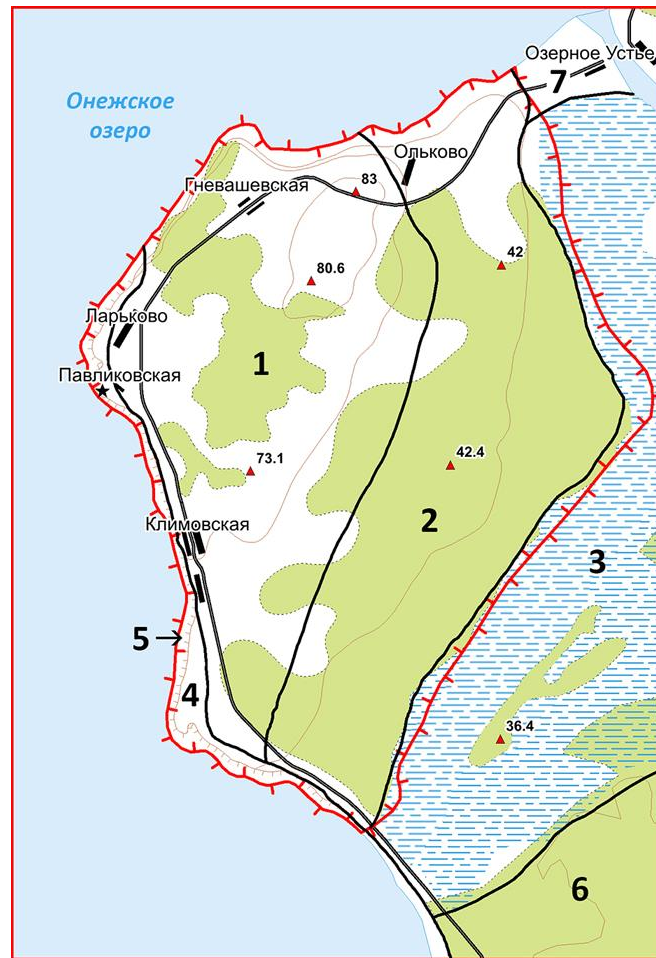


Рис. 9. Парагенезы современных рельефообразующих процессов ООПТ Андомская Гора  
Условные обозначения

1. «Карстово-суффозионно-эрозионный» парагенез — карстово-суффозионный процесс, эрозия временных водотоков, просадки поверхности, заболачивание западин и днищ ложбин, аккумуляции эоловой пыли;
2. «Склоново-пролювиальный» парагенез — массовое смещение склонового чехла, мелкоблоковое оползание, эрозия и аккумуляция временных водотоков;
3. «Болотно-пролювиальный» парагенез — заболачивание, эрозия и аккумуляция временных водотоков;
4. «Овражно-оползневой» парагенез — «оврагообразование» и блоковое оползание;
5. «Склоново-абразионный» парагенез — блоковое оползание, обваливание и озёрная абразия на береговом уступе и его подножье;
6. «Пролювиально-болотный» парагенез — эрозия временных водотоков, заболачивание;
7. «Озёрно-болотный» парагенез — озёрная аккумуляция, заболачивание

Fig. 9. Parageneses of modern relief-forming processes of the Andomskaya Gora PA  
Legend

1. “Karst-suffosion-erosion” paragenesis — karst-suffusion process, erosion of temporary streams, surface subsidence, waterlogging of hollows and bottoms of hollows, accumulation of aeolian dust;
2. “Slope-proluvial” paragenesis — mass displacement of the slope cover, shallow block creep, erosion and accumulation of temporary streams;
3. “Swamp-proluvial” paragenesis — waterlogging, erosion and accumulation of temporary streams;
4. “Ravine-landslide” paragenesis — “gully formation” and block creeping;
5. “Slope-abrasion” paragenesis — block creeping, debris and lake abrasion on the coastal ledge and its foot;
6. “Proluvial-swamp” paragenesis — erosion of temporary streams, waterlogging;
7. “Lake-swamp” paragenesis — lake accumulation, waterlogging

Современные рельефообразующие процессы (рис. 9) представлены карстово-суффозионным процессом, который приводит к растворению цемента песчаников и слаболигитифицированных песков с последующим выносом частиц песка грунтовыми водами из толщи пород, слагающих Андомскую гору. Он сопровождается эрозией временных водотоков, которая приводит к формированию оврагов в пределах крутого склона (рис. 10).

Современные изменения рельефа в пределах Андомской горы связаны с суффозионно-карстовым процессом [Гвоздецкий, 1972], который развивается при растворении цемента уплотнённых песков и песчаников, слагающих Андомский холм. В береговой зоне этот процесс сопровождается активизацией «оврагообразования», обваливанием, осыпанием, оползанием и дефляцией и эоловой аккумуляцией (рис. 8, 9 и 10).



Рис. 10. Береговой овраг в районе населённого пункта Павликовская  
(на врезке — фото И.С. Воскресенского;  
снимок с вертолётa предоставлен Н.К. Максutowой)

Fig. 10. Coastal ravine near Pavlikovskaya village  
(on the incut — photo by I.S. Voskresensky;  
image from helicopter is provided by N.K. Maksutova)

## ВЫВОДЫ

Результаты проведённого исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Пространственный анализ в среде ГИС позволил выявить сходство в карстовых процессах и различие в их интенсивности, выраженной в мощности и пространственном распределении «пласта эрозии» ландшафтных заказников Верхнеандомский и ООПТ «Атлека», которое определяется рельефом карстово-ледниково-озёрной котловины и «карстового» плато соответственно. В пределах памятника природы Андомская гора господствуют суффозионно-карстовый процесс и оврагообразование, что обусловлено

литологией (пески и песчаники) горных пород и значительной относительной высотой берегового уступа.

2. ГИС позволяет проводить эколого-геоморфологический анализ экзогенных рельефообразующих процессов ООПТ, опираясь на сгруппированные материалы в БД, добавлять параметры «пласта эрозии» и проводить их последующую обработку.

## **БЛАГОДАРНОСТИ**

Исследование выполнено кафедрой геоморфологии и палеогеографии и кафедрой картографии и геоинформатики географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова в рамках НИР «Эволюция природной среды, динамика рельефа и геоморфологическая безопасность природопользования» и «Методы и технологии картографии, геоинформатики и аэрокосмического зондирования в исследованиях изменений природной среды и общества».

Авторы благодарят Вологодскую областную организацию Русского географического общества и её председателя Н.К. Максутову за предоставленные материалы и поддержку исследований.

## **ACKNOWLEDGEMENTS**

The study was carried out by the Department of Geomorphology and Paleogeography and the Department of Cartography and Geoinformatics of Faculty of Geography of Moscow State University Lomonosov in the framework of the research work “Evolution of the natural environment, dynamics of the relief and geomorphological safety of nature management” and “Methods and technologies of cartography, geoinformatics and aerospace sounding in studies of changes in the environment and society”.

The authors would like to thank Vologda regional organization of the Russian Geographical Society and its chairman N.K. Maksutova for the materials and research support.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Александров Г., Кобяков К., Марковский А., Носкова М., Мамонтов В., Ильина О., Веселов А., Турунен О., Столповский А., Фёдоров А., Латка В., Харченко О., Иванюк Г., Смирнов Д., Ковалёв Д., Пилипенко Е., Чуракова Е., Вдовин И., Волкова О., Чемякин Р., Филенко С., Эрайя С., Холина Т. Сохранение ценных природных территорий Северо-Запада России. Анализ репрезентативности сети ООПТ Архангельской, Вологодской, Ленинградской и Мурманской областей, Республики Карелии, Санкт-Петербурга СПб.: ООО Северо-Западный Печатный Двор, 2011. 503 с.
2. Ананьев Г.С., Андреева Т.С., Варущенко С.И., Воскресенский С.С., Леонтьев О.К., Лукьянова С.А., Спасская И.И., Спиридонов А.И., Ульянова Н.С. Геоморфологическое районирование СССР. М.: Высшая школа, 1980. 343 с.
3. Берлянт А.М. Картографический словарь. М.: Научный мир, 2005. 423 с.
4. Воскресенский С.С. Динамическая геоморфология: Формирование склонов. М.: Издательство Московского Университета, 1971. 229 с.
5. Гвоздецкий Н.А. Проблемы изучения карста и практика. М.: Мысль, 1972. 392 с.
6. Золотарёв Г.С. Методика инженерно-геологических исследований. М.: Издательство Московского Университета, 1990. 384 с.
7. Зорина Е.Ф. Овражная эрозия: закономерности и потенциал развития. М.: ГЕОС, 2003. 170 с.
8. Кичигин А.Н. Инженерная геоморфология Вологодской области: Учебное пособие. Вологда: ВПИ, 1995. 118 с.



9. *Кичигин А.Н.* Погребённый четвертичный рельеф Вологодской области. Вторые и третьи Тетяевские чтения по проблемам геологического строения и полезным ископаемым Вологодской области и сопредельных территорий. Вологда: ВоГТУ, 2008. С. 93–101.
10. *Кружалин В.И.* Экологическая геоморфология суши. М.: Научный мир, 2001. 176 с.
11. Особо охраняемые природные территории, растения и животные Вологодской области. Отв. ред. Г.А. Воробьёв. Вологда: Ком. экологии и природных ресурсов, Русь, Полиграфист, 1993. 254 с.
12. *Пузаченко Ю.Г., Дьяконов К.Н., Иванов А.Н.* Анализ иерархической структуры рельефа как основы организации природно-территориального комплекса. Вестник МГУ. Сер. 5, География, 1997. № 5. С. 3–9.
13. *Спиридонов А.И.* Основы методики полевых геоморфологических исследований и геоморфологического картографирования. М.: Высшая школа, 1970. 456 с.
14. *Судакова Н.Г., Антонов С.И., Введенская А.И., Глушанкова Н.И., Карпухин С.С., Костомаха В.А., Макарова Н.В., Немцова Г.М., Рычагов Г.И., Фаустов С.С.* Палеогеографические закономерности развития морфолитосистем Русской равнины. Районирование. Стратиграфия. Геоэкология. Москва: МГУ, географический факультет, 2013. 95 с.

#### REFERENCES

1. *Alexandrov G., Kobayakov K., Markovsky A., Noskova M., Mamontov V., Ilyina O., Veselov A., Turunen O., Stolpovsky A., Fedorov A., Laika V., Harchenko O., Ivanyuk G., Smirnov D., Kovalev D., Pilipenko E., Churakova E., Vdovin I., Volkova O., Chemyakin R., Filenko S., Eraya S., Kholina T.* Preservation of valuable natural territories of the North-West of Russia. Analysis of the representativeness of the PA network in Arkhangelsk, Vologda, Leningrad, Murmansk regions, Republic of Karelia, and St. Petersburg. St. Petersburg: LLC North-West Printing Yard, 2011. 503 p. (in English and in Russian).
2. *Ananyev G.S., Andreeva T.S., Varushchenko S.I., Voskresensky S.S., Leontiev O.K., Lukyanova S.A., Spasskaya I.I., Spiridonov A.I., Ulyanova N.S.* Geomorphological zoning of the USSR. Moscow: Superior school, 1980. 343 p. (in Russian).
3. *Berlyant A.M.* Cartographic wordbook. Moscow: Scientific World, 2005. 423 p. (in Russian).
4. *Gvozdetskiy N.A.* The karst study problems and the practice. Moscow: Think, 1972. 392 p. (in Russian).
5. *Kichigin A.N.* Buried quaternary relief of Vologda region. Second and third Tetyayev Readings on the problems of geological structure and minerals of the Vologda region and adjacent territories. Vologda: Vologda State Technical University, 2008. P. 93–101 (in Russian).
6. *Kichigin A.N.* Engineering geomorphology of Vologda region: a tutorial. Vologda: Vologda Pedagogic Institute, 1995. 118 p. (in Russian).
7. *Kruzhalin V.I.* Land ecological geomorphology. Moscow: Scientific World, 2001. 176 p. (in Russian).
8. Protected areas, plants, and animals of Vologda region. Ed. by G.A. Vorobyov. Vologda: Committee of Ecology and Natural Resources, Rus, Polygraphist, 1993. 254 p. (in Russian).
9. *Puzachenko Yu.G., Dyakonov K.N., Ivanov A.N.* The analysis of hierarchical relief structure as a basis of natural territorial complex organization. Bulletin of Moscow State University. Series 5, Geography, 1997. P. 3–9 (in Russian).
10. *Spiridonov A.I.* Fundamentals of the methods of field geomorphological studies and geomorphological mapping. Moscow: Superior school, 1970. 456 p. (in Russian).
11. *Sudakova N.G., Antonov S.I., Vvedenskaya A.I., Glushankova N.I., Karpukhin S.S., Kostomakha V.A., Makarova N.V., Nemtsova G.M., Rychagov G.I., Faustov S.S.* Paleogeographic patterns of development of morpholithosystems of the Russian Plain. Zoning. Stratigraphy. Geoecology. Moscow: MSU, Geographical faculty, 2013. 95 p. (in Russian).

12. *Voskresensky S.S.* Dynamic geomorphology: slope formation. Moscow: Moscow University Press, 1971. 229 p. (in Russian).
  13. *Zolotaryov G.S.* Methodic of engineering-geological research. Moscow: Moscow University Press, 1990. 384 p. (in Russian).
  14. *Zorina E.F.* Ravine erosion: regularities and development potential. Moscow: GEOS, 2003. 170 p. (in Russian).
-